

# LO IMPRESCINDIBLE DEL RECICLAJE

Todo sobre la industria de los subproductos de origen  
animal



Editado por  
David L. Meeker  
(Traducción de Benjamín Ruiz, abril de 2009)

## PREFACIO

El primer libro escrito sobre la industria del reciclaje de subproductos de origen animal lo editó la National Renderers Association en 1978 con el título de *The Invisible Industry*. En 1996, se publicó un segundo libro titulado *The Original Recyclers* para decirle a todo el mundo en el gobierno, las universidades y el público en general quiénes son los recicladores: productores conscientes del ambiente de productos sanos, los recicladores originales.

El libro se hizo para hacernos entrar al siglo XXI, pero con el ritmo de cambio, nos encontramos ya en la necesidad de un nuevo libro sobre la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. Han sucedido tantas cosas en la última década, que se ha hecho necesario publicar este libro: *Lo imprescindible del reciclaje*. Este libro documenta las tecnologías, procedimientos de fabricación, capacidad, investigación e infraestructura que hacen que esta industria sea tan importante para Estados Unidos y Canadá.

Dos casos de encefalopatía espongiforme bovina indígena descubiertos en Estados Unidos y ocho en Canadá, así como la influenza aviar altamente patógena en el mundo han puesto en desafío a los recicladores de hoy en día. De esta forma, la sociedad necesita saber cómo los recicladores manejan de una manera biosegura, más de 26,780,000 de toneladas (59 mil millones de libras) de subproductos de la producción de alimentos de origen animal cada año en Estados Unidos y Canadá.

El gobierno, que promulga reglas para responder a los diversos desafíos de hoy en día, las universidades que influyen a los usuarios sobre los productos reciclados de origen animal y el público que utiliza los productos de las operaciones de la industria, necesitan conocer acerca del reciclaje de subproductos de origen animal en el mundo de hoy en día. Se necesita saber cómo el reciclaje (rendering, en inglés) previene tanto las enfermedades en animales como en humanos y cuáles serían las ramificaciones de no contarse con el reciclaje. La sociedad no debe tomar los servicios de los recicladores por sentado ni olvidarse que funcionan en un sistema de libre empresa.



David J. Kaluzny II, Presidente, National Renderers Association

### **ACERCA DE LA PORTADA**

Esta pintura está en la oficina de la NRA en Alexandria, Virginia, Estados Unidos. El artista, Edward Juárez, trabajó en la Omar Rendering Company de San Diego, CA toda su vida de trabajador. Empezó a trabajar a la edad de 12 años, recolectando las pieles de ganado. El señor Juárez pintó esta escena en 1980, una de diez pinturas que realizó en la planta donde trabajó. El artista y reciclador dijo que esta escena se refiere a trabajadores que están cargando un cocedor por lotes con plumas al final del día. El lote anterior era de sangre de las empacadoras que se convirtió en harina de sangre. Edward Juárez dijo: “Trabajábamos tan duro como podíamos, como burros, pero nos sentíamos orgullosos de nuestro trabajo y la pasábamos muy bien. Trabajábamos todo el día y luego íbamos al bar”. Comentó también que tenía tres hermanos que trabajaban en desollar ganado en las empacadoras de carne y que se consideraban como “carniceros de lo mejor”, debido a sus habilidades para producir pieles sin carne. El señor Juárez vive en San Diego, California y todavía pinta. Esta imagen aparece con su permiso.

### **PÁGINAS WEB DE LAS ASOCIACIONES DE RECICLAJE**

Para obtener información actualizada de la industria, por favor vea las siguientes páginas Web:

[www.renderers.org](http://www.renderers.org)  
[www.fprf.org](http://www.fprf.org)

[www.animalprotein.org](http://www.animalprotein.org)

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a los directivos y comités de la NRA, APPI y FPRF por brindar recursos que hicieron posible este libro y a cada uno de los autores por sus contribuciones académicas. Gracias especiales a Tina Caparella, Nancy K. Cook, Tom Cook, Glenda Dixon, C. Ross Hamilton, David J. Kaluzny II, David Kirstein, Kevin Kuhni y Sergio Nates por la revisión detallada de este trabajo en las diversas etapas.

Este libro contiene información de fuentes muy reconocidas y de expertos de la industria. Las fuentes se indican cada vez que ha sido posible, se menciona el material reimpresso con permiso y se enlistan cientos de referencias. Se ha tenido mucho cuidado en publicar datos precisos e información confiable, pero los autores y el editor no asumen responsabilidad alguna por la validez de los materiales o las consecuencias de su uso.

Se requiere de permiso por escrito de la NRA antes de que este libro o de cualquiera de sus partes se reproduzca o transmita en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico que incluye el fotocopiado, la microfilmación y el grabado, o por cualquier otro sistema de obtención o de almacenaje de información.



National Renderers Association  
801 N. Fairfax Street Suite 205  
Alexandria, Virginia 22314, EUA

Este libro se produjo bajo los auspicios de:  
The National Renderers Association (NRA), David J. Kaluzny II, Presidente  
The Fats and Proteins Research Foundation (FPRF), C. Ross Hamilton, Presidente  
The Animal Protein Producers Industry (APPI), Carl Wintzer, Presidente  
Con la dirección del Comité de Comunicaciones de la NRA:

Kevin Kuhni (Presidente); John Kuhni Son, Inc.  
Larry Angotti (Vicepresidente); Darling International,  
Inc.  
Rita Schneider, de HRR Enterprises, Inc.  
Doug Anderson, de Smithfield Foods, Inc.  
Ridley Bestwick, de West Coast Reduction, Ltd.  
Stan Gudenkauf, de American Proteins, Inc.  
Robert Desnoyers, de Lomex, Inc.  
John Griffin, de Griffin Industries, Inc.  
Tim Guzek, de Anamax Corporation  
David Kaluzny II, de Kaluzny Bros., Inc.  
Tom Cook, Presidente de la NRA  
Neville Chandler, Director Regional de la NRA,  
Londres  
Tina Caparella, Editora, *Render*

**Derechos reservados, 2006, por la National Renderers Association**  
ISBN: 0-9654660-3-5

Impreso en septiembre de 2006 por  
Kirby Lithographic Company, Inc.  
Arlington, Virginia, EUA

## TABLA DE CONTENIDOS

PERSPECTIVA GENERAL DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL ....	15
HISTORIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL EN ESTADOS UNIDOS .....	35
OPERACIONES DE RECICLAJE.....	52
EL PAPEL DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA SEGURIDAD DE ALIMENTOS PARA CONSUMO ANIMAL Y HUMANO..	79
LA CONTRIBUCIÓN A LA BIOSEGURIDAD DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL.....	97
A LA SALUD PÚBLICA Y ANIMAL .....	97
RECICLAJE DE PRODUCTOS COMESTIBLES — SUBPRODUCTOS RECICLADOS PARA EL CONSUMO HUMANO.....	126
SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA NUTRICIÓN DE RUMIANTES.....	145
SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA NUTRICIÓN AVÍCOLA.....	163
SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA NUTRICIÓN PORCINA .....	180
SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LOS ALIMENTOS PARA MASCOTAS.....	204
PRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN ALIMENTOS ACUÍCOLAS PARA PECES .....	227
PRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN ALIMENTOS ACUÍCOLAS PARA CAMARONES .....	246
EL MERCADO GLOBAL DE LOS SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL .....	268
USOS INDUSTRIALES Y ENERGÉTICOS DE LOS SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL,.....	287
PASADO Y FUTURO.....	287
ASUNTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL ..	306
LA INVESTIGACIÓN Y LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL.....	322
INVESTIGACIONES FUTURAS PARA LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL ..	338

¿CÓMO SERÍA EL MUNDO SIN EL RECICLAJE DE LOS  
SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL? .....343

## LOS AUTORES

**Greg Aldrich** es presidente de Pet Food and Ingredient Technology, Inc. El Dr. Aldrich es nutriólogo consultor especializado en alimentos y nutrición de animales de compañía. Su trabajo abarca el desarrollo de nuevos productos con asesoría nutricional, así como comunicaciones técnicas para las compañías de alimentos para mascotas y proveedores de ingredientes. Escribe una columna mensual en la revista *Petfood Industry* sobre temas de ingredientes y conferencista de foros de la industria y científicos. Recibió su licenciatura en Agricultura de Kansas State University, su maestría en Ciencias Animales de la University of Missouri, y su doctorado en Nutrición de la University of Illinois. El Dr. Aldrich ha tenido varios puestos administrativos y técnicos en Co-op Feeds, The Iams Company, Kemin Industries, Inc., y Menu Foods, Ltd. Él y su esposa Susan manejan su propia empresa de consultoría desde Topeka, Kansas, EUA.

**Douglas P. Anderson** es la cuarta generación de recicladores. Entró a trabajar a Smithfield Foods, Inc., en abril de 2002 y es vicepresidente de Reciclaje de Smithfield Foods, Inc., y presidente operativo de Smithfield BioEnergy, LLC. Como vicepresidente de reciclaje para la compañía de alimentos multinacional, es responsable del reciclaje de subproductos no comestibles de todas las plantas de la compañía a nivel mundial. Recientemente fue nombrado presidente operativo de Smithfield Bioenergy, LLC, la subsidiaria de bioenergía de Smithfield Foods, Inc. Actualmente, es presidente de la World Renderers Association, el anterior presidente de la National Renderers Association y también expresidente de la North American Rendering TSE Coalition. La carrera de toda su vida en la industria incluye experiencia previa como presidente de American Proteins, Inc., en Cumming, Georgia, presidente operativo de Darling International, Inc., en Irving, Texas, presidente de Stord, Inc. (Stord Bartz Americas), en Greensboro, Carolina del Norte, gerente general de Milwaukee Tallow Co., Hide Service Corporation, Carrie Shortening Corporation, Jastro Feeds, y West Wis. Pet Food y vicepresidente de Indianhead Rendering, Inc., en Barron, Wisconsin. Es graduado de la Universidad de Wisconsin-Madison.

**Lopa Basu** está obteniendo su doctorado en Ciencias Animales (alimentos internacionales) de la Ohio State University bajo la dirección del Dr. Ockerman. Es originaria de la India y tiene una maestría en Bioquímica del músculo de la University of Bombay. Ha fungido como científica en el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas en muchos países y como joven directiva profesional de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas. Ha recibido numerosos premios académicos en Estados Unidos y en la India.

**Fred D. Bisplinghoff** es graduado de la University of Missouri en 1951 con una licenciatura en Nutrición Animal y el grado de doctor en Veterinaria. Fue veterinario clínico de especies mayores hasta 1956, y posteriormente entró a trabajar

## Sobre los autores

a Faber Industries, una compañía de reciclaje en Illinois con seis plantas, donde fungió como gerente general de alimentos para animales, extracción por solvente, y las operaciones de mezclas de grasas y proteínas. Hacia 1959, el Dr. Bisplinghoff fue vicepresidente ejecutivo con la administración de todas las operaciones de reciclaje. National By-Products compró Faber en 1965. El Dr. Bisplinghoff fue entonces el responsable de todas las anteriores plantas de Faber, que incluían las operaciones de una terminal de barcazas y las de pieles. Cuando se retiró de National By-Products en 1985, supervisaba todas las operaciones de esta empresa en Illinois, Indiana, Ohio, Kentucky, Tennessee y el este de Missouri, y había fungido en muchos puestos de la industria del reciclaje, entre los que se incluían haber sido presidente de la NRA de 1971 a 1972. Después de retirarse en 1985, empezó a dar consultoría para Holly Farms Poultry. Simultáneamente tuvo tres puestos en la industria de reciclaje durante cinco años entre los que se incluían presidente y director de Servicios técnicos de la Fats and Proteins Research Foundation (FPRF), de 1988 a 1993, director de Asuntos científicos de la National Renderers Association (NRA), de 1988 a 1993 y presidente de la Animal Protein Producers Industry (APPI), de 1983 a 1993. De 1993 a 2006 dio consultoría en 11 empresas de reciclaje.

**Richard E. Breitmeyer** ha sido director de Salud Animal y Servicios de Seguridad Alimentaria del Departamento de Alimentos y Agricultura de California, desde 1993. Está a cargo de un presupuesto anual de \$28 millones de dólares y de 250 empleados en programas de salud animal, control de leche y productos lácteos, inspección de carne y aves, y la identificación de ganado. Trabaja de cerca con el Sistema de Laboratorios de Salud Animal y Seguridad Alimentaria de California que está operado por la Escuela de Medicina Veterinaria, University of California en Davis (UCD), bajo contrato con el departamento. También funge como veterinario estatal y tiene una amplia responsabilidad en los asuntos regulatorios de salud animal, tales como la autoridad de cuarentena. El Dr. Breitmeyer es graduado de la Escuela de Medicina Veterinaria de la UCD y también tiene una maestría en Medicina Veterinaria Preventiva de la UCD. Es miembro activo de muchas asociaciones estatales y nacionales de salud animal y de medicina veterinaria, y actualmente funge como presidente del Comité de Seguridad Alimentaria de la U.S. Animal Health Association, está en el comité ejecutivo del National Institute for Animal Agriculture, y es ex-miembro del Comité Consultivo de Enfermedades Animales y Aviares Extranjeras del Secretario del USDA.

**Dominique P. Bureau** es profesor asistente del Departamento de Ciencias Animales y Avícolas, de la University of Guelph. Tiene licenciatura y maestría en Ciencias Animales de Laval University y doctorado en Ciencias Nutricionales de la University of Guelph. Desde entonces, ha encabezado un programa independiente de investigación que se enfoca en la utilización de macronutrientes en salmónidos y en el desarrollo de requerimientos de alimentos y modelos de producción de desperdicios.

## Sobre los autores

**Gary L. Cromwell** es profesor de Nutrición de la University of Kentucky. Recibió su licenciatura en Educación Agrícola de la Kansas State University y maestría y doctorado en Nutrición Animal de Purdue University. Entró al profesorado de la University of Kentucky en 1967, donde es profesor en el Departamento de Ciencias Animales. El Dr. Cromwell ha dado servicio a la industria porcina y de alimentos balanceados a través de investigaciones excepcionales durante más de 35 años, investigaciones que lo han identificado como un experto mundial en nutrición porcina. Sus amplias investigaciones han incluido la evaluación de los requerimientos de aminoácidos y minerales para cerdos, el cobre como promotor de crecimiento, eficacia y seguridad de antibióticos, valor nutritivo de cultivos modificados genéticamente y aspectos ambientales relacionados con el uso de la fitasa en dietas porcinas. Desarrolló un ensayo de proporción de pendiente para determinar la biodisponibilidad del fósforo en ingredientes para alimentos, lo que permite la formulación de dietas con base en “fósforo disponible”. El Dr. Cromwell es autor y co-autor de más de 900 publicaciones, que incluyen 137 artículos de revistas referenciados. Ha dirigido a 60 estudiantes de postgrado, muchos de los cuales tienen puestos prominentes en la industria de alimentos balanceados o en las universidades. Es presidente del Comité de Nutrición Animal del National Research Council y encabeza el subcomité que preparó la 10ª edición del *Nutrient Requirements of Swine* de 1998. Ha recibido el Premio al Servicio a la Industria de la American Society of Animal Science (ASAS), el Premio de Investigación en Nutrición de ASAS-AFIA y el Premio Morrison que reconoce a la excelencia en investigación con importancia directa para la producción ganadera.

**Jeffre D. Firman** asistió a la University of Nebraska tanto para su licenciatura como para su maestría. Trabajó durante varios años en la industria comercial del pavo. Recibió su doctorado en la University of Maryland con el estudio de la regulación neuronal del consumo de alimentos en pollos de engorda. Ha estado en la University of Missouri en puestos de enseñanza, investigación y extensión por casi 20 años y ha sido profesor durante ocho años. Sus investigaciones se centran alrededor de la utilización de proteína y energía en las aves productoras de carne, así como en el uso de productos reciclados de origen animal. Da consultoría a una serie de entidades y ha visitado 27 diferentes países.

**Don A. Franco** tiene grados en Agricultura, Medicina Veterinaria y Salud Pública, y ha hecho grandes esfuerzos durante su carrera profesional para resaltar los vínculos de estas tres disciplinas para mejorar los principios de bioseguridad, seguridad de alimentos para consumo humano y el control de enfermedades de origen alimentario. El Dr. Franco continúa su trabajo en la integración de todos los aspectos básicos de la industria pecuaria, el control adecuado de enfermedades animales y la prevención para garantizar el suministro de alimentos seguros. Practicó durante cuatro años la práctica veterinaria mixta en su país de origen, Trinidad, antes de migrar a los Estados Unidos para aceptar un puesto en el Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria del USDA en 1968, donde fungió en diversos puestos de supervisión en todo el país, para culminar con el nombramiento

## Sobre los autores

como director de Operaciones de Sacrificio en Washington, D.C. El Dr. Franco ha recibido numerosos premios durante su carrera con el USDA a través de los años, que incluyen el Premio de Servicio Superior del Secretario de Agricultura en junio de 1990, “por la notable autoría que le ha dado reconocimiento nacional e internacional al Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.” Ha sido co-autor de dos importantes textos: *Food Animal Pathology and Meat Hygiene and Poultry Diseases* y *Meat Hygiene*, y ha publicado en importantes revistas profesionales en todo el mundo. Ha tenido nombramientos de profesor académico adjunto en la Emory University in Atlanta, George Washington University en Washington, D.C., y la Universidad de Panamá en la Escuela de Medicina de Centroamérica en Washington, D.C. Después de su jubilación del USDA, el Dr. Franco entró a la National Renderers Association (NRA) como vicepresidente de Servicios Científicos y a la Animal Protein Producers Industry (APPI) como presidente. Después de jubilarse de la NRA/APPI, formó el Center for Bio-security, Food Safety and Public Health (CBFSPH) en Lake Worth, Florida, EUA.

**C. Ross Hamilton** es director de Asuntos Gubernamentales y Tecnología de Darling International, Inc. Obtuvo su licenciatura y maestría de Texas Tech University y su doctorado en Nutrición Animal de la University of Missouri. Ha estado en el profesorado de South Dakota State University durante 12 años como especialista en extensión (1984-1988) y como profesor adjunto (1988 a 1996) con nombramientos en enseñanza e investigación. El Dr. Hamilton entró en 1996 a trabajar a Darling International, Inc. Ha sido co-autor de más de 150 trabajos y publicaciones científicas. Es Profesional Registrado de Ciencias Animales, Diplomado del American College of Animal Nutrition y participa en el Consejo de Nutrición de la American Feed Ingredient Association (AFIA). El Dr. Hamilton es el presidente actual de la Mesa directiva de la Fats and Proteins Research Foundation (FPRF) y participa en varios de los comités de la National Renderers Association (NRA).

**Thomas C. Jenkins** obtuvo su licenciatura en Ciencias Animales y su maestría en Nutrición Animal en Pennsylvania State University, así como un doctorado en Nutrición Animal de Cornell University. Fue miembro del profesorado de Ohio State University antes de entrar a Clemson en 1986. En Clemson, recibió varias patentes por el desarrollo de suplementos nuevos de grasa protegidos contra el rumen. El Dr. Jenkins también ha mantenido un programa de investigación básica que estudia el proceso de la biohidrogenación de lípidos en el contenido ruminal con isótopos básicos de ácidos grasos insaturados y espectroscopia de masa en estudios de rastreo metabólico. El Dr. Jenkins recibió el Premio de Investigación en Nutrición de la American Feed Ingredient Association que le otorgó la American Dairy Science Association en 1999 y el Premio Godley-Snell de excelencia en investigación agrícola de Clemson University en 2005. El Dr. Jenkins ha dado más de 60 conferencias como invitado en seis países y ha sido autor y co-autor de más

## Sobre los autores

de 220 publicaciones que incluyen capítulos de libros, artículos de revistas y patentes.

**David Kirstein** recibió su licenciatura de Seattle Pacific University en 1975 con un área mayor doble en Biología y Química, y su maestría en Nutrición de la Washington State University en 1979. Tiene más de 25 años de experiencia de trabajo en la industria pecuaria. Actualmente funge como director de Servicios Técnicos de Darling International, Inc., así como también lo fue en National By-Products, LLC durante 14 años antes de 2006. Darling International, Inc., es un reciclador independiente líder en Estados Unidos que produce subproductos de proteína y grasas animales utilizados en alimentos balanceados y fabricación de químicos en todo el mundo. Al principio de su carrera, Kirstein pasó ocho años con la compañía ConAgra formulando alimentos completos y suplementos para ganado y aves que contenían subproductos de origen animal. Sin embargo, ha obtenido un profundo conocimiento de la naturaleza de los productos reciclados durante los últimos 14 años. Sus responsabilidades actuales incluyen el liderazgo y las iniciativas corporativas y de la industria de la seguridad de los productos, la supervisión de las investigaciones internas que se enfocan al desarrollo de nuevos productos, y el manejo de laboratorio analítico corporativo. Kirstein es el ex-presidente de la American Protein Producers Industry y actualmente trabaja en el comité de la misma asociación cuyo enfoque se encuentra en la bioseguridad y seguridad de los productos reciclados. También trabaja en los comités de investigación de la Fats and Proteins Research Foundation y como vicepresidente del Animal Co-Products Research and Education Center de Clemson University.

**Stewart McGlashan** dirige el programa de Ambiente y Coproductos de Meat and Livestock Australia. Terminó su doctorado en Ingeniería Química en 1998 en los campos de procesamiento de polímeros y reología. Después de su posdoctorado en McGill University en el programa “Polymer McGill”, el Dr. McGlashan entró al Co-operative Research Centre for International Food Manufacture and Packaging Science. En sus dos años como investigador ha publicado varios trabajos e inventado un plástico biodegradable que se desarrolló con el arranque de una compañía y la patente en la Unión Europea, Estados Unidos y Australia. El Dr. McGlashan actualmente maneja las carteras de investigación y desarrollo del Environment and Co-Products a nombre de la Australian Red Meat Industry. También está en la Mesa directiva de, y es asesor científico de la Fats and Proteins Research Foundation. Además, es conferencista adjunto de Ingeniería Química en la University of Queensland en ciencias coloidales e interfaciales/de superficie, y en la investigación de biopolímeros fundamentales.

**David L. Meeker** es vicepresidente, de Servicios Científicos de la National Renderers Association (NRA). Funge como consejero científico y técnico de la industria del reciclaje de Estados Unidos en cuestiones de ciencia, enfermedades animales y seguridad de alimentos balanceados. También ha fungido como presidente de la Animal Protein Producers Industry (APPI) antes de que se fusionara

## Sobre los autores

con la NRA en 2006. El Dr. Meeker previamente dio sus servicios en los puestos científicos y administrativos de la National Turkey Federation y la National Pork Producers Council, fue director de la Mesa Directiva de Agricultura y Recursos Naturales del National Research Council en la National Academy of Sciences y fue profesor adjunto en The Ohio State University. En las últimas dos décadas ha fungido como consejero y consultor de numerosas organizaciones gubernamentales profesionales y comerciales en Estados Unidos y a nivel internacional. Actualmente es miembro del panel consultivo científico de la World Renderers Organization (WRO), miembro del recientemente nombrado Comité Consultivo del Secretario del USDA sobre enfermedades extranjeras animales y avícolas y es miembro del comité consultivo del Beef industry Food Safety Council de la National Cattlemen's Beef Association. Recibió su licenciatura, maestría, doctorado y la maestría en Administración de Empresas de Iowa State University en Ames, Iowa, EUA.

**Sergio F. Nates** es presidente y director de Servicios Técnicos de la Fats and Proteins Research Foundation (FPRF). Antes de entrar a la FPRF, fue vicepresidente de investigación y tecnología de Zeigler Bros., Inc., compañía de Pensilvania de alimentos balanceados especiales que proporciona productos para la acuicultura, aves exóticas, reptiles y para dietas de animales de investigación. El Dr. Nates obtuvo su licenciatura y maestría de la Universidad Nacional de Costa Rica en Biología Marina y Acuicultura, respectivamente y se le otorgó el doctorado de la University of Louisiana en Lafayette.

**Herbert W. Ockerman** recibió su licenciatura y maestría del Colegio de Agricultura de la University of Kentucky en 1954 y 1958. Es profesor e investigador en Química de Alimentos y Biología Muscular, y desde 1961 ha sido profesor de la The Ohio State University en el Departamento de Ciencias Animales. Recibió el doctorado de la North Carolina State University en 1962. Además de su campo académico en investigación y enseñanza, ha hecho contribuciones al conocimiento internacional a través de la educación, investigación y diplomacia privada. Ha estado involucrado en iniciar programas cooperativos de enseñanza e investigación entre Ohio State y muchas otras universidades internacionales, gobiernos e instituciones de investigación y privadas. Ha sido autor y co-autor de más 1,100 publicaciones. En reconocimiento a sus logros ha recibido 19 premios internacionales y nacionales tales como el de Miembro Honorario de la Sociedad Veterinaria Polaca, la Medalla al Mérito del Servicio en Agricultura del gobierno polaco, el Premio al Profesor de la Universidad Nacional Chung Hsing y del Colegio de Agricultura Pintung, en la República de China, el Reconocimiento Especial de Argentina y España, el Premio de Ciencias Animales en Agricultura Internacional de Francia, el Premio Internacional de American Society of Animal Science y en 1991 recibió los premios local y nacional de Phi Beta Delta por su excelencia como profesor. El Dr. Ockerman fue nombrado al Salón de los Alumnos Distinguidos de la University of Kentucky en 1995.

## Sobre los autores

**Gary G. Pearl** se retiró en 2005 como presidente y director de Servicios Técnicos de la Fats and Proteins Research Foundation. Actualmente es profesor adjunto en el Departamento de Ciencias Animales y Veterinarias de Clemson University. El Dr. Pearl recibió su título de Médico Veterinario en 1963 de Purdue University. Ha recibido el premio al Exalumno Distinguido de la Escuela de Medicina Veterinaria en 2001 por “su servicio distinguido para la investigación aplicada a la nutrición, la veterinaria aplicada, al servicio comunitario, a la medicina veterinaria organizada y por dirigir la excelencia en investigación”.

**Gregory L. Sindt** es el principal propietario de la empresa consultora de ingeniería Bolton and Menk, Inc. Su área de especialidad de práctica es la ingeniería ambiental para las industrias del reciclaje de subproductos de origen animal, empaçado de carne y procesamiento de alimentos, que incluyen el diseño y operación de procesos de tratamiento de aguas residuales y los permisos ambientales. Sindt tiene una licenciatura y maestría en Ingeniería Civil y Ambiental de Iowa State University y es ingeniero acreditado en varios estados. Participa en varias organizaciones profesionales y comerciales que incluyen el comité ambiental de la American Meat Institute, la Water Environment Federation y la National Renderers Association.

**Kent Jay Swisher** es vicepresidente de Programas Internacionales de la National Renderers Association (NRA). Trabaja en el Comité de Desarrollo de Mercados Internacionales de la NRA en la implementación de programas de comercialización para los productos reciclados en todo el mundo. La NRA es un cooperador del Servicio Agrícola Exterior del USDA en el Desarrollo de Mercados en el Extranjero y de Programas de Acceso al Mercado, con oficinas en Hong Kong, Londres y México, D.F.. Antes de entrar a la NRA, fungió como director de Comercialización Internacional del American Seed Trade Association, donde fue responsable de implementar los programas de comercialización internacional y de la resolución de disputas comerciales y formulación de políticas. También trabajó previamente para el Consejo Norteamericano de Granos como gerente de operaciones internacionales en Asia y para Continental Grain Company, Wayne Feeds Division. Actualmente, Swisher trabaja y ha trabajado en el Comité Consultivo Técnico Agrícola de USDA en el comercio de productos de origen animal, en la AgTrade Coalition, en la Mesa Directiva del Agriculture Export Development Council (USAEDC) y en el Seattle Round Ag Committee. Se graduó de Purdue University en Economía Agrícola y está terminando su tesis de maestría en Agronegocios de Kansas State University.

**Stephen Woodgate** es director técnico de la European Fat Processors and Renderers Association (EFPPRA). También es director operativo de Beacon Research, Ltd., una empresa de consultoría en investigación y desarrollo. Previamente, fue director técnico de PDM Group durante cinco años y antes de esto tuvo su propio negocio de consultoría durante ocho años. Antes, trabajó en PDM Group como gerente de desarrollo de producto y como asistente de investigación en Unilever plc. Woodgate tiene una gran experiencia en muchos de los aspectos

## Sobre los autores

técnicos de la industria de subproductos de origen animal en todo el mundo. En particular, estuvo involucrado con el desarrollo del grupo técnico de la EFPPRA (STG) en la fuente de experiencia que hace interfaz con la industria, los gobiernos nacionales y la Comisión Europea. Las principales áreas de actividad del STG han estado en conjunto con DG Sanco [regulación de subproductos de origen animal y de TSE] y con ambiente, transporte y energía de DG en relación a los usos de los subproductos reciclados como fuentes de energía. Woodgate también ha fungido como presidente tanto de la U.K. Renderers Association en su Comité Técnico como miembro del panel consultivo científico del World Renderers Organization.

**Yu Yu** es el director regional de Asia de la National Renderers Association (NRA). El Dr. Yu ha introducido con mucho éxito las harinas de proteínas animales no marinas a la industria de alimentos balanceados de Asia con énfasis reciente en la industria de alimentos acuícolas. Ha participado en proyectos de investigación de nutrición de camarones y de peces en China, Vietnam, Tailandia, y las Filipinas, colaborando con varias universidades, institutos de investigación y compañías de alimentos acuícolas. Es participante y orador de conferencias internacionales y ferias comerciales relacionadas con la industria de los alimentos balanceados. El Dr. Yu terminó su licenciatura en Taiwán, y recibió su postgrado de la Michigan State University en Estados Unidos. Antes de entrar a la NRA en 1997, trabajó para la industria de alimentos balanceados en Canadá desde 1978. Actualmente tiene su sede en Hong Kong y continúa llevando a cabo misiones comerciales de Asia a Estados Unidos.

## **PERSPECTIVA GENERAL DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL**

Dr. David L. Meeker  
National Renderers Association

Dr. C. R. Hamilton  
Darling International Inc.

### **Resumen**

El ser humano no consume de una tercera parte a la mitad de cada animal producido para carne, leche, huevos y fibra. Estas materias primas se someten al proceso de reciclado que da como resultado muchos productos útiles. La harina de carne y hueso, harina de carne, harina de carne de aves, harina de pluma hidrolizada, harina de sangre, harina de pescado y grasas animales son los principales productos que resultan del proceso de reciclaje. El uso más importante y valioso de estos subproductos de origen animal es como ingrediente en alimentos para ganado, aves, acuicultura y animales de compañía.

Hay grandes cantidades de bibliografía científica que valida la calidad nutricional de estos productos, de tal manera que no hay razones científicas para cambiar la práctica de alimentación de productos reciclados de origen animal a animales. Las agencias gubernamentales controlan el procesamiento de alimentos para consumo humano y animal, por lo que a menudo se inspecciona a la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. Además, entre los programas de la industria se incluye al uso de buenas prácticas de manufactura, análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP), códigos de práctica y certificación por parte de terceros. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de Estados Unidos reglamenta los alimentos para animales y prohíbe que ciertas proteínas de rumiantes se usen en dietas de rumiantes para prevenir la propagación de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE). A pesar de que seguido se frustra por la atención que recibe, la industria del reciclaje claramente comprende su papel en la producción nutritiva y segura de las materias primas de los alimentos balanceados y lo ha hecho de manera muy efectiva durante aproximadamente cien años.

La disponibilidad de productos reciclados de origen animal para alimentos para animales va a depender en el futuro de la reglamentación y del mercado. Los recicladores de subproductos de origen animal son innovadores y competitivos, y se van a adaptar a cambios en ambas cosas. Los organismos reguladores van a determinar si se pueden usar ciertas materias primas en alimentos para animales. La National Renderers Association (NRA) apoya el uso de la ciencia como el fundamento de la reglamentación, mientras que la estética, especificaciones del producto y las diferencias en la calidad deben dejarse a las fuerzas del mercado. Las expectativas del cliente, la demanda del consumidor y las consideraciones económicas van a dictar las especificaciones y precios del producto.

Sin los continuos esfuerzos de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal, la acumulación de los subproductos de origen animal sin procesar obstaculizaría a las industrias cárnicas y plantería un serio riesgo en potencia a la salud animal y humana.

### **Materia prima**

Un subproducto se define como un producto secundario obtenido durante la fabricación de un producto principal. Un coproducto es un producto que por lo general se fabrica junto con o consecutivamente con otro artículo debido a similitudes de producto o proceso. Algunas personas prefieren la connotación más positiva del término coproducto, pero en nombre de la simplicidad, en este libro se va a usar más el término subproducto. Una parte de las utilidades que regresan a la producción animal y a las industrias del procesamiento depende de la utilización de los subproductos o coproductos auxiliares a la producción de carne, leche y huevos para consumo humano. La FDA reglamenta qué materiales se pueden incluir en el alimento para animales; en 1997 prohibió la alimentación de materiales de rumiantes a animales rumiantes. Recientemente, se han suscitado debates considerables sobre si se deben prohibir más materias primas bovinas en todos los alimentos para animales.

Las aproximadamente 300 plantas de reciclaje de subproductos de origen animal en Norteamérica dan servicio a la industria pecuaria por medio de la utilización de subproductos que ascienden a más de la mitad del volumen total producido por la industria pecuaria. Estados Unidos en la actualidad produce, sacrifica y procesa aproximadamente 100 millones de cerdos, 35 millones de cabezas de ganado, y ocho mil millones de pollos al año. Entre los subproductos se incluyen a los cueros, pieles, pelo, plumas, pezuñas, cuernos, patas, cabezas, huesos, uñas, sangre, órganos, glándulas, intestinos, tejido muscular y adiposo, cascarones y canales completas. Estos subproductos se han utilizado durante siglos para muchos usos importantes. Los productos fabricados a partir de materias primas “no comestibles” (no aptas para el consumo humano) contribuyen de manera económica importante a las industrias conexas y a la sociedad. Además, el proceso de reciclado y la utilización de estos subproductos contribuyen a mejorar la calidad ambiental, y la salud animal y humana.

Aproximadamente el 49 por ciento del peso vivo del ganado, 44 por ciento del peso vivo de los cerdos, 37 por ciento del de los pollos de engorda y 57 por ciento del de la mayoría de las especies piscícolas son materias que no consume el ser humano. Algunas tendencias modernas, como los productos cárnicos preempacados listos para servir, aumentan la cantidad de materia prima para el proceso de reciclado. El volumen actual de materia prima generado en Estados Unidos está cercano a las 24.5 millones de toneladas anuales junto con otras 2.27 millones de toneladas de Canadá. Las materia primas varían, pero una aproximación general de contenido sería del 60 por ciento de agua, 20 por ciento de proteína y minerales, y 20 por ciento de grasa antes del proceso de reciclado. Estos materiales orgánicos son altamente perecederos y cargados de microorganismos,

muchos de los cuales son patógenos tanto para el ser humano como para los animales. El proceso de reciclado ofrece un sistema seguro e integral de manejo y procesamiento de materia prima animal que cumple con todos los requisitos básicos de calidad ambiental y control de enfermedades.

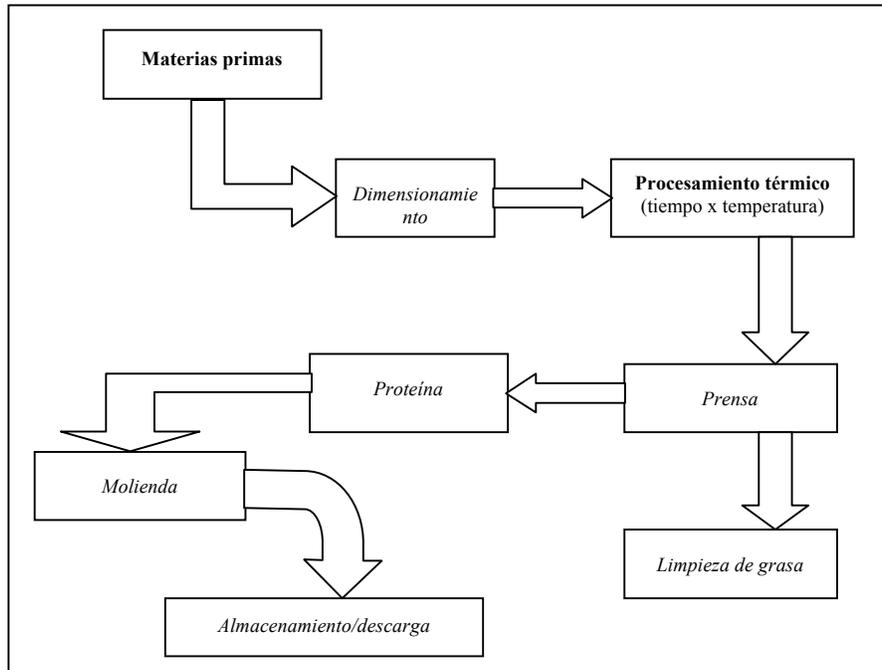
### **El proceso de reciclado**

El proceso de reciclaje de subproductos de origen animal (conocido en inglés como rendering) es un proceso de transformación física y química que utiliza una gran variedad de equipo y procesos. Todos los procesos de reciclaje incluyen la aplicación de calor, la extracción de la humedad y la separación de la grasa. Los métodos para lograr esto se ilustran esquemáticamente en la figura 1 (Hamilton, 2004). Los procesos y equipo se describen en detalle en el capítulo de este libro sobre las operaciones.

La temperatura y el tiempo del proceso de cocción son de importancia fundamental y constituyen los principales factores determinantes de la calidad del producto terminado. Los procesos varían con la composición de la materia prima. Todas las tecnologías del sistema del proceso de reciclaje incluyen la recolección y el transporte sanitario de la materia prima a una planta en donde se muele a un tamaño de partícula consistente, se transfiere a un cocedor, ya sea de configuración de flujo continuo o por lotes. Por lo general la cocción se logra con vapor y temperaturas de aproximadamente 115° a 145°C durante 40 a 90 minutos, dependiendo del tipo de sistema y materiales. Actualmente, la mayoría de los sistemas estadounidenses de proceso de reciclaje son unidades de flujo continuo. Sin importar el tipo de cocción, la grasa derretida se separa de los sólidos de proteína y hueso, y se elimina una porción grande de la humedad. Lo que es más importante, la cocción inactiva bacterias, virus, protozoarios y parásitos. Los métodos alternativos de eliminación de materias primas tales como el entierro, compostaje o relleno sanitario no logran automáticamente la inactivación de los microorganismos.

La grasa se separa del material cocinado por medio de una prensa de tornillo dentro de un recipiente cerrado. Después de la cocción y la separación de la grasa, los «chicharrones» (cracklings o crax en inglés), los cuales contienen proteína, minerales y algo de grasa residual, siguen en el proceso para eliminar humedad adicional, se muelen y se transfieren al almacenamiento o embarque. El almacenamiento de la proteína se hace ya sea en tolvas o en instalaciones cerradas. La grasa se almacena y transporta en tanques.

**Figura 1. Proceso básico de producción del reciclaje de subproductos de origen animal.**



Los procesos y la tecnología del reciclaje de subproductos de origen animal ha cambiado en el transcurso de los años y va a continuar mejorando. Las plantas modernas de proceso de reciclaje están construidas para separar el manejo de las materias primas de las áreas de procesamiento y almacenaje. El control de proceso se realiza y monitorea mediante tecnología de computación para lograr registros de tiempo y temperatura para los valores térmicos adecuados de eliminación o inactivación de microorganismos específicos. No son necesarias las temperaturas que sobrepasan los requisitos de tiempo de inactivación térmica, por lo que deben evitarse, ya que pueden disminuir el valor nutritivo y la digestibilidad. Los procesos en Estados Unidos por lo general no incorporan la cocción bajo presión excepto para las plumas y otros tejidos de alto contenido de queratina.

Las investigaciones han demostrado que la materia prima derivada del procesamiento de animales para consumo humano tiene una gran cantidad de microorganismos. Los datos ilustran la alta incidencia de microorganismos patógenos de origen alimentario en la materia prima de subproductos de origen animal, mientras que la eficacia del proceso de reciclado en la inactivación de estos patógenos se encuentra listada en el cuadro 1. Es admitido que el manejo de ingredientes después de la cocción puede ser el responsable de la recontaminación, una preocupación para todos los ingredientes para alimentos balanceados que no se

restringe a la proteína animal. La salmonela es una especie de bacteria que por lo regular se relaciona con el alimento balanceado y que a menudo se le incrimina erróneamente a los ingredientes de subproductos animales. La información de todo el mundo muestra que todos los ingredientes para alimentos, que incluye a las proteínas vegetales y a los granos, pueden contener salmonela (Beumer y Van der Poel, 1997; Sreenivas, 1998; McChesney et al., 1995; Comisión Europea, 2003). Por eso, es importante seguir las directrices de seguridad para alimentos balanceados o los códigos de práctica antes y después del manejo de los ingredientes y el alimento fabricado.

**Cuadro 1. Eficacia del sistema del proceso de reciclaje estadounidense en la destrucción de bacterias patógenas.**

Patógeno	Tejido crudo % muestras positivas	Posterior al proceso % muestras positivas
<i>Clostridium perfringens</i>	71.4	0
<b>Especies de Listeria</b>	76.2	0
<i>L. monocytogenes</i>	8.3	0
Especies de Campilobácter	29.8	0
<i>C. jejuni</i>	20.0	0
Especies de Salmonella	84.5	0

Fuente: Troutt et al., 2001. Muestras de 17 plantas diferentes de reciclaje de subproductos de origen animal tomadas durante el invierno y el verano.

Aunque las investigaciones han demostrado que el proceso de reciclaje baja la infectividad del prión, el agente que más comúnmente se cree que es la causa de las encefalopatías espongiformes transmisibles (TSE), no se inactiva del todo con ninguno de los procesos de reciclaje que hay en la actualidad (Taylor et al., 1995). Es por eso que la FDA exige que no se usen materias primas que contienen subproductos de rumiantes para hacer ingredientes que se utilicen en el alimento balanceado de rumiantes.

La industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal reconoce su papel en garantizar la seguridad alimentaria y de proteger la salud humana y animal, de tal forma que ha desarrollado programas de bioseguridad, reducción de salmonela y certificación de terceros en el cumplimiento de las reglamentaciones de alimentos balanceados. Además, las compañías estadounidense de reciclaje de subproductos de origen animal han refrendado el Código de Prácticas de la APPI, programa voluntario basado en HACCP.

### **Subproductos reciclados de origen animal**

El proceso de reciclado convierte al tejido animal crudo en diversos productos de proteína, grasa y minerales : harinas ricas de tipo granular y grasas líquidas con componentes nutricionales específicos. El volumen anual en Estados Unidos es aproximadamente de 5.084 millones de toneladas de proteínas derivadas

de los animales y 4.95 millones de toneladas de grasas recicladas. Aproximadamente el 85% de esta producción se utiliza como materia prima de alimentos balanceados. Las aplicaciones de las grasas recicladas en las industrias química, metalúrgica, del caucho y oleoquímica combinadas representan el segundo mercado más grande, con más de 3,000 usos industriales identificados. La fabricación de jabones y productos para el cuidado personal siguen siendo el principal uso de las grasa animales, especialmente el sebo, además de que van en aumento nuevos usos como los biocombustibles.

### Grasas animales y grasas recicladas

Las grasas son los ingredientes para alimentos con mayor densidad calórica que hay. La industria de alimentos e ingredientes para animales es un gran usuario de grasa reciclada de origen animal y aceites reciclados de restaurantes y de cocinar que brindan una valiosa energía a la dieta. Además, las grasas y los ácidos grasos mantienen funciones corporales indispensables aparte de su función calórica. Junto con el aceite vegetal reciclado de restaurantes, la industria del reciclaje de subproductos de origen animal procesa unas 4.95 millones de toneladas de grasas al año (cuadro 2).

**Cuadro 2. Grasas producidas al año por la industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal.**

Sebo comestible	817,200 TM
Sebo no comestible	1,770,600 TM
Manteca	136,200 TM
Grasa amarilla	681,000 TM
Otras grasas	544,800 TM
Grasa avícola	544,800 TM
Grasas usadas en alimentos para mascotas <sup>a</sup>	454,000 TM
<b>Total</b>	<b>10.9 billion pounds</b>

Fuente: U.S. Census Bureau Current Industrial Report M311K, 2005.

<sup>a</sup> Nota del editor: Las grasas avícola, de res y de cerdo que se usan en alimentos para mascotas (estimadas en aproximadamente en 454,000 toneladas) no se incluyen en las categorías de la Oficina del Censo de EUA.

El término lípido incluye a las grasas y los aceites. Los lípidos están químicamente estructurados más que nada como triglicéridos, estructura que consiste de una unidad de glicerol y tres unidades de ácidos grasos. Los ácidos grasos son los componentes que proporcionan a las grasas respectivas sus características individuales químicas y físicas. La mayoría de los ácidos grasos que se encuentran en las grasas naturales varían en las longitudes de las cadenas de ocho a 24 carbonos. Las grasas alimenticias contienen principalmente ácidos grasos de longitudes de 14 a 18 carbonos. Se consideran insaturados los ácidos grasos si

tienen ligaduras dobles en su estructura química. Las estructuras sin dobles ligaduras son ácidos grasos saturados. Si se presentan en la estructura más de dos ligaduras dobles, a los ácidos grasos se les llama poliinsaturados. Como los triglicéridos contienen más ácidos grasos saturados, el punto de fusión aumenta, de tal forma que se le llama a la naturaleza física de la grasa como “más dura”. Una medida de la dureza es el título, determinado por el punto de solidificación de los ácidos grasos. El valor de yodo (VY) es otra medida de la dureza o suavidad; la grasa insaturada presenta valores VY más altos que la grasa saturada. El cuadro 3 es una guía de varias grasas animales, que compara el título y los VY.

**Cuadro 3. Título y valores de yodo de grasas de varias especies de ganado.**

<b>Especie</b>	<b>Título</b>	<b>Valor de yodo</b>
Ovejas	44° – 48°C (111° - 118°F)	42 – 43
Ganado	42° – 45°C (108° – 113°F)	43 – 45
Cerdos	36° – 40°C (97° – 104°F)	63 – 65
Aves	31° – 35°C (89° – 95°F)	77 – 80

Fuente: Fats and Proteins Research Foundation Directors Digest No. 269.

Las grasas grado alimenticio animal son con frecuencia mezclas estabilizadas de grasas animales y vegetales. Se producen (1) mediante el reciclaje de tejidos de mamíferos o de aves, y (2) a través del reciclaje de aceites de cocinar. Las grasa para alimentos balanceados consisten predominantemente de triglicéridos de ácidos grasos, los cuales no contienen ácido grasos libres añadidos (NRA, 2003).

Los productos que tienen un nombre que describe su clase o el origen de la especie deben corresponder a eso, a res, cerdo o aves. La grasa avícola consiste de las grasas derivadas del 100 por ciento de residuos avícolas. Las grasas alimenticias mezcladas constituyen una categoría que incluye mezclas de sebo, grasa, grasa avícola y grasas de restaurante y aceites para cocinar. Las grasas animales y vegetales mezcladas incluyen a las mezclas de las grasas grado alimenticio animal, grasas avícolas, grasas vegetales y las grasas de restaurante o aceites de cocinar. Puede también incluir subproductos tales como el soapstock. Las grasas dentro de esta categoría pueden llamarse mezclas animales y vegetales.

Se definen claramente especificaciones estrictas y se especifican garantías bajo varias referencias, en las que se incluyen a la Asociación de Agentes Estadounidenses de Control de Alimentos Balanceados (AAFCO, por sus siglas en inglés), los proveedores de grasas alimenticias pueden proporcionar productos que se etiqueten o garanticen fuera de las normas comerciales. En el cuadro 4 se listan las sugerencias de especificaciones de calidad de las grasas alimenticias animales. Como con cualquier ingrediente alimenticio, las especificaciones deben comprenderse completamente entre el proveedor y el comprador. A continuación se encuentran lineamientos comunes de las grasas alimenticias:

1. Se deben estabilizar las grasas con un antioxidante de grado alimenticio animal o humano aceptable añadido a niveles recomendados por el fabricante. Pueden realizarse pruebas de estabilidad para monitorear.

2. En las grasas para alimentos para ponedoras, reproductoras o pollos de engorda no deben incluirse soapstock de semilla de algodón o de otros subproductos de la semilla de algodón.
3. Las grasas deben estar certificadas de que los residuos de bifenilos policlorados (PCBs) y de plaguicidas se encuentren dentro de los límites estatales y federales permisibles.
4. El proveedor debe hacer todo esfuerzo por proporcionar una estructura grasa uniforme en cada embarque. Para el tipo de grasa comprada puede establecerse una especificación de VY mínimo o máximo. El monitoreo del VY puede determinar si la estructura grasa del producto es uniforme.

**Cuadro 4. Especificaciones de calidad sugeridas para grasa para alimentos balanceados.**

	%	Grasa mezclada				
		Animal	Aves	Grado alimenticio animal	Animal/Vegetal	Vegetal Soapstock
Ácidos grasos totales:	mín.	90	90	90	90	90
Ácidos grasos libres	máx.	15	15	15	15*	50
Humedad	máx.	1	1	1	1	1.5
Impurezas	máx.	0.5	0.5	0.5	0.5	1
Insaponificables	máx.	1	1	1	1*	4
MIU total	máx.	2	2	2	2	6

MIU = humedad, impurezas e insaponificables.

\* Cuando las grasas mezcladas para alimentos balanceados contienen soapstock acidulado , se puede ajustar esta especificación para permitir un nivel más alto de ácidos grasos libres en la grasa (por ejemplo, cinco AGL por 10 por ciento añadido). Las grasas mezcladas que contienen soapstock pueden tener también niveles más altos de insaponificables.

### Terminología de la grasa

Los ácidos grasos totales (AGT) incluyen tanto a los ácidos grasos libres como a los combinados con glicerol. La grasa se compone aproximadamente de 90 por ciento de ácidos grasos y 10 por ciento de glicerol. El glicerol contiene aproximadamente 4.32 kilocalorías por gramo en comparación con las 9.4 kilocalorías de los ácidos grasos. Debido a que los ácidos grasos contienen más del doble de energía de glicerol, el contenido de AGT en la grasa actúa como un indicador de la energía.

Una medida de la calidad de la grasa es el contenido de AGL. Normalmente, las grasas están compuestas de tres ácidos grasos ligados a glicerol a través de enlaces éster. Los AGL se producen cuando dichos ácidos grasos se liberan mediante la hidrólisis. Por lo tanto, la presencia de niveles altos de AGL

indica que la grasa estuvo expuesta a agua, ácidos o enzimas. Las grasas deben procesarse para contener el nivel de humedad más bajo factible, para que no haya hidrólisis durante el almacenamiento.

Antes, algunos relacionaban un mayor contenido de AGL con una mayor oxidación de la grasa durante el procesamiento o el almacenamiento. La oxidación no es lo mismo que la hidrólisis, y se lleva a cabo cuando se combinan el oxígeno y los ácidos grasos insaturados en presencia de un catalizador, como el calor, hierro, cobre o la luz. El papel del calor en promover la oxidación y la hidrólisis de la grasa puede ser la causa de la confusión. No se recomienda la adición de antioxidantes, la práctica más común de prevenir la oxidación, para prevenir la producción de AGL, porque muchos antioxidantes son ácidos y pueden contribuir a mediciones más altas de AGL.

Por lo general, las impurezas insolubles consisten en pequeñas partículas de fibra, pelos, piel, hueso o tierra. Estas partículas pueden causar problemas de obstrucción en las mallas, boquillas y otros equipos que manejan las grasas, y contribuir a la acumulación de lodos residuales en los tanques de almacenamiento de grasa.

La humedad es perjudicial en las grasas, debido a que acelera la corrosión del equipo de manejo de grasas y a que puede promover la formación de óxido, lo cual es un poderoso catalizador de la oxidación y la rancidez. La humedad tampoco contribuye con energía, lubricidad y otros beneficios para el alimento, por lo que debe mantenerse en el mínimo. La humedad se asienta en el depósito de grasa, lo que hace difícil de lograr el muestreo exacto.

El valor de saponificación (VS) es un estimado del peso molecular promedio de los ácidos grasos constituyentes de una muestra de grasa, el cual se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio que se necesitan para saponificar un gramo de grasa. Un VS más alto es indicativo de longitudes de cadena promedio más bajo de triglicéridos.

Las grasas insaponificables contienen una serie de compuestos tales como esteroides, hidrocarburos, pigmentos, alcoholes grasos y vitaminas que no se hidrolizan mediante la saponificación alcalina. Los insaponificables normales tienen valores alimenticios desconocidos y variables comparables a las grasas involucradas, que pueden diluir la energía.

Índice de yodo Cada doble ligadura en un ácido graso va a aceptar dos átomos de yodo. Al reaccionar los ácidos grasos con el yodo, es posible determinar el grado de insaturación de la grasa o el aceite. El VY se define como los gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de grasa. Las grasas insaturadas naturalmente tienen VY más altos que las saturadas, que pueden usarse para estimar las estructuras de grasa completas.

El valor del título se determina por medio de derretir los ácidos grasos después de hidrolizar una grasa. Los ácidos grasos se enfrían lentamente, y la temperatura a la que se solidifican en grados centígrados es el título. La grasa animal se conoce como "sebo" si posee un título de 40 o más, y se considera "grasa" si el título está por debajo de 40, sin importar el animal de origen, aunque la mayor parte del sebo es un subproducto del procesamiento de la carne de res.

El color de la grasa varía de blanco puro del sebo de res refinado, pasando por el amarillo de la grasa y la grasa avícola, hasta el color muy oscuro del soapstock acidulado. El color no afecta el valor nutritivo de la grasa, pero puede ser de consideración en alimento para mascotas y en otros productos orientados al consumidor, debido a la posibilidad de afectar la apariencia del producto terminado.

Estabilidad de la grasa y antioxidantes: Para prevenir el desarrollo de la rancidez oxidativa, la cual puede destruir las vitaminas A, D y E y puede causar otros problemas en los alimentos, se recomiendan los antioxidantes para todas las grasas de alimento. La rancidez es un término descriptivo y cualitativo que se derivó de umbrales humanos en la detección de malos sabores relacionados con la oxidación de las grasas. La rancidez no está químicamente definida ni es cuantificable. Como resultado, la industria ha intentado describir la rancidez mediante la medición de varios intermediarios o productos de la oxidación. Dos de tales pruebas que comúnmente se usan como indicadores de la estabilidad de la grasa son:

1. Valor de peróxido (VP): este ensayo mide los miliequivalentes (me) de peróxido por kilogramo (/kg), lo que revela el estado actual de la rancidez oxidativa. Un VP bajo (a veces definido como menos de 10.0 me de peróxido/kg) indica una muestra no rancia.
2. Ensayo de Método de Oxígeno Activo (AOM, por sus siglas en inglés) para la estabilidad de 20 horas: es una medida del valor de peróxido después de 20 horas de burbujear aire en una muestra. Esta prueba está destinada a determinar la capacidad de la grasa de resistir la rancidez oxidativa en el almacenamiento.

El sebo se deriva principalmente del tejido de res reciclado, pero puede contener otra grasa animal. La mayoría de los fabricantes de químicos y de jabón piden un título mínimo de 40.5 a 41.0. Se necesita de un título de al menos 40 para designar al sebo como tal.

La grasa blanca de primera se deriva principalmente del tejido de carne de cerdo. La industria del jabón requiere de especificaciones de color, aunque éste es menos importante para las grasas alimenticias. Por eso, a menudo se pueden adquirir ahorros considerables al desarrollar especificaciones de grasa alimenticia que se concentren en el valor nutritivo de la grasa respectiva.

La grasa amarilla ha sido un término usado durante varios años que a menudo se confunde con la grasa blanca de primera fuera de tono. La grasa amarilla proviene principalmente de grasa de restaurante y aceite de cocinar, aunque puede contener otras fuentes de grasas recicladas.

Existen varios beneficios documentados para el uso de las grasas animales en las dietas del ganado, las aves, la acuicultura y las mascotas, entre los que se incluye el mejoramiento de la concentración de la energía de las dietas. Dependiendo de las especies a las que se está alimentando, las contribuciones energéticas van de 2.6 hasta 3.8 veces el contenido energético del maíz. El cuadro 5 proporciona los valores energéticos para las grasas animales comúnmente usadas. Además de la contribución nutrimental, la adición de grasas a las dietas de animales contribuye al control del polvo, a la limpieza de la planta de alimentos, comodidad

del trabajador, mejora la eficiencia del peletizado, mejora la palatabilidad del alimento, reduce las enfermedades respiratorias, aumenta la estabilidad de las vitaminas liposolubles y de otros nutrientes, y mejora la vida del equipo de fabricación de los alimentos.

**Cuadro 5. Valores de energía de las grasas que comúnmente se añaden a los alimentos porcinos y avícolas.<sup>1</sup>**

Fuente de grasa	EM aves, kcal/lb	EM cerdos, kcal/lb <sup>2</sup>
Grasa amarilla <sup>3</sup>	3,582	3,663
Grasa avícola	3,539	3,641
Grasa blanca de primera	3,424	3,585
Grasa marrón	3,332	3,534
Sebo	3,167	3,452
Aceite de palma	3,069	3,401

<sup>1</sup> Calculados mediante las ecuaciones de Wiseman et al. (1991) para aves y Powles et al. (1995) para cerdos.

<sup>2</sup> Estas ecuaciones calculan la energía digestible (ED). La energía metabolizable (EM) se calculó en 96 por ciento de la ED.

<sup>3</sup> Grasa de freír recuperada.

### Ingredientes de proteína animal

Las proteínas son elementos esenciales de todos los organismos biológicos, las cuales se encuentran en todos los tejidos corporales de los animales. Las proteínas se encuentran en concentraciones más altas en los órganos y tejidos musculares; varían desde los tipos muy insolubles en las plumas, pelo, lana y pezuñas, a las altamente solubles como las que se encuentran en el suero o plasma. Los alimentos derivados de los animales son fuentes importantes de proteína y otros nutrientes en las dietas del ser humano. De la misma forma, los tejidos de la producción y procesamiento animal que no se utilizan en los alimentos para consumo humano se procesan en una selección de harinas de proteínas que se usan en alimentos para animales.

La AAFCO define la composición de todos los ingredientes para alimentos que legalmente se usan, en lo que se incluye a los productos reciclados de origen animal. El Manual de Materias Primas de la AAFCO de 2006 (*2006 AAFCO Ingredient Manual*) hace referencia de 125 subproductos animales individuales, que anualmente se actualiza. Los principales subproductos de proteína animal son la harina de carne y hueso (HCH), harina de carne, harina de sangre, harina de subproductos avícolas, harina avícola, harina de plumas y la harina de pescado. Al tomar como ejemplo a la HCH, la AAFCO la define como un producto reciclado de tejidos de mamíferos, que incluye hueso pero no incluye sangre, pelo, pezuñas, cuernos, recortes de pieles, heces y el contenido del estómago y rumen. La HCH, como la define la AAFCO, debe contener un mínimo del cuatro por ciento de

fósforo con un nivel de calcio que no exceda 2.2 veces el nivel real de fósforo. Los ingredientes de contenido de fósforo más bajo deben etiquetarse como harina de carne.

#### *Harina de carne y hueso*

Además de la anterior descripción de la AAFCO, la HCH no debe contener más del 12 por ciento de residuos indigestibles a la pepsina y no más del nueve por ciento de proteína cruda debe ser indigestible a la pepsina. La pepsina es una enzima proteolítica que se secreta en el estómago donde hidroliza proteínas para dar polipéptidos y oligopéptidos. Si una proteína es indigerible a la pepsina, los animales no podrán digerirla. La HCH se puede usar en todas las especies de ganado, aves y alimento acuícola, pero solamente deben usarse materiales de fuentes no rumiantes en alimentos para rumiantes (de acuerdo con la reglamentación de la FDA).

#### *Harina de subproductos avícolas*

La harina de subproductos avícolas (HSA) consiste de partes limpias, molidas y recicladas de canales de las aves sacrificadas como los pescuezos, patas, huevos no desarrollados e intestinos, pero no de plumas, excepto en las cantidades en las que inevitablemente ocurra en las buenas prácticas de procesamiento. La etiqueta debe incluir las garantías para un mínimo de proteína cruda, un mínimo de fibra cruda, un mínimo de fósforo y un mínimo y un máximo de calcio. El nivel de calcio no debe exceder el nivel real de fósforo en más de 2.2 veces. La calidad de la HSA, que incluye a aminoácidos críticos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales, junto con su palatabilidad, ha llevado a una mayor demanda para uso en alimento para mascotas y para la acuicultura.

#### *Harina de plumas hidrolizadas*

La harina de plumas hidrolizadas (HPI) es de plumas no descompuestas y limpias, cocidas a presión, de aves sacrificadas, sin aditivos o aceleradores. No menos del 75% de este contenido de proteína cruda debe ser digerible por el método de digestibilidad de la pepsina. Los métodos de procesamiento modernos que cuecen las plumas bajo presión con vapor vivo hidroliza parcialmente la proteína y rompe las ligaduras queratinosas que dan cuenta de la estructura única de las fibras de las plumas. La harina de plumas resultante es un producto palatable de libre flujo que todas las clases de animales digieren fácilmente. Las harinas de plumas modernas exceden por mucho el nivel mínimo de digestibilidad que exige la AAFCO. En el ganado, del 64 al 70 por ciento de la proteína de la HPI escapa a la degradación en el rumen y permanece altamente digerible en el tubo intestinal. Una característica específica es que es una fuente excelente de aminoácidos azufrados, especialmente de cistina.

*Harina de sangre de secado rápido (flash)*

La harina de sangre de secado rápido (flash) se produce a partir de sangre de animales limpia y fresca, pero que excluye todo material extraño como pelo, contenido estomacal y orina, excepto en lo que inevitablemente ocurra en las buenas prácticas de procesamiento. Por lo general se elimina una gran parte de la humedad (agua) por un proceso mecánico de evaporación o mediante condensación al cocer a un estado semisólido. Luego, la masa de sangre semisólida se transfiere a una planta de secado rápido en donde se elimina con rapidez el agua más fuertemente ligada. El mínimo de actividad biológica de lisina deberá ser del 80 por ciento.

Los productos de sangre o hemoderivados son las fuentes naturales más ricas tanto de proteína como del aminoácido lisina con los que cuenta la industria de alimentos balanceados. Sin embargo, a los largo de las décadas de 1960 y 1970, se limitó su uso por considerarse a la harina de sangre como no palatable. La harina de sangre es intrínsecamente baja en el aminoácido isoleucina, además de que los procedimientos de secado en tanque que se usaban en ese entonces para procesar la sangre cruda eran lo suficientemente fuertes como para disminuir la biodisponibilidad de la lisina. Los cambios de procesamiento han mejorado considerablemente el producto. Los nuevos métodos de procesamiento (secado de anillo o rápido) producen harinas de sangre con digestibilidades de aminoácidos de 90 por ciento o mayores. La mejor disponibilidad de aminoácidos en combinación con las técnicas mejoradas de formulación, le permite al nutriólogo equilibrar más de los aminoácidos esenciales, entre ellos la isoleucina, que también suaviza las preocupaciones sobre la palatabilidad de la harina de sangre. Hoy en día, el nutriólogo está interesado en la harina de sangre, porque es alta en proteína y se considera ser una excelente fuente de lisina. Sus propiedades como proteína de alto sobrepaso del rumen han destacado en los hallazgos de investigación en ganado lechero y de engorde tanto estabulado como en praderas.

*Harina de pescado*

La harina de pescado generalmente se considera parte de la clase de ingredientes de proteína animal, aunque se describe en la sección de productos marinos de la AAFCO. La harina de pescado es el tejido limpio, molido y seco de pescado completo no descompuesto o cortes de pescado, uno o ambos, con o sin la extracción de la parte del aceite. No debe contener más de 10 por ciento de humedad. Si contiene más del tres por ciento de sal, la cantidad de sal debe formar parte de la marca, a condición de que en ningún caso exceda el siete por ciento.

El menhaden y la anchoveta son las principales especies de pescado capturado usado para la fabricación de la harina, en las que se usa cantidades menores de arenque. Con el incremento en la acuicultura dirigida a la industria de alimentos para consumo humano, se han estado utilizando más los subproductos de estas plantas de procesamiento. Por lo general, la harina de pescado es una excelente fuente de aminoácidos esenciales y de vitaminas liposolubles. La digestibilidad de sus aminoácidos es excelente, pero como con otros ingredientes, están altamente correlacionados al procesamiento. La harinas de pescado pueden usarse en todo tipo de alimentos para animales. En algunos productos, tales como

los alimentos de animales de compañía, los factores de palatabilidad y el olor y sabor a pescado son benéficos. Cuando se usa para otras especies, los sabores y olores fuertes a pescado en los huevos, leche o carne pueden llegar a representar una desventaja.

#### *Otros productos*

Existen muchos otros ingredientes especiales de proteína de origen animal como el plasma. En los últimos años, el plasma se ha convertido en un componente común de las fórmulas de los primeros alimentos de lechones y terneros. El plasma es una fuente de proteínas altamente digeribles, además de que proporciona beneficios en la respuesta inmune en animales jóvenes.

#### **Valor nutritivo de las proteínas**

Los principales ingredientes de proteína animal: la HCH, harina de carne y la HSA, son materias primas importantes para las dietas de ganado, aves, acuicultura y para animales de compañía en todo el mundo. Estos productos contribuyen con más de tres millones de toneladas de ingredientes al año a la industria de alimentos balanceados de Estados Unidos. Además de la proteína, estas harinas son también una fuente excelente de aminoácidos esenciales, grasa, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas. En el cuadro 6 se encuentra la composición de nutrientes típica de las cuatro proteínas animales más comunes.

Como puede verse, todos estos ingredientes son más altos en proteína que la harina de soya y otras proteínas vegetales. Además, la HCH es más alta en fósforo, energía, hierro y zinc que la harina de soya. El nivel de fósforo en la harina de carne y hueso (HCH) es siete veces mayor que el que se encuentra en la harina de soya, además de que se encuentra en una forma que es altamente disponible para el ganado y las aves. El fósforo en la harina de carne y hueso y en la harina de aves es similar en biodisponibilidad al fosfato cálcico de grado alimenticio animal.

**Cuadro 6. Composición de nutrientes de proteínas animales.<sup>1</sup>**

Variable	Harina de carne y hueso	Harina de sangre <sup>2</sup>	Harina de pluma	Harina de subproductos avícolas
Proteína cruda, %	50.4	88.9	81.0	60.0
Grasa, %	10.0	1.0	7.0	13.0
Calcio, %	10.3	0.4	0.3	3.0
Fósforo, %	5.1	0.3	0.5	1.7
EMV <sub>N</sub> , kcal/kg	2,666 <sup>3</sup>	3,625	3,276	3,120
<b>Aminoácidos</b>				
Metionina, %	0.7	0.6	0.6	1.0
Cistina, %	0.7	0.5	4.3	1.0
Lisina, %	2.6	7.1	2.3	3.1
Treonina, %	1.7	3.2	3.8	2.2
Isoleucina, %	1.5	1.0	3.9	2.2
Valina, %	2.4	7.3	5.9	2.9
Triptofano, %	0.3	1.3	0.6	0.4
Arginina, %	3.3	3.6	5.6	3.9
Histidina, %	1.0	3.5	0.9	1.1
Leucina, %	3.3	10.5	6.9	4.0
Fenilalanina, %	1.8	5.7	3.9	2.3
Tirosina, %	1.2	2.1	2.5	1.7
Glicina, %	6.7	4.6	6.1	6.2
Serina, %	2.2	4.3	8.5	2.7

<sup>1</sup> National Research Council, 1994.

<sup>2</sup> Secada por anillo o por secado rápido.

<sup>3</sup> Dale, 1997.

EMV<sub>N</sub> = energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno.

A menudo, los proveedores de harinas de proteína animal pueden proporcionar especificaciones más detalladas que las que se derivan de los trabajos publicados que se basan en promedios o análisis anteriores. Sigue mejorando la precisión analítica de los valores de disponibilidad química y nutricional de los ingredientes de proteína animal (Parsons et al., 1997). Sin embargo, los valores más precisos se han derivado de los estudios de alimentación animal.

Los modernos procesos de reciclaje, el equipo mejorado y los sistemas de monitoreo por computadora han resultado en mejoras significativas en la digestibilidad de las proteínas animales. Los datos recolectados de 1984 al presente demuestran el mejoramiento de la digestibilidad de los aminoácidos esenciales lisina, treonina, triptofano y metionina. Estos datos se resumen en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Ha mostrado mejoramiento la digestibilidad de la harina de carne y hueso analizada en diferentes años.**

<b>Aminoácido</b>	<b>1984<sup>a</sup></b>	<b>1989<sup>b</sup></b>	<b>1990<sup>c</sup></b>	<b>1992<sup>d</sup></b>	<b>1995<sup>e</sup></b>	<b>2001<sup>f</sup></b>
Lisina, %	65	70	78	84	94	92
Treonina, %	62	64	72	83	92	89
Triptofano, %	---	54	65	83	---	86
Metionina, %	82	---	86	85	96	92
Cistina, %	---	---	---	81	77	76

<sup>a</sup> Jorgensen et al., 1984.

<sup>b</sup> Knabe et al., 1989.

<sup>c</sup> Batterham et al., 1990.

<sup>d</sup> Firman, 1992.

<sup>e</sup> Parsons et al., 1997.

<sup>f</sup> Pearl, 2001.

La digestibilidad de la lisina en la HCH de alta calidad mejoró de 65 por ciento a más de 90 por ciento durante este período. Se han documentado también mejoras espectaculares en la digestibilidad del triptofano y la treonina. La digestibilidad de la cistina está entre 76 por ciento y el 81 por ciento, pero no hay valores notificados en estudios realizados antes de 1992. Ha habido mejoras similares en digestibilidad de aminoácidos en harina de productos avícolas, harina de plumas y especialmente en harina de sangre.

### **Competencia**

A diario, tanto las harinas de proteína como las grasas recicladas compiten con los productos de origen vegetal. En el futuro, los cambios en el uso así como nuevos desarrollos pueden cambiar la atmósfera comercial. Un ejemplo es el desarrollo de la industria del etanol de tan rápido crecimiento. Actualmente, hay 97 plantas de etanol en producción, además de que hay 33 plantas adicionales en construcción. Estas plantas tienen una capacidad anual de producción de 17 mil millones de litros (Renewable Fuels Association, agosto de 2006). Las plantas de etanol de molienda en seco representan el segmento de más rápido crecimiento en la industria del etanol en Estados Unidos, además de que produce la mayoría (el 60 por ciento) de este combustible. Los subproductos de las plantas de etanol de molienda en seco son los granos secos y húmedos de destilería, granos secos y húmedos de destilería con solubles (DDGS), pasta húmeda modificada (mezcla de granos secos y húmedos de destilería) y solubles condensados de destilería. De estos subproductos de las plantas de etanol de molienda en seco, el predominante en el mercado nacional son los granos de destilería con solubles (Shurson, 2005). Aproximadamente, el 40 por ciento de los granos de destilería con solubles se comercializan como subproducto húmedo para usarse en las granjas lecheras y en los corrales de engorda de ganado. Los DDGS se comercializan nacional e internacionalmente para alimentos para ganado lechero, de ganado de engorda, porcícolas y avícolas. En 2005 se produjeron en Estados Unidos más de 6.9 millones de toneladas de DDGS. El maíz es el principal grano que se usa tanto en las plantas de etanol de molienda en seco como de molienda húmeda, debido a su alto contenido de almidón fermentable, en comparación con otras materias primas. Shurson (2005) identificó los siguientes desafíos a los que se enfrentan los DDGS en el mercado de alimentos para animales.

- Identidad y definición del producto
- Variabilidad en el contenido de nutrientes, digestibilidad características físicas
- Falta de un sistema de calificación de la calidad y de selección de proveedores
- Falta de procedimientos estandarizados de pruebas
- Manejo y certificación de la calidad
- Transporte
- Investigación, educación y apoyo técnico
- Desafíos en los mercados internacionales
- Falta de organizaciones nacionales de subproductos de destilería y cooperación de la industria

Hay una variación considerable en el contenido de nutrientes y en su digestibilidad entre las fuentes de DDGS, en comparación con la harina de soya (Shurson, 2005). En los cuadros 8 y 9 se comparan las características nutricionales de los DDGS con la harina de carne y la harina de soya. Las investigaciones muestran que niveles más altos de DDGS en dietas porcinas aumenta la cantidad de grasa insaturada y reduce la firmeza de la grasa en cerdos, lo cual impacta la calidad de la carne y la aceptación del consumidor (Shurson, 2001). Las preocupaciones por la calidad de la carne pueden limitar la cantidad de DDGS que se puede usar en las dietas porcinas, mientras que el contenido de fibra relativamente alto de este ingrediente puede restringir su uso en dietas avícolas. Además, ya que los DDGS contienen grasas poliinsaturadas, existe la preocupación por los niveles altos en dietas para ganado que pueden resultar en la acumulación de las indeseadas grasas trans en animales para producción de carne y por la disminución de la producción de grasa láctea en vacas lecheras.

**Cuadro 8. Materia seca, energía y composición de la grasa de la harina de carne, harina de soya descascarillada y granos secos de destilería con solubles(DDGS).**

Materia prima	Materia seca, %	Energía digestible kcal/lb	Energía metabolizable kcal/lb	Energía neta kcal/lb	Grasa, %
Harina de carne <sup>a</sup>	94	1,224	1,178	987	12.0
Harina de soya <sup>a</sup>	90	1,673	1,535	917	3.0
DDGS	89	1,819	1,703	829	10.8

<sup>a</sup> NRC, 1998.

<sup>b</sup> University of Minnesota, [www.ddgs.umn.edu/profiles.htm](http://www.ddgs.umn.edu/profiles.htm)

**Cuadro 9. Composición de proteína y aminoácidos de la harina de carne, harina de soya descascarillada y granos secos de destilería con solubles (por ciento).**

Materia prima	Prot.	Lis	Treo	Trip	Met	Cis	Ile	Val
Harina de carne <sup>a</sup>	54.0	3.07	1.97	0.35	0.80	0.60	1.60	2.66
Harina de soya <sup>b</sup>	47.5	3.02	1.85	0.65	0.67	0.74	2.16	2.27
DDGS	30.9	0.91	1.14	0.24	0.64	0.60	1.17	1.57

<sup>a</sup> NRC, 1998.

<sup>b</sup> University of Minnesota, [www.ddgs.umn.edu/profiles.htm](http://www.ddgs.umn.edu/profiles.htm)

Aunque la industria del reciclaje de subproductos de origen animal es mucho más madura que la industria del etanol en Estados Unidos, y los recicladores se han enfrentado a muchas de estas mismas cuestiones, y las han resuelto, puede servir de enseñanza observar la competencia.

### Disponibilidad futura

La disponibilidad de productos reciclados de origen animal para alimentos balanceados va a depender en el futuro de la reglamentación y del mercado. En la lista de casos No. 2002N-0273 de la FDA, la regla propuesta por la entidad sobre las sustancias prohibidas para usarse en alimentos animales, la FDA anunció la intención de prohibir que se usen cerebros y médulas espinales de ganado de 30 meses de edad o mayores en todos los alimentos balanceados, incluso para animales no destinados al consumo humano. Están también proponiendo prohibir todos los animales muertos y debilitados (llaman a estos como "ganado no inspeccionado y aprobado para consumo humano") de todo alimento balanceado, a menos que se eliminen el cerebro y la médula espinal. La FDA estima que la regla va a disminuir la producción anual de HCH destinada a alimentos balanceados en unas 6,810 toneladas, que apenas representa un 0.3 por ciento del volumen total producido en Estados Unidos (Federal Register, 2005). Muchos recicladores creen que esta restricción del ganado muerto va a terminar de una vez por todas con el servicio de recolección de animales muertos (alrededor de 1 millón de toneladas de materia prima, Informa Economics, 2004). Si este fuera el caso, la regla propuesta podría disminuir la producción anual de HCH destinada a alimento balanceado en alrededor del cuatro por ciento del volumen total producido en Estados Unidos.

Los recicladores de subproductos de origen animal son innovadores y competitivos, y se van a adaptar a cambios tanto en las reglamentaciones como en el mercado. Los organismos reguladores van a determinar si se pueden usar ciertas materias primas en alimentos para animales. Las expectativas del cliente, la demanda del consumidor y las consideraciones económicas van a dictar las especificaciones y precios del producto.

### Bibliografía

- Batterham, E.S., L.M. Andersen, D.R. Baigent, S.A. Beech, and R. Elliot. 1990. Utilization of ileal digestible amino acids by pigs: lysine. *British Journal of Nutrition*. 64:679.
- Beumer, H., and A.F.B. Van der Poel. 1997. Effects on hygienic quality of feeds examined. *Feedstuffs*. 69(53): 13-15, (excerpted from: *Expander Processing of Animal Feeds—Chemical Physical and Nutritional Effects*; Wageningen Feed Processing Centre, Agricultural University, Wageningen, Netherlands).
- Dale, N. 1997. Metabolizable energy of meat and bone meal. *J. Applied Poultry Research*. 6:169-173.
- European Commission. 2003. Trends and sources of zoonotic agents in the European Union and Norway, 2003. Health & Consumer Protection Directorate-General Report on *Salmonella*. pp. 51-62.
- Federal Register. 2005. Docket No. 2002N-0273, Substances Prohibited From Use in Animal Food or Feed. 70:58570-58601.
- Firman, J.D. 1992. Amino acid digestibilities of soybean meal and meat meal in male and female turkeys of different ages. *J. Applied Poultry Research*. 1:350-354.
- Hamilton, C.R. 2004. Real and Perceived Issues Involving Animal Proteins. In *Protein Sources for the Animal Feed Industry*. Expert Consultation and Workshop. Bangkok, April 29, 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. pp. 255-276.

- Informa Economics. 2004. An Economic and Environmental Assessment of Eliminating Specified Risk Materials and Cattle Mortalities from Existing Markets. Prepared for National Renderers Association, August 2004. pp. 5-10.
- Jorgenson, H., W.C. Sauer, and P.A. Thacker. 1984. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. *J. Animal Science*. 58:926.
- Knabe, D.A., D.C. La Rue, E.J. Gregg, G.M. Martinez, and T.D. Tanksley. 1989. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. *J. Animal Science*. 67:441-458.
- McChesney, D.G., G. Kaplan, and P. Gardner. 1995. FDA survey determines *Salmonella* contamination. *Feedstuffs*. 67:20-23.
- National Renderers Association. 2003. A Buyer's Guide to Rendered Products, 15-16.
- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition*.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*, 10<sup>th</sup> ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Parsons, C.M., F. Castanon, and Y. Han. 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *J. Poultry Science*. 76:361-368.
- Pearl, G.G. 2001. Proc. Midwest Swine Nutrition Conf. Sept. 5. Indianapolis, IN.
- Powles, J., J. Wiseman, D.J.A. Cole, and S. Jagger. 1995. Prediction of the Apparent Digestible Energy Value of Fats Given to Pigs. *J. Animal Science*. 61:149-154.
- Shurson, G.C. 2001. Overview of swine nutrition research on the value and application of distiller's dried grains with solubles produced by Minnesota and South Dakota ethanol plants. Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul.
- Shurson, G.C. 2005. Issues and Opportunities Related to the Production and Marketing of Ethanol By-Products. USDA Ag Market Outlook Forum, Arlington, VA, February 23-25, 2005, pp. 1-8.
- Sreenivas, P.T. 1998. *Salmonella* – Control Strategies for the Feed Industry. *Feed Mix*. 6:5:8.
- Taylor, D.M., S.L. Woodgate, and M. J. Atkinson. 1995. Inactivation of the Bovine Spongiform Encephalopathy Agent by Rendering Procedures. *Veterinary Record*. 137:605-610.
- Troutt, H.F., D. Schaeffer, I. Kakoma, and G.G. Pearl. 2001. Prevalence of Selected Foodborne Pathogens in Final Rendered Products. Fats and Proteins Research Foundation (FPRF), Inc., Directors Digest #312.
- Wiseman, J.F., F. Salvador, and J. Craigon. 1991. Prediction of the Apparent Metabolizable Energy Content of Fats Fed to Broiler Chickens. *J. Poultry Science*. Vol. 70:1527-1533.

# HISTORIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL EN ESTADOS UNIDOS

Dr. Fred D. Bisplinghoff

## **Introducción: "¿Qué es el reciclaje de subproductos de origen animal?"**

La palabra rendering en inglés significa el reciclaje de tejidos crudos provenientes de animales destinados al consumo humano, así como de grasas y aceites residuales de cocinar de todos los tipos de restaurantes, para producir una gran variedad de productos con valor agregado. Durante el proceso de reciclaje, se aplican calor, tecnología de separación y filtrado al material para destruir la población microbiana, eliminar la humedad, extraer la grasa de la proteína y eliminar la humedad y el material proteináceo de la grasa.

En Estados Unidos, se generan al año aproximadamente 24.5 millones de toneladas (54,000 millones de lb) de tejidos animales no comestibles, lo cual representa alrededor del 37 al 49 por ciento del peso vivo de cada animal sacrificado para consumo humano. El reciclaje de subproductos de origen animal es el método más seguro y económico de inactivar microbios causantes de enfermedades, al tiempo que se recuperan miles de millones de dólares de productos comercializables.

## **El principio**

El reciclaje de subproductos de origen animal para hacer productos útiles no es algo nuevo ni reciente. El hombre de las cavernas, los antiguos jordanos, los esquimales, los indios y así sucesivamente, comían mucho más del animal que lo que nosotros, pero también eran innovadores y utilizaban lo que no se comían para mejorar su forma de vida. Las pieles les proporcionaban vestido y albergue, los huesos y dientes les daban armas y utensilios para coser, y quemaban la grasa residual para cocinar la carne. Frank Burnham, autor de *The Invisible Industry*, realizó un excelente servicio a los recicladores de subproductos de origen animal al permitirles comprender mejor la evolución de su industria en el primer capítulo del libro: *Nace una industria*. Burnham escribió también el primer capítulo de *The Original Recyclers, The Rendering Industry: A Historical Perspective*, cuyos documentos sirvieron como el principal recurso de la primera sección de este capítulo.

Como era de esperarse, se iba en pos del sebo, por lo que se convirtió en el principal producto que hacía funcionar el desarrollo del reciclaje de subproductos de origen animal. Continuó siendo la fuerza económica dominante en el reciclaje de los galos a los romanos, a través de los fundidores de la Edad Media, a los recicladores del siglo XX hasta principios de la década de 1950. En el libro *The*

*Invisible Industry*, Burnham cuenta la historia de un erudito romano, Plinius Secundus, por lo demás conocido como "Plinio el Viejo". Dio informes de un compuesto para limpiar preparado con sebo de cabra y cenizas de madera; por lo tanto este es el registro más antiguo del jabón y ergo, el primero del reciclaje de subproductos de origen animal: el derretido de la grasa animal para obtener sebo.

Durante la etapa de los romanos, se describió al jabón como el medio para limpiar al cuerpo y como medicamento. Alrededor de 800 d. de C., Jabir ibn Hayyan, químico árabe conocido como el "Padre de la Alquimia", escribió repetidamente sobre el jabón como un medio eficaz para limpiar. Parece ser que el jabón se limitó a la limpieza del pelo y el cuerpo hasta mediados del siglo XIX, cuando se convirtió en un producto para lavar la ropa sucia.

Es importante entender que, en última instancia, el jabón se convirtió en el principal producto hecho de sebo, aunque fundamentalmente era un subproducto hasta finales del siglo XIX. Se desarrollaron las velas para cubrir una gran necesidad: la luz, y ya que el sebo era el principal componente de las primeras velas, la demanda de este producto contribuyó significativamente al desarrollo del reciclaje de subproductos de origen animal. Ya fuera mediante inmersión o con moldes, el sebo exclusivamente producía velas "muy buenas". Luego, como ahora, hubo una feroz competencia para encontrar productos alternos superiores que reemplazaran un ingrediente comúnmente usado que llevó a que la cera de abejas sustituyera al sebo, luego el aceite de palma y finalmente la cera de parafina.

Burnham dio lugar a una interesante pregunta sobre la fabricación de las velas cuando describió la vela de "esperma de ballena". Es un tipo de vela producido a partir del aceite de la cabeza de cachalote. La vela o candela se convirtió en la medida estándar de la luz artificial: el término de "una candela de potencia" se basa en la luz proporcionada por una vela de "esperma de ballena" pura de un sexto de libra de peso y que quemaba 120 granos por hora.

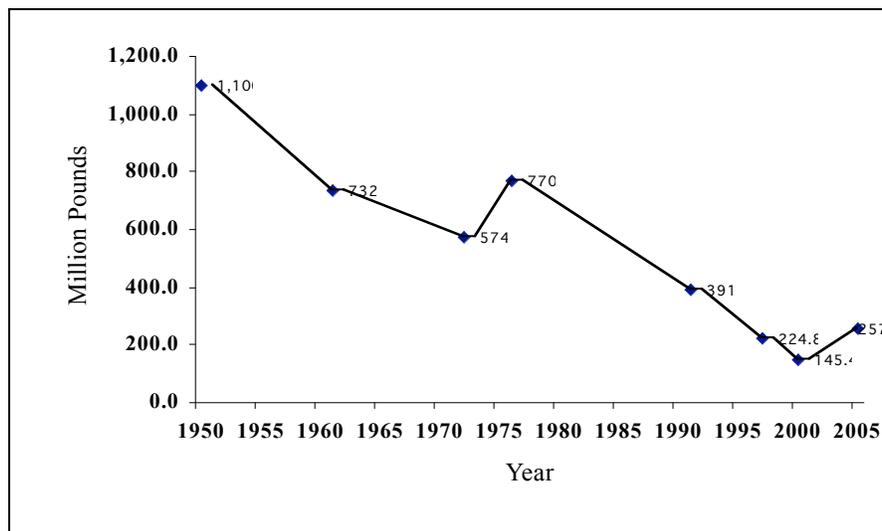
Como se mencionó anteriormente, en última instancia el jabón se convirtió en el producto principal hecho del sebo. En Marsella, Francia se produjo el mejor jabón de todos los jabones, pero, independientemente de la calidad, tenía muchos impuestos y estaba destinado sólo para los ricos. Cuando se eliminaron los impuestos, y la clase media tuvo acceso al jabón, dio cabida a una mayor demanda, lo que llevó a operaciones de reciclaje más desarrolladas.

Durante más de 100 años, la industria mundial del jabón y la del reciclaje de subproductos de origen animal crecieron conjuntamente, porque los jaboneros usaban el sebo como su principal ingrediente. Los sebos de calidad superior se dirigieron hacia los jabones de tocador, mientras que los de grados más bajos a los jabones baratos y tarde o temprano al jabón para la ropa en hojuelas. Entre 1950 y 1965, la industria del reciclaje de subproductos de origen animal sufrió un período sumamente traumático. El advenimiento de los detergentes sintéticos a mediados de la década de 1950 le asestó un fuerte golpe a reciclador de subproductos de origen animal. La verdad es que los sintéticos (basados primordialmente en el uso de fosfatos), fueron el resultado de investigaciones de la industria del jabón, enfocadas a resolver el creciente problema del uso de los polvos de jabón natural en aguas duras. Lo que motivaba esto era deshacerse de la cuajada que tendía a quedarse en el material que se lavaba y que se acumulaba en cada lavada.

En 1950, a industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal vendió medio millón de toneladas (1,100 millones de lb) de grasas a los fabricantes de jabón. Desde ese punto alto, bajó a un mínimo de aproximadamente 66.3 millones de toneladas (146 millones de lb) en 2000 antes de recuperarse a 116.7 millones de toneladas (257 millones de lb) en 2005 (figura 1). Fue un declive lineal desde la década de 1950 hasta mediados de la de 1970, cuando debido al aumento en la popularidad y a la inversión en la publicidad, el sebo registró una recuperación. Un factor de este breve impulso fue la introducción de Dial, un jabón de tocador bactericida de mucha popularidad fabricado por Armour and Co. En la actualidad, muchos jabones en pastilla están hechos a base de detergentes, mientras que el sebo comestible es la grasa predominante en los jabones de tocador de la mejor calidad.

El "descubrimiento" inicial de las proteínas animales fue secundario a las grasas animales del reciclaje de consumo humano, y la producción de jabones y velas. Por lo general, se trataban como desperdicios y se desechaban. Los indios norteamericanos, que no gustaban de desperdiciar ninguna parte del animal, colocaban sangre de venado o residuos de animales salvajes y pescado alrededor de los tallos del maíz, con lo que obtenían mayores rendimientos y mazorcas más grandes, de tal forma que se estableció así el primer uso de las proteínas como fertilizante. A finales de siglo, conforme crecían y se expandían los rastros con el crecimiento de los centros de comercio, también se expandió el reciclaje de subproductos de origen animal, para convertirse en un práctico método de eliminación no sólo de las grasas, sino también de los residuos y huesos. El uso de grasas animales continuó con la diseminación de la porción sólida de proteína en la tierra por el valor fertilizante que proporcionaba.

**Figura 1. Uso de grasas animales en la industria del jabón.**



La harina de carne y hueso fue el primer suplemento de proteína que se añadió a un alimento hecho solamente de granos para cerdos, lo cual demostró el valor de las raciones balanceadas. El uso inicial de las proteínas animales como ingrediente de alimentos balanceados se menciona en el siguiente relato histórico de *Meat for the Multitudes* de *The National Provisioner* publicado el 4 de julio de 1981.

"Uno de los desarrollos más significativos de principios del siglo XX fue el descubrimiento de que el tankage del digestor, previamente usado como material fertilizante, era de valor como constituyente de alimentos para animales. En esa época se necesitaba de un mínimo de nueve meses para producir un cerdo de peso y terminado para el mercado. Se usaba únicamente maíz para el engorde, por lo que el porcicultor podía criar sólo un grupo de cerdos al año debido al tiempo necesario para llevar al animal al peso al mercado".

En 1901, el Profesor C. S. Plumb de Purdue University, tal vez captando la indirecta de las prácticas europeas de alimentación, añadió una cantidad de material de proteína animal a la ración de maíz que se alimentaba a los cerdos en Purdue. El suplemento de proteína que se usó fue el tankage. El experimento de Plumb indujo tal aceleración del crecimiento, que sus cerdos estuvieron listos para el mercado en siete meses o menos. Más o menos al mismo tiempo, otros experimentadores mezclaron sangre deshidratada con varios granos de cereales para producir mejores raciones alimenticias. Swift & Company se precia del hecho de que los cerdos del campeonato internacional de 1903, de los cuales 52 animales promediaron 165.7 kg (365 lb.) y cuyo rendimiento de la canal fue del 84 por ciento, se alimentaron con el tankage de digestor de la compañía. El descubrimiento de esta nueva salida para los subproductos fue indicativo de los avances hechos en y para la industria, mediante un mayor uso de la ciencia y sus científicos.

### **El surgimiento de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal de EUA**

Las primeras plantas de jabón en Estados Unidos se ubicaban en Nueva Inglaterra, las cuales recibían los insumos de las fábricas de reciclaje que se relacionaban con las empacadoras de carne. La demanda de jabón creció de manera espectacular después de la Guerra Civil, al tiempo que surgieron pequeños recicladores independientes que buscaban animales caídos y que daban servicio a pequeños establecimientos de sacrificio de animales. Boston fue uno de los principales centros de empacado de carne a finales del siglo XVII, aunque alrededor de 1850 a 1875 la mayor parte del sacrificio aún se hacía en la granja. El primer registro de una planta combinada de sacrificio y empacado de carne en Estados Unidos fue en Alton, Illinois en 1832.

Mientras se organizaban más las industrias del empaçado de carne, reciclaje de subproductos y del jabón en el este de Estados Unidos, en la década de 1880 empezaban las operaciones de derretido de la grasa en el subdesarrollado oeste de Estados Unidos. Los primeros ganaderos del oeste tenían similitudes con los cazadores profesionales de búfalos. Buffalo Bill y sus colegas solamente recolectaban las pieles de búfalo, y dejaban las canales en las planicies a que se pudrieran. Los ganaderos también daban un gran valor a la piel del ganado, pero sí reciclaban las partes grasas de los animales para producir sebo que mandaban a las plantas de jabón del este de EUA. Burnham, en el libro de *The Invisible Industry*, incluyó notas de un primer comerciante del oeste de ganado, de nombre Cleveland Larkin. En 1846, Larkin intentaba llegar al valor de un ternero. Las pieles valían \$2.00 y dependiendo del tamaño del animal, se podría producir dos o tres arrobas de sebo (11.34 kg o 25 lb por arroba) a \$1.50 por arroba, dejando un total de \$5.00 por cabeza sin el valor de la carne. Al salar o secar solamente los cortes selectos, el comerciante podía vender aproximadamente 22.68 kg (50 lb) de carne seca de res a 20 centavos la libra, por lo que recibía aproximadamente \$15.00 por cabeza. La transición de sólo sacrificar animales por sus pieles al reciclaje de la grasa y al salado y secado de la carne permitió a los vaqueros emprendedores establecer negocios de operaciones de sacrificio a la medida. Estas instalaciones en el este y oeste de Estados Unidos fueron los precursores de los miles de plantas que surgieron en Estados Unidos en el siglo XX. El cargo de este servicio era de \$4.50 en 1850, y el mismo proceso sin el reciclaje solamente costaba \$15.00 en 1975. La razón de este aumento nominal fue que las modernas plantas de sacrificio recibían el valor de la piel. Las plantas pequeñas de sacrificio eran unos de los principales proveedores de recicladores independientes hasta principios de su decadencia a finales de la década de 1980. El cierre de estas plantas pequeñas de sacrificio (de 5 a 30 cabezas a la semana) y de las pequeñas empacadoras de carne (50 a 200 cabezas al día) fue un importante factor que condujo a la disminución en el número de plantas independientes de reciclaje en los últimos 20 años.

En 1865, se contruyeron los Corrales de Chicago (Chicago Stockyards), que condujeron al establecimiento de los grandes centros de empacadoras en ciudades como St. Louis, Kansas City, Omaha, etc. El advenimiento de puntos centrales de sacrificio creó una demanda de equipo de reciclaje más altamente desarrollado de mayor volumen para procesar la gran cantidad de subproductos crudos del sacrificio de ganado.

### **Avances tecnológicos en los sistemas de reciclaje**

El final del siglo trajo consigo un aumento en el número de cabezas de ganado y un aumento acorde de animales caídos en las granjas. Los productores todavía criaban y sacrificaban a sus propias aves y cerdos, pero las tiendas de comestibles en las zonas urbanas empezaron a generar un volumen limitado, pero creciente, de grasa y huesos para los recicladores. Todo esto dictó la necesidad de mejorar los sistemas de reciclaje, pero no fue sino hasta la introducción del cocedor de reciclaje en seco en Alemania en la década de 1920 que la industria empezó a producir proteínas así como grasa de calidad.

El proceso de caldera abierta, que era peligroso, dio paso a la autoclave en las empacadoras de carne centralizadas y las plantas independientes de reciclaje, pero hasta la época de la Segunda Guerra Mundial, en las granjas continuaba el reciclaje de caldera abierta. La autoclave es un recipiente metálico que se puede cargar de grasa, huesos y residuos, se sella y se le inyecta vapor a presión. La realización del proceso de derretido a una presión atmosférica más alta de lo normal no sólo aceleró el proceso, sino que le dio al reciclador un mayor control de los productos finales. También le permitió extraer incluso más de la grasa de la materia prima.

Al sistema de reciclaje que requería de la adición de agua a la materia prima (al principio descargándola en calderas abiertas o inyectándole vapor en la autoclave sellada) se le conocía como "reciclaje húmedo". Ya que, después de todo, el principal objetivo del proceso de reciclaje es el de separar la humedad residual en la materia prima de la grasa y sólidos, la introducción de humedad adicional, que a su vez se tendría que eliminar, parecía como contraproducente para la mayoría de los recicladores.

En el reciclaje húmedo, la grasa flotaba en la superficie de donde se se retiraba. La grasa producida mediante este proceso era relativamente clara de color, pero el largo contacto con el agua aumentaba el contenido de ácidos grasos libres. El agua en exceso (agua de cola) que contenía proteína soluble se descargaba al desagüe o corrientes y ríos contiguos a las primeras instalaciones de reciclaje.

La primera mención de un método de liberar la grasa del material membranoso fue en la London Encyclopedia en 1829. Apuntaba que se podría vender más grasa si se usaba una prensa manual para prensar el material de carne. La torta resultante se le llamaba en inglés greaves (en Gran Bretaña) y cracklings o crax (n Estados Unidos), o «chicharrones», la cual se encontró ser un excelente alimento para perros y patos, el primer registro de la alimentación de proteínas animales a animales monogástricos. La prensa manual de hierro posteriormente se sustituyó por una prensa hidráulica por alrededor de 1850 y para finales del siglo XIX, V.V. Anderson inventó la prensa mecánica de tornillo.

Por razones de economía, particularmente en la recuperación de proteína, el proceso de reciclaje húmedo se sustituyó por completo con el "reciclaje en seco". Muchos de los antiguos recicladores describieron el cambio del reciclaje húmedo al seco como pasar de la cocción de la materia prima en agua a la cocción de los subproductos en su "propio jugo".

En el reciclaje en seco por lotes, se añaden los subproductos animales crudos (molidos o no molidos) a una cilindro horizontal con chaqueta de vapor equipado con un agitador. Si no se muele el producto crudo, se cierran los respiraderos y se acumula la presión en el cocedor para desintegrar los huesos y otras materias primas de partículas grandes. Este paso de cocción con presión se elimina con la materia prima molida.

En el reciclaje en seco, conforme se evapora la humedad los adipocitos se abren debido a cambios en las paredes celulares del tejido. En este proceso de cocción, cuatro son los procedimientos especialmente importantes de control de calidad, como en todos los modernos sistemas continuos:

1. Molienda y carga de la materia prima
2. Control de la presión de la chaqueta de vapor
3. Operación del agitador (revoluciones por minuto o RPM)
4. Control del punto final o temperaturas de cocción/secado

El punto final en la cocción se alcanza cuando el contenido de humedad de tankage grasoso se reduce al punto en que da el mejor funcionamiento en eliminar la grasa residual (prensado) y al mismo tiempo no se cuece demasiado ni se degrada la calidad de la proteína.

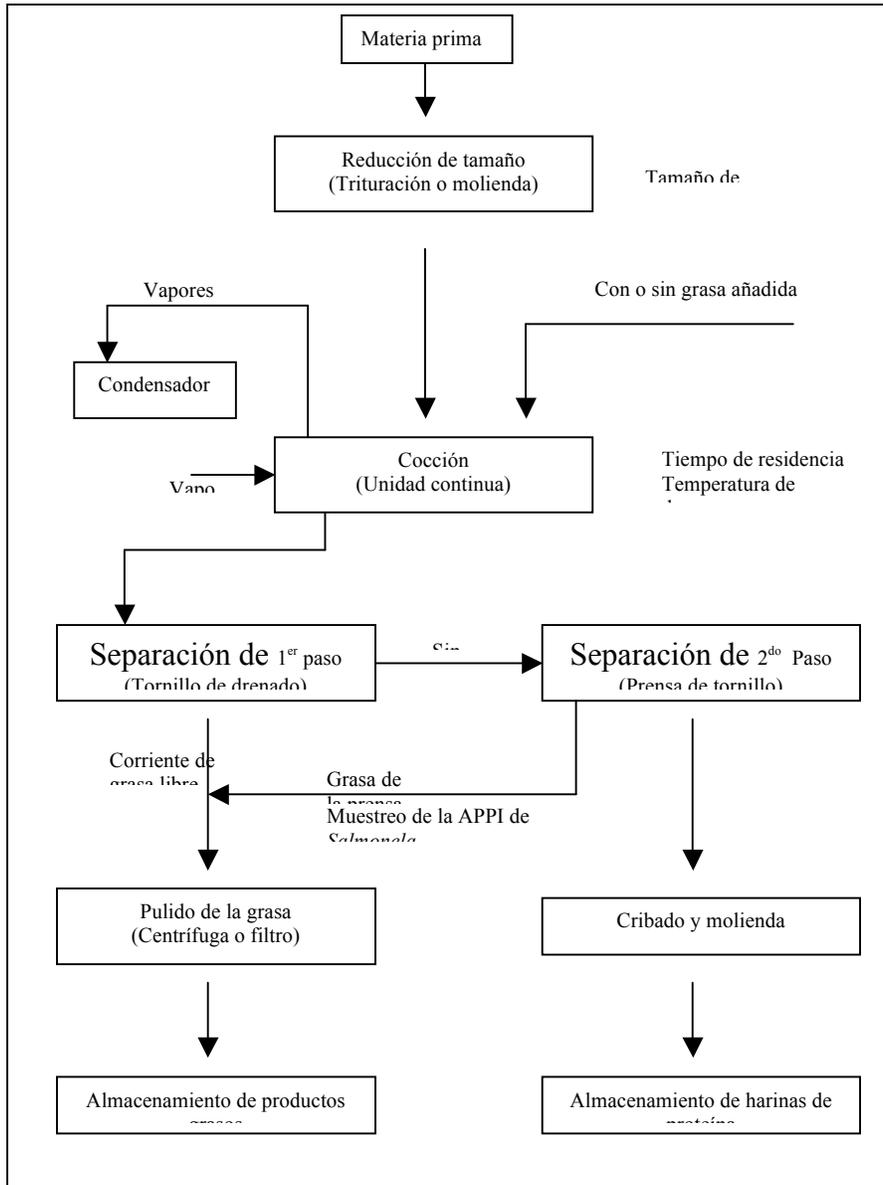
A finales de la década de 1950, George Epsy, una persona de mantenimiento de Baker Commodities en Los Ángeles, le sugirió a Frank Jerome, el entonces propietario de la compañía, que creía que se podría desarrollar un proceso "continuo" de cocción con algo de ayuda ingenieril. Contactaron a Jack Keith, de Keith Engineering y el equipo determinó que la materia prima molida se podría transportar a través de tubos largos de metal. Una vez logrado esto, nació el primer prototipo de cocedor continuo que consistía en dos precocedores (cocedores por lote en serie) y tres tubos con chaqueta de vapor como finalizadores. La conclusión del diseño se llevó varios años, pero después de muchos esfuerzos dedicados a ello, se desarrolló el cocedor de un solo recipiente, conocido como cocedor continuo. A principios de la década de 1960 se instaló el primer cocedor continuo en Denver Rendering Company. Los pasos en los procesos de reciclaje por lotes y continuo se pueden ver en el esquema del sistema de cocedor continuo (figura 2).

A lo largo de los años, los recicladores fueron añadiendo operaciones perfeccionadas de filtración y blanqueado, centrifugas pulidoras, equipo de refinación (que elimina los ácidos grasos libres) y equipo adicional de procesamiento. Otros sistemas continuos son el evaporador multipasos (Carver-Greenfield o Stord Slurry), precalentamiento continuo/prensa/evaporador (reciclaje húmedo o de baja temperatura) y el precalentamiento modificado/prensa/evaporador. El cuadro 1 muestra cálculos de varios sistemas de reciclaje utilizados en plantas en EUA.

**Cuadro 1. Desglose de los sistemas de reciclaje de EUA por tipo.**

Cocedores por lotes	41
Evaporador continuo multipasos	9
Precalentamiento/Prensa/Evaporador	4
Tubo y disco continuo	219

Figura 2. Sistema de reciclaje de cocedor continuo.



### **Madura una industria**

En 1956, la mayoría de las plantas de reciclaje se hubieran descrito como instalaciones de fabricación que necesitaban muchas mejoras. Pero en los últimos 50 años, se han hecho grandes cambios en la tecnología de las plantas, cuidado interno, calidad del producto terminado y seguridad del empleado. Antes de la Segunda Guerra Mundial, los recicladores independientes rurales dependían de animales enfermos, moribundos, lisiados y muertos (llamados animales caídos) como la principal fuente de materia prima. Se ha dicho que cada condado de Iowa tenía al menos una planta de reciclaje. Los recicladores urbanos alrededor de 1900 establecían rutas de recolección de sobras para conseguir grasa, huesos y residuos de las tiendas de comestibles y pequeños rastros. Antes de 1920, los principales empacadores de carne controlaban su propio tonelaje cautivo al igual que la mayoría del material de la calle. En 1920, una investigación de la Comisión Federal del Comercio (que resultó en un decreto de consentimiento ahora histórico y en la promulgación de la Ley de Empacadores de Carne y Corrales de 1921) pareció romper el monopolio existente y desencadenar una gran expansión en el número de recicladores que entonces hacían negocios. Se calculaba que en esa época habían 823 plantas de reciclaje en Estados Unidos. En 1927, *The National Provisioner* calculaba 913 plants, de las cuales Filadelfia y Baltimore tenían 15 cada una y Cincinnati 14. Iowa tenía la mayoría de las plantas, con 123 de ellas. La eliminación de animales caídos de las instalaciones de los productores de una manera sanitaria hizo una importantísima contribución a reducir la propagación de enfermedades animales.

Es asombrosa la contribución del reciclador de ayer y hoy a los esfuerzos generales de mantener un ambiente limpio y saludable. Hasta el advenimiento de la carne de res empacada en cajas a finales de la década de 1960 y principios de la de 1970, los recicladores independientes tenían cinco fuentes principales de materia prima: grasa y huesos de los establecimientos de comestibles al menudeo y de plantas de fabricación, animales caídos, grasa, huesos y residuos de rastros por encargo, subproductos de empacadoras pequeñas de carne y las grasas y aceites residuales de cocinar. Todas estas fuentes de materias primas mencionadas, excepto la grasa de cocinar, empezaron a disminuir en la década de 1960.

Con el surgimiento de las grandes unidades de producción de ganado con un mejor manejo y cuidados sanitarios, y con el desarrollo de otras técnicas de eliminación de animales caídos, el reciclador rural, a pesar de que había más ganadería, conseguía menos animales muertos. Más importante fue la introducción de la carne de res empacada, la separación en partes de las canales en las grandes plantas de empacadores de carne que tenían sus propias plantas de reciclaje, en cortes de primera, segunda y de consumo. La caída en el tonelaje de calidad en los supermercados tuvo un espectacular impacto, no sólo en la pérdida de tonelaje, sino en los productos crudos que producían grasas de calidad superior. Los empacadores pequeños de carne ya no podían competir con los grandes que sacrificaban 4,000 cabezas de ganado o 12,000 cerdos al día. Acorde con la disminución del empacador pequeño de carne, las amas de casa rurales de alrededor de 1980

preferían comprar la carne en el supermercado en contraposición con engordar un ternero y sacrificarlo y empacarlo en el congelador.

Durante las décadas de 1980 y 1990, experimentamos un viraje de los recicladores independientes que manejaban la mayoría de las materias primas a los grandes empacadores de carne y procesadores avícolas integrados que reciclaban aproximadamente más del 75 por ciento del tonelaje de materia prima (cuadro 2). Las únicas áreas de crecimiento que han disfrutado los recicladores independientes en los últimos 20 años han sido las grasas y aceites de cocinar y los subproductos avícolas crudos. Desafortunadamente, hay pocas compañías estratégicamente ubicadas que den servicio a la creciente industria avícola.

**Cuadro 2. Tendencias en la obtención de materias primas en EUA.**

	1970		1990		2000	
	Empacador de carne o Reciclador avícola	Reciclador independiente	Empacador de carne o Reciclador avícola	Reciclador independiente	Empacador de carne o Reciclador avícola	Reciclador independiente
<b>Ganado de engorda</b>	56%	44%	71%	29%	85%	15%
<b>Cerdo</b>	60%	40%	65%	35%	70%	30%
<b>Aves</b>	25%	75%	50%	50%	70%	30%

Fuente: Darling International, Inc.

Todos los factores antes mencionados contribuyeron a la consolidación de la industria independiente del reciclaje al tiempo que aumentaba el tonelaje total disponible de reciclaje (cuadro 3) de aproximadamente 13.6 millones de toneladas (30 mil millones de libras) en 1977 a 18.4 millones de toneladas (40,500 millones de libras) en 1995 y aproximadamente a 24.5 millones de toneladas (54,000 millones de libras) para 2006. Después de restar los supproductos usados en alimentos para mascotas, cada año los recicladores producen más de 5.08 millones de toneladas (11,200 millones de libras) de proteínas animales y 4.95 millones de toneladas (10,900 millones de libras) de grasas recicladas. El cuadro 4 muestra la disminución en el número de plantas de reciclaje de EUA desde principios de la década de 1920.

**Cuadro 3. Aumento de materias primas disponibles para el reciclaje con los años.**

	1977	1989	1995	1998	2004	2006
Miles de millones de libras	30	36	40.5	42	52	54

**Cuadro 4. Número de plantas de reciclaje en EUA que han disminuido con los años.**

	1921	1927	1975	1997	2006
Número de Plantas	823	913	724	282	273

Nota: Hubo una tendencia similar en Canadá, donde actualmente hay 29 plantas.

En la década de 1950 y a principios de la de 1960 ocurrieron varios importantes acontecimientos que permitieron que la industria del reciclaje de subproductos de origen animal resistiera las pérdidas en ventas a costa de la industria del jabón:

- Alimentos para aves, cerdos y ganado de engorda altos en energía (uso de grasas en el alimento balanceado)
- Surgimiento de la industria de los alimentos para mascotas que usa grasas y proteínas
- Mayor uso del sebo por la industria de los ácidos grasos
- Crecimiento de los establecimientos de comida rápida (lo que hace que haya grasas y aceites de cocinar residuales)

El crecimiento de la industria avícola no sólo proporcionó un excelente cliente de las proteínas y grasas, sino que creó materia prima para muchos recicladores independientes. Las investigaciones en la University of Maryland y del Dr. Oliver Wilder de la American Meat Institute Research Foundation han demostrado que las aves podrían utilizar alimentos altos en energía si los nutriólogos mantuvieran la proporción adecuada de energía a aminoácidos esenciales. Junto con el aumento en las grasas en el alimento balanceado, la industria desarrolló un método para procesar las plumas y producir un ingrediente de alto contenido de nutrientes, lo que añadió otro producto para que comercializaran los recicladores. El cuadro 5 ilustra el uso de las grasas en el alimento balanceado por especies.

**Cuadro 5. Uso estimado de las grasas en los alimentos para animales (millones de libras).**

	1987 <sup>1</sup>		1991 <sup>2</sup>	
	Tipo de alimento balanceado		Tipo de alimento balanceado	
	<b>Grasa amarilla</b>	<b>Grasa añadida</b>	<b>Grasa amarilla</b>	<b>Grasa añadida</b>
cerdos	160	250	250	300
Ganado de engorda	195	240	200	250
Ganado lechero	55	100	50	200
Pollos de engorda	310	1,025	400	1,200
Gallinas de postura	15	30	20	35
Pavos	120	350	300	500
Perros	90	365	50	400
Gatos	20	75	10	100
Otras especies (ternera)	20	40	25	50
<b>TOTAL:</b>	<b>985</b>	<b>2,475</b>	<b>1,305</b>	<b>3,035</b>

<sup>1</sup> SRI International 1987.  
Foundation.

<sup>2</sup> Fats and Proteins Research

Nota de editor: No se pueden conseguir fácilmente datos actuales de uso por especies.

Cuando los dueños de mascotas dejaron de alimentar sobras a sus animales de compañía, hubo una importante expansión de las plantas de fabricación de alimentos para mascotas. Con la introducción de alimentos extruidos para mascotas densos en nutrientes, esta industria consumió grandes cantidades de sebo, harina de carne y hueso, harina de subproductos avícolas y grasa avícola. El cuadro 6 muestra un desglose por especies de la utilización de proteína animal.

**Cuadro 6. Utilización por especies de la proteína animal.**

<b>Perros y gatos</b>	<b>Aves</b>	<b>cerdos</b>	<b>Todo el ganado</b>	<b>Varios</b>
39%	38%	15%	5%	3%

**Cuadro 7. Uso (en millones de libras) de ácidos grasos y lubricantes.**

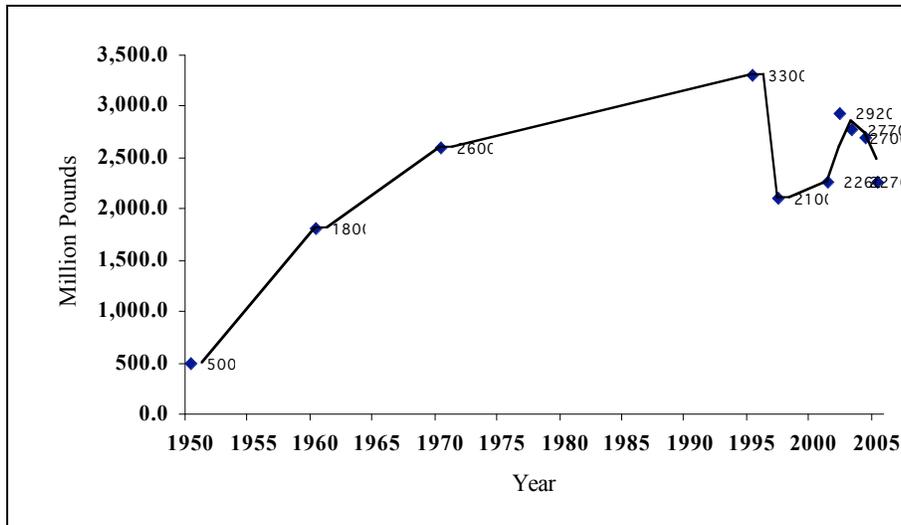
	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Ácidos grasos	2,060	2,178	2,235	2,374	2,271
Lubricantes	119	112	110	112	364

Fuente: U.S. Census Bureau Current Industrial Report M311K, 2005.

Conforme se disparaba la población en las décadas de 1960 y 1970, hubo un aumento en la demanda de productos que incluían a los ácidos grasos de las grasas animales. Desde la década de 1950, las grasas animales de precios competitivos eran una excelente fuente de ácidos grasos. Incluso, con el aumento en el precio de las grasas animales y la feroz competencia de otros lípidos, el uso de las grasas animales recicladas en la industria de los ácidos grasos y lubricantes se ha mantenido a un nivel razonable. El cuadro 7 ilustra el patrón de uso en esta industria en el transcurso de los últimos años.

Hacia 1950, la industria del reciclaje de subproductos de origen animal producía más de 1.04 millones de toneladas (2,300 millones de libras) de sebo y grasa al año. Se desarrolló un próspero mercado de exportaciones, con la ayuda del Servicio Agrícola Exterior del USDA, por lo que para 1950 la industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal había exportado 227 mil toneladas (500 millones de libras) de grasas animales. En 1960, la cifra de producción se había incrementado a más de 1.6 millones de toneladas (3,500 millones de libras) y las exportaciones a casi 817,200 (1,800 millones de libras). Para 1970, las mismas cifras estaban en 2.45 millones y 1.18 millones de toneladas (5,400 millones y 2,600 millones de libras), respectivamente. El año de 1995 fue el punto más alto de las exportaciones de grasas animales.

**Figura 3. Exportaciones de grasas no comestibles.**



Fuente: USDA Foreign Agricultural Service.

Conforme seguía en aumento la producción estadounidense de grasas animales, en los últimos años disminuyó a un ritmo constante la proporción exportada, excepto en 1995. En contraste con esta disminución, las proteínas animales han demostrado un incremento continuo en las exportaciones en los últimos 20 años (figura 3) hasta la crisis financiera asiática de 1997 y 1998. El creciente mercado de proteínas de China ha ayudado a contrarrestar la pérdida de tonelaje en el Sureste de Asia, hasta que se empezaron a preocupar por el material de rumiantes, entre lo que se incluye tejidos de ganado, ovejas y cabras en harina de carne y hueso de especies mezcladas importada para alimento balanceado para aves y cerdos. El nivel de producto de ovejas y cabras en la harina de carne y hueso estadounidense es infinitesimal, pero hay pruebas de ADN altamente desarrolladas que pueden detectar partes por mil millones.

No hay pruebas científicas que indiquen que el tejido infectado con scrapie (el scrapie es un enfermedad encefalopática esponjiforme transmisible) cause encefalopatía esponjiforme bovina (BSE), la llamada "enfermedad de las vacas locas". La BSE es sólo otra barrera comercial. Únicamente dos vacas indígenas de EUA se han diagnosticado con BSE, nacidas mucho antes de la prohibición de alimentos de rumiantes de 1997. Pero esto ha constituido un excusa de muchos clientes extranjeros para prohibir la carne de res, el sebo y la harina de carne y hueso de EUA sin justificación científica. Este desafío se va a analizar en más detalle en otros capítulos.

La capacidad de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal para encarar sus muchos desafíos se hubiera visto gravemente obstaculizada sin las excelentes asociaciones organizadas dentro de la industria. Con la ayuda de muchas

recicladores voluntarios dedicados y el calificado liderazgo profesional, la National Renderers Association, la Fats and Proteins Research Foundation y la Animal Protein Producers Industry se han convertido en organizaciones que los recicladores pueden señalar con orgullo. Estos grupos han infundido el respeto tanto de la comunidad comercial y del gobierno. La publicación de este libro ilustra la fortaleza y contribución de estas organizaciones. La madurez y prosperidad de la industria están garantizadas por la capacidad de estos grupos comerciales de representar adecuadamente a los recicladores estadounidenses tanto a nivel nacional, como en todo el mundo.

### **Bibliografía**

- Bisplinghoff, Fred. 1995. "Cooking Primer." *Render*. Vol. 24, No 5.
- Burnham, Frank. 1978. *The Invisible Industry*. National Renderers Association.
- Burnham, Frank. 1996. *The Rendering Industry: A Historical Perspective. The Original Recyclers*. National Renderers Association.
- Cleland, Robert C. 1928. *March of Industry*. Powell Publishing Co.
- Monier-Williams, Randall. 1897. *London's Worshipful Company of Tallow Chandlers*. Cheswick Press.
- Swisher, Kent. 2004. "Market Report." *Render*. Vol. 33, No 2.
- The National Provisioner*. 1981. "Meat for the Multitudes."
- The National Provisioner*. 1927. "Rendering."
- Underhill, Reuben L. 1939. *Cow Hides to Golden Fleece: a Narrative of California, 1832-1858, based upon...Correspondence of Thomas Oliver Larkin*. Stanford University Press.

**Uno de los primeros registros de la organización.**

THE MIDDLE ATLANTIC RENDERERS ASSOCIATION, INC.

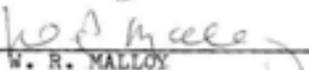
WAIVER OF NOTICE OF FIRST MEETING OF INCORPORATORS  
AND ACTIVE MEMBERS

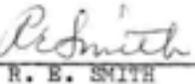
WE, THE UNDERSIGNED, incorporators and Active Members of THE MIDDLE ATLANTIC RENDERERS ASSOCIATION, INC., a not-for-profit corporation of the State of Delaware, do hereby severally waive notice of the time, place and purpose of the first meeting of incorporators and Active Members of said Association and consent that the same be held in the City of Baltimore, State of Maryland, on the 22nd day of April, 1959, at o'clock . M., and we do further consent to the transaction of any and all business that may come before the meeting, including the adoption of By-Laws and the election of Directors.

Dated: April 22, 1959  
Baltimore  
Maryland

  
R. G. SAGE

  
EDWARD F. TOLZMAN

  
W. R. MALLOY

  
R. E. SMITH

**Una de las primeras compañías de reciclaje de subproductos de origen animal en Nueva York.**



**Syracuse Rendering (Corenco), 1912.**



## **OPERACIONES DE RECICLAJE**

Douglas P. Anderson  
Vicepresidente, Reciclaje  
Smithfield Foods, Inc.

### **Resumen**

Ya sea que los subproductos reciclados de origen animal se utilicen en alimentos para rumiantes, aves, cerdos, mascotas o acuicultura, o para usos industriales de los ácidos grasos, las operaciones de reciclaje de subproductos de origen animal y la forma en que se desempeñen van a influir sobre los costos de producción, la calidad de las ventas y el éxito financiero. Este capítulo incluye la descripción de los sistemas, una breve revisión operativa de cada sistema, y sus desafíos presente y futuro. También se describen los sistemas para el manejo del proceso que cumpla con los requisitos reglamentarios así como con los sistemas estilo ISO o HACCP.

El consumo de energía, los métodos de producción, control de calidad, el control de proceso y los productos resultantes dependen principalmente de la materia prima y de las condiciones en las que entren al respectivo sistema de procesamiento. Aunque todavía es imposible hacer productos de buena calidad a partir de materias primas de mala calidad, la selección y operación de un sistema particular puede llevar al producto terminado de la más alta calidad posible a partir de una materia prima dada. Visto de otra forma, cualquier sistema mal mantenido y operado puede arruinar incluso la materia prima más fresca y de la más alta calidad. Las repercusiones ambientales analizadas en otro capítulo también se ven altamente influidas por las operaciones, parámetros el sistema y la forma en que se controla para la eficiencia del proceso.

A través de los años, se han empleado varias técnicas para alterar la calidad final de los productos reciclados de origen animal. Hay varias técnicas de blanqueo, antioxidantes, aditivos y a veces adulterantes que pueden facilitar lo métodos de detección química que se usan para clasificar los productos terminados más alto en la escala de calidad y precio de lo que de otra manera sería posible. De ahí que, la necesidad básica de entender completamente a cada materia prima, sistema de procesamiento, y método de control de calidad utilizado para maximizar la ganancia económica, al mismo tiempo que se cumplen con todos los requisitos y reglamentaciones.

### **Sistemas de reciclaje de subproductos de origen animal**

#### *Reciclaje húmedo*

El reciclaje húmedo es un sistema que deja una cantidad grande humedad en el producto, hasta que se vaya a deshidratar. Se utiliza comúnmente hoy en día en el reciclaje de las grasas comestibles y aceites, y en la producción de artículos

tales como la carne de res picada parcialmente desgrasada y la carne de res condensada. Al principio esto era una mamita abierta con fuego de madera o carbón. La grasa que subía a la parte superior se retiraba para su utilización. El reciclaje húmedo de marmita abierta era bastante común a pequeña escala. Hay más detalles sobre este proceso en el capítulo de reciclaje de productos comestibles.

### *Reciclaje en seco*

El reciclaje en seco se hace con o sin paso de presurización inicial (esterilización); es el sistema más común que se utiliza actualmente. En el segundo tercio del siglo XX, el cocedor de lotes de reciclaje en seco se convirtió en casi algo universal. Al principio, antes de que se usara el romper y triturar, las partes grandes de animales o residuos se podían presurizar en un cocedor de lotes antes del secado. Eso tuvo el mismo efecto que la olla de presión casera, que causaba que los huesos se hicieran más suaves, quebradizos y más fáciles de manipular. La tecnología de reducción del tamaño de partícula eliminó la necesidad del paso de presión para la reducción del tamaño. Sin embargo, esta sistema de presurización se volvió a usar en Europa como un factor de reducción logarítmica extra para sus programas de control de encefalopatía espongiforme bovina (BSE). Es poco probable que se vuelva a usar otra vez en Norteamérica, ya que se han empleado otros sistemas de control para la BSE. Hay más detalles sobre el proceso de reciclajes en seco en el capítulo sobre reciclaje de productos comestibles.

La presión se utiliza regularmente para el pelo y las plumas para lograr la digestibilidad de la proteína. Esto se puede hacer en procesos por lote o continuos. Hoy en día no prevalece el secado de la harina de pelo, ya que la mayor parte del pelo hidrolizado se añade de regreso al pozo de materia prima y se recicla con el resto de la ésta. Esto tiene un efecto negativo sobre el rendimiento de grasa, aunque es la manera más práctica y eficiente en energía de manejar el pelo. Las plumas necesitan el tratamiento de presión para romper los enlaces de proteína de la queratina, tan difíciles. Se pueden lograr químicamente niveles de digestibilidad de casi el 100 por ciento, aunque se puede destruir la disponibilidad de los aminoácidos. Las investigaciones realizadas en las décadas de 1970 y 1980 demostraron un nivel de 68 a 75 por ciento de digestibilidad mediante la prueba de la pepsina, que en realidad proporcionaba el máximo valor alimenticio de la harina de plumas. Se presenta más información sobre la digestibilidad de la harina de plumas en el capítulo sobre el uso de los productos reciclados de origen animal en la nutrición avícola.

### *Reciclaje de subproductos comestibles*

Las grasas y aceites comestibles están designadas como de alta temperatura y baja temperatura, como el tejido resultante. El tejido con la suficiente carne procesado a temperatura baja es carne de res o de cerdo con las definiciones parecidas a la carne. El producto de alta temperatura que no está designado como “cocido” o “listo para comer” generalmente va a acabar como harina de carne y hueso a través de otro sistema de reciclaje, o posiblemente se irá a alimento para mascotas. La carne de res condensada es un término más nuevo, que tiene ciertas

características de producción que son especializadas. Por favor, refiérase al capítulo de reciclaje de productos comestibles.

#### *Reciclaje por lotes*

Cuando un sistema funciona por lotes, se convierte en un sistema por lotes. Incluso un cocedor continuo puede funcionar por lotes. Un cocedor de lotes está diseñado para cargarse, procesarse a un porcentaje de deshidratación y después descargarse para la separación de la grasa. Un cocedor por lotes puede funcionar como un cocedor, secador, hidrolizador o procesador, aunque siga siendo el mismo equipo. Con modificaciones menores y con o sin presurización interna, un cocedor por lotes se puede usar para cada propósito. Puede tener un eje así como la cobertura con calor, lo que aumenta la superficie de calentamiento y la eficiencia de la transferencia de calor. Cuando se usa como un paso de esterilización, el eje con calor puede minimizar el tiempo que se requiere para lograr los parámetros de temperatura y presión.

#### *Reciclaje continuo*

Generalmente definido como reciclaje continuo de entrada y continuo de salida, del cual todavía hay muchos en uso, ha habido una serie de sistemas continuos que se han usado en el pasado. Uno de los primeros fue el sistema Anco Strata-Flow. Al conectar una serie de cocedores de lotes modificados en una forma especial, se convirtió en el primer sistema real continuo.

Los sistemas Carver-Greenfield empezaron a funcionar más o menos al mismo tiempo que Dupps, que junto con Keith Engineering, crearon el sistema DUKE. Hoy en día conocidos como Equacookers, son las unidades más comúnmente empleadas en Norteamérica. La facilidad de operación antes de los controles computarizados sofisticados fue un factor importante de su éxito.

Compañías tales como Atlas y Stord-Bartz trajeron consigo su conocimiento en harina de pescado a Estados Unidos a finales de la década de 1970, y fueron muy conocidos en la década de 1980. Al utilizar sus secadores/cocedores de disco únicos, evaporadores de calor de desperdicio, recompresión mecánica de vapor y al mejorar el diseño original de Carver-Greenfield, desarrollaron una gran participación en el mercado en las industrias de aves y de carne roja.

La consolidación se llevó a cabo en el suministro de equipo como con la industria del reciclaje de subproductos de origen animal como un todo. Dupps, y ahora Haarslev (que consolidó Haarslev, Svaertek, Stord Bartz y Atlas-Stord), junto con Anco-Eaglin (la moderna ANCO), son los principales proveedores de equipo en el mercado estadounidense. Otras compañías proporcionan equipo especializado, tienen servicios de reconstrucción y reparación, centrífugas y otras opciones para la industria. Con operaciones que funcionan las 24 horas, es básico tener una planta y sistema que permanezca en condiciones operativas, con pocos tiempos muertos y que se han eficientes en energía.

#### *Flujo de materiales del reciclaje continuo de subproductos de animal (figura 1)*

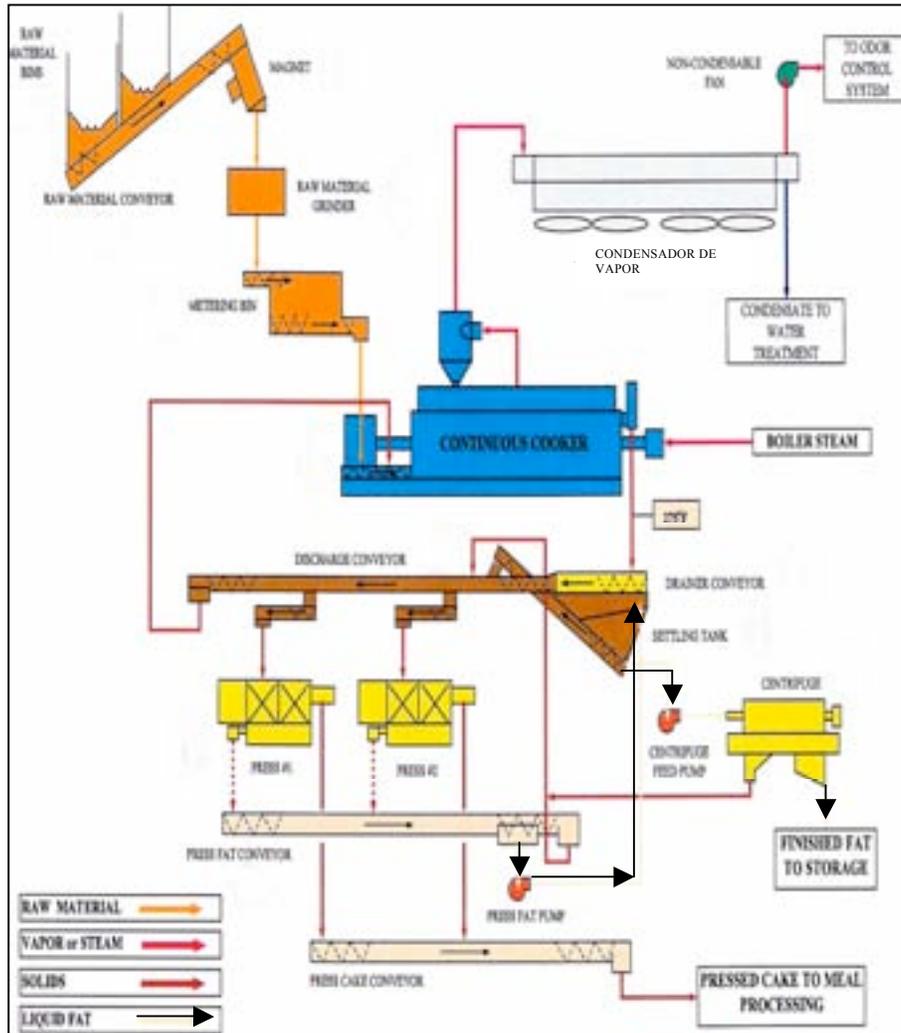
El material a reciclarse se recibe en un almacenamiento temporal en recipientes para materias prima. La materia prima se transporta de estos recipientes

mediante una banda transportadora y se descarga a lo largo de un imán para eliminar los contaminantes metálicos ferrosos. Un molino de materia prima reduce luego este material a un tamaño de partícula uniforme para su manejo y mejorar la transparencia de calor en el paso de la cocción. La materia prima molida se alimenta a una tasa controlada de una tolva medidora hacia un cocedor continuo.

El cocedor continuo es un recipiente con agitación, generalmente con calentamiento de vapor de caldera. Esto lleva a la materia prima a una temperatura entre 115° a 145° C (aproximadamente 240° y 290° F), lo que evapora la humedad y libera la grasa de la proteína y el hueso. El líquido deshidratado de grasa y sólidos se descarga del cocedor continuo a una tasa controlada.

El líquido descargado se transporta a una banda de drenado. La banda de drenado separa la grasa líquida de los sólidos, que después se transportan de ahí a una banda de descarga. En la banda de descarga, los sólidos de la banda de drenado se combinan con la descarga de sólidos del tanque de sedimentación

**Figura 1. Esquema del proceso de reciclaje en seco continuo de subproductos de origen animal.**



Adaptado de una ilustración de The Dupps Company.

Disponible a color en [www.renderers.org/Continuous\\_rendering\\_system/index.htm](http://www.renderers.org/Continuous_rendering_system/index.htm)

y de la centrifuga tipo decantador. Los sólidos de la banda de descarga van a las prensas de tornillo que reducen el contenido de grasa de los sólidos a un 10 a 12 por ciento. Los sólidos que sobrepasan las prensas de tornillo se mandan de regreso al cocedor. Los sólidos descargados de las prensas de tornillo en forma de un pastel prensado van al transportador de pastel prensado para transportarse a un

procedimiento ulterior para producir harina. La grasa que se elimina en las prensas de tornillo va a la banda transportadora de grasa de prensa, que separa las partículas grandes de la grasa líquida y la regresa a la banda de descarga. La grasa de la banda de grasa de la prensa se bombea al tanque de sedimentación. La grasa descargada de la banda de drenaje va al tanque de sedimentación. En el tanque de sedimentación las partículas más pesadas de hueso y proteína se sedimentan en el fondo, desde donde se descarga mediante una banda de transportador de tornillo a la banda de descarga. La grasa líquida del tanque de sedimentación se bombea a la centrífuga, que elimina las impurezas sólidas residuales de la grasa. Los sólidos de la centrífuga van a la banda transportadora de descarga. La grasa clarificada se transporta para procesamiento ulterior o se almacena como grasa terminada.

El vapor de agua sale del cocedor continuo a través de un sistema de tubos de vapor que por lo general incluye una trampa para separar y regresar las partículas retenidas al cocedor continuo. El sistema de tuberías de vapor transporta la corriente de vapor a un condensador. Los gases no condensables se eliminan del condensador mediante un ventilador de no condensables. Los gases olorosos generados en varios puntos del proceso se recolectan en un sistema de tuberías y se transportan junto con los gases no condensables del condensador a un sistema de control de olores para la neutralización de los componentes del olor.

#### *Evaporación del calor de desperdicio*

Mediante el empleo de un evaporador con un cocedor continuo, el sistema de calor de desperdicio ofrece ahorros de energía que van a continuar siendo muy importantes en el equilibrio global de energía que sigue cambiando. Algunos sistemas instalados a principios de la década de 1980 aún operan de manera eficiente. El calor de desperdicio también es muy importante para la industria del procesamiento de la carne para la generación de agua caliente. Los costos de los energéticos en aumento tienen un impacto negativo sobre las plantas que no utilizan este calor de desperdicio para generar su propia agua caliente.

La separación de temperatura baja, originalmente usada en la producción de harina de pescado, permitía que muchos de estos sistemas de calor de desperdicio lograrán números de consumo de energía muy bajos, especialmente en materiales con un alto contenido de agua. La calidad de la grasa del producto terminado también se mejora con cualquier sistema de temperatura baja. Sin embargo, debe tenerse cuidado de prevenir la rancidez en esta grasa. Generalmente, se logra esto al calentar una vez la grasa seca por arriba de los 121°C (250° F). También sirve para secar la grasa a un nivel de humedad más bajo.

Los evaporadores de recuperación de calor de desperdicio pueden tener una película de caída, una película de subida, o diseños de destellos forzados. Todos tienen ciertas ventajas y desventajas, por lo que es crítica la selección de las características del líquido. Es factible que se requiera el precalentamiento del líquido de alimentación para la coagulación de las proteínas solubles que se generan en el proceso de precalentamiento, y se puede añadir un paso de rompimiento del pegamento para permitir la facilidad del uso del concentrado en el secador o cocedor. Los materiales de pescado y porcinos típicamente tienen más problemas con el pegamento debido a las temperaturas a las que se liberan del material.

#### *Sistemas de líquidos continuos*

Estos serán los diversos sistemas tales como el Carver-Greenfield, que han pasado por cambios subsiguientes y mejoras de una serie de fabricantes. Ambos diseños de Dupps y Atlas-Stord, así como de otros, crearon evaporadores de líquidos que se han suministrado con éxito. Estos sistemas de alta de capacidad producen una harina con una muy buena digestibilidad, así como una calidad de grasa muy buena. Son muy eficientes en energía, pero no obtuvieron buenos resultados en la reducción logarítmica de la ineffectividad del príon de la BSE en las pruebas europeas, por el corto tiempo de residencia.

#### *Sistemas para harina de pescado*

Aunque no se utiliza en muchas plantas, este sistema predominantemente mecánico es sumamente eficiente en energía, y sin duda alguna, produce las grasas y aceites de la más alta calidad a partir de cualquier materia prima que sea posible obtener. Tiene una gran capacidad de producción y eficiencia de energía; su uso en el futuro puede aumentar en el mercado estadounidense.

La separación de temperatura baja se utiliza para calidades altas de producto en harinas y grasas terminadas. Las harinas todavía están sujetas a un largo proceso de secado, pero los rendimientos de la baja temperatura mejoran la calidad de las grasas debido al menor estrés térmico.

#### *Sistemas de combinación y retroconversión*

La innovación de la industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal no tan visible como lo es en las diversas combinaciones de los sistemas que se han creado mediante la conexión de equipo de las diversas compañías fabricantes de equipo. Las combinaciones se han aplicado para proporcionar los sistemas operativos más económicos y viables posibles para procesar cada combinación de materias primas particulares disponibles para la industria.

Muchas compañías emplean piezas de equipo de varios fabricantes y constantemente buscan el mejor sistema para procesar la corriente particular de materias primas que puedan tener. En el reciclaje moderno de subproductos de origen animal no existe “un solo sistema que sirva para todo”. Seguirá siendo en el futuro un reto la selección del "mejor" sistema para cada operación.

#### **Manejo de las BTUs**

Las unidades térmicas británicas (BTU) son la forma de medir la producción de la energía calorífica. Como cualquier ingeniero termodinámico le diría a uno, las BTUs son las BTUs, y todas cuestan dinero. Por lo tanto, la pérdida de BTUs en cualquier sistema operativo es una pérdida de ingresos para la compañía. La industria del papel siempre se le tiene como la que mejor en la caza, captura y utilización de las BTUs perdidos. La industria del reciclaje de subproductos de origen animal ha hecho un buen trabajo en el pasado, pero el éxito en el futuro definitivamente va a depender de la capacidad de cada compañía de

usar cada BTU con suma eficiencia. La energía continuará siendo una de las tres categorías de costos más altos en cualquier operación.

#### *Vapor*

Como la principal fuerza en la evaporación del agua de la materia prima, el vapor es la parte más costosa del balance de energía. El uso del vapor para la evaporación es una consideración importante en la selección de un sistema de reciclaje de subproductos de origen animal. Como los costos de energía parecen que estarán subiendo para el futuro, es esencial que se evalúe, controle y conserve el uso del vapor. Cualquier fuga debe atacarse inmediatamente.

#### *Generación de agua caliente*

La recuperación del calor de desperdicio a través de la generación de agua caliente es una ventaja energética importante para los procesadores de carne u otros que tienen la necesidad de grandes cantidades de agua caliente en el lugar. El costo del agua caliente tiene más peso que el uso de otros sistemas de recuperación, además de que dicta la recuperación de agua caliente como el mejor método de recuperación. El diseño de un lugar en cuanto a la eficiencia energética debe de incluir todas estas comparaciones.

#### *Digestión anaeróbica para la producción de metano*

Las aguas residuales del reciclaje de subproductos de origen animal y el condensado por lo regular contienen cantidades suficientes de nutrientes que necesitan recibir tratamiento. La digestión anaeróbica no sólo reduce los niveles de olor, sino que proporciona metano invaluable para el uso en el sistema de calderas. La justificación del costo de la recuperación del biogás y su uso se ha convertido en algo más sencillo conforme se inflan los precios de los energéticos. Cada año aparecerán más sistemas que se base en este principio.

#### *Disponibilidad y selección del combustible*

La disponibilidad y selección del combustible puede hacer que tenga o no éxito en la localización de la nueva planta o la retroconversión de una vieja. Es de gran ayuda analizar e intentar predecir la variabilidad en el mercado futuro de la energía. Cualquier combustible recuperado o reciclable siempre va a ser un punto de más a ganar. El manejo de riesgos en el costo de la energía siempre será considerado un reto.

#### *Combustibles de reserva o alternativos*

Como con el principal combustible para una planta, la capacidad de reserva debe siempre estar disponible en buena cantidad. Sin estas consideraciones en los combustibles de reserva, la planta no podría operar de manera continua.

#### *Calderas de residuos*

Las reglamentaciones de la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) pueden o no permitir la selección de calderas de residuos. Sin embargo, los ahorros significativos en energía pueden justificar su consideración en las evaluaciones continuas de la planta que hoy en día se necesitan.

*Disipador térmico para cogeneración*

Las plantas de subproductos de origen animal son el perfecto disipador térmico para las plantas de cogeneración, ya que tienen un alto requisito de vapor, y típicamente operan la mayor parte del tiempo en una semana. Un disipador térmico captura calor que de otra manera se desperdiciaría y por lo tanto, se utiliza para la producción.

*Oxidantes térmicos de calor de desperdicio*

Una nueva planta debe comprar esta opción, especialmente si se requiere que sea de cero descargas.

*Uso de la grasa como combustible de caldera*

Para poder manejar el suministro y la superabundancia del mercado, a menudo la grasa se puede usar directamente como combustible en las calderas en el mismo sitio en el que se recicla.

*Oportunidades cercanas*

La recolección del gas de rellenos sanitarios para la producción de vapor y cogeneración de electricidad es una manera de capitalizar las alternativas disponibles.

**Manejo de la calidad**

Mucho de este manejo tiene que llevarse a cabo en la fuente de la materia prima, porque mientras más fresca es mejor. La selección del equilibrio para la viabilidad económica siempre va a representar un reto. El costo del capital y de la ubicación geográfica va a tener el efecto más importante sobre la calidad del producto terminado. La selección del sistema de procesamiento también es algo muy crítico. El establecimiento del equilibrio para el éxito de una compañía individual crea un problema a resolver.

Otros capítulos hacen referencia a los usos y a lo apropiado de los productos reciclados de origen animal para varios propósitos. La calidad del subproducto reciclado va a determinar su capacidad para un propósito dado. La operación adecuada del sistema seleccionado es básica para lograr la calidad, así como la materia prima que se usa para la producción. Los usos en nutrición van a exigir normas de producción que garanticen la alta calidad. Algunos usos no nutricionales tienen también requisitos de calidad bastante estrictos.

Los requisitos MIU (humedad, insolubles e insaponificables) se han refinado aún más. El requisito del 0.15 por ciento de insolubles para el sebo de la OIE (Oficina Internacional de Epizootias, conocida ahora como la Organización Mundial de Salud Animal) necesita aumentar las técnicas de proceso para lograrlo. Van a seguir introduciendo nuevas tecnologías y las operaciones de reciclaje deben de adoptar continuamente nuevos desarrollos para poder mantener el uso de los productos reciclados de origen animal en tantas áreas como sea posible. La

recuperación de los costos en los que se incurren en estas modernizaciones lo hace difícil.

Aunque es cara, la refrigeración todavía representa una alternativa para manejar la frescura de la materia prima, y de ahí la calidad de los productos terminados hechos de este material. En una instalación integrada de procesamiento de carne, es mucho más fácil.

Los antioxidantes en la materia prima tienen un papel clave en mantener la calidad de los productos terminados, especialmente en la industria avícola. Cuando se añaden a la materia prima, se retrasa la oxidación, y se pueden recuperar productos de muy buena calidad para alimentos para mascotas de un volumen mucho más grande de material. Desde luego, hay un costo adicional de estos aditivos.

Los bactericidas pueden ser eficaces en conservar la materia prima de la degradación. Sin importar qué método se use, el retraso de la putrefacción resulta en productos de calidad más alta. Continúa la investigación en estas y en muchas otras áreas para proporcionar soluciones a los problemas de todos los días.

### **Materia prima**

La selección de un sistema operativo va a depender de la frescura y tipo de las materias primas con las que se cuenta. El uso hacia abajo de la corriente también va a depender de la materia prima adecuadamente procesada. Es obligatoria la operación, mantenimiento y evaluación constante del “sistema de recolección de materia prima”. Y, por muy raro que suene, esto es verdad para el reciclaje en el sitio de un procesador de carne. Las materias primas más limpias, frescas y valiosas se pueden echar a perder en el sitio, además de que se pueden degradar debido al clima, tiempo de transporte, distancia y descomposturas del equipo. La putrefacción natural empieza inmediatamente después de la muerte y no hay excepciones. Existen métodos para retardar este proceso, pero aumentan el costo y en consecuencia deben de evaluarse.

### **Influencia de la legislación**

Aunque la industria estadounidense ha tenido mucho éxito en la cooperación con las agencias legisladoras, esto no significa que haya sido fácil. Como una de las industrias más legisladas antes y después del advenimiento de la BSE, y después de observar la debacle europea, la industria ha sobrevivido continuando con el trabajo intenso con todas las agencias legislativas. Las operaciones y los costos operativos pueden verse influidos cada día por el ambiente regulatorio. El personal de las operaciones por lo tanto debe estar capacitado en las consecuencias graves que resulten del no cumplimiento.

La disponibilidad de la materia prima para el reciclaje también se puede detener mediante la legislación. La BSE ha causado una tremenda agitación en el reciclaje de subproductos de origen animal en muchas zonas del mundo. El “principio de precaución” muy probablemente va a continuar alterando la forma en que funciona la industria en el futuro.

**Figura 2. Recepción de materia prima.**



### **Evaluación del Sistema de principio a fin**

#### *Recepción de la materia prima*

Condición de la materia prima: Considere el peor de los casos.

Tipo de materia prima: Un sistema puede modificarse si hay cambios en los materiales (duro, suave, pelo, sangre, plumas, grasa de restaurantes, otros). La selección de un sistema flexible va a reducir los costos en el futuro.

Capacidad de sistema: Típicamente se hacen planes para una producción completa más la limpieza cada 24 horas. En un ambiente de una empacadora, la limpieza debe hacerse todos los días para satisfacer los requisitos de inspección general. Si el reciclaje se hace en el mismo lugar en el que se hace el sacrificio y el procesamiento de la carne, un edificio por separado puede mitigar los requisitos de limpieza diaria, pero la limpieza va a seguir siendo un requisito.

Capacidad de las tolvas de recepción de materia prima: Deben hacerse planes para permitir que la materia prima que entra se almacene con una “capacidad búfer” para las fluctuaciones en el volumen. Los requisitos van a variar mucho dependiendo del tipo de la operación, así como del tipo de materia prima. Tiene que entenderse completamente el costo del tiempo muerto en una planta de procesamiento de carne. Las decisiones sobre reparaciones, sustituciones y medios alternativos sólo se pueden hacer adecuadamente si se cuenta con buena información.

Tolvas cubiertas o descubiertas: Los últimos diseños en las tolvas cubiertas con tapa hidráulica pueden ayudar a eliminar incluso la mayor parte de los olores relacionados con la materia prima. No son obligatorios, pero ofrecen una excelente oportunidad de hacer una planta lo más sellada posible y libre de olores.

Tanques de almacenamiento del producto: La logística del almacenamiento a menudo depende de la ubicación geográfica de la planta. Los serpentines de calentamiento y el buen aislamiento son obligatorios para Minneapolis o Calgary, pero estas consideraciones son muy diferentes en Houston.

Creación y manejo de un espacio confinado: Los espacios de trabajo tales como tanques, tolvas y fosas, y su diseño obligan a reglas de uso de espacios confinados. Debido a la posible acumulación de gases peligrosos, debe tratarse el área con respeto. La Administración de Salud y Seguridad Laboral (OSHA) y otras agencias estadounidenses han emitido muchas directrices para la seguridad y salud del trabajador.

Drenaje de las tolvas: La composición de la materia prima va a dictar el nivel de drenaje que se necesita en estas tolvas. El diseño de las tolvas también va a tener un impacto sobre la capacidad de transportar cualquier sustancia acuosa. Las bombas pueden mover líquidos de manera eficiente y pueden superar algunos de los problemas de diseño de las tolvas o fosas.

Drenaje del suelo: Los sistemas Scupper (un tipo de drenaje) añadidos al diseño original del edificio van a permitir la colección más efectiva de los líquidos de la superficie del suelo para su tratamiento o reprocesamiento. Se prefiere la limpieza en seco en las áreas de las harinas, pero los líquidos deben ser capaces de llegar al foso de recolección o pozo séptico.

Aguas de lavado de camiones y del suelo: La economía de la planta es la que impulsa las decisiones para cocer esta agua llena de proteínas o enfrentarse a ella en el sistema de tratamiento de aguas residuales. El nivel de saneamiento requerido, la bioseguridad y otros asuntos de enfermedades o desastres pueden alterar la necesidad y el método. Por ejemplo, un brote de enfermedades animales puede requerir un nivel más alto de control de patógenos.

#### *Molienda de la materia prima*

Paso único: Algunos sistemas de molienda van a permitir un paso de molienda sencillo que cumple todos los requisitos de la materia prima procesada. Es importante tomar esta decisión en consideración de todos los parámetros para la planta. Puede ser extremadamente costoso el mantenimiento de los molinos de una tolerancia cerrada sin detección de metales.

Multipasos: Algunos sistemas de proceso que se emplean hoy en día requieren pasos de molienda múltiples para lograr el tamaño de partícula óptimo. Los sistemas de evaporador de líquidos son un buen ejemplo de sistemas en los que es necesario la materia prima de tamaño más pequeño.

Control del tamaño para programas parecidos a HACCP: Los molinos requieren un mejor mantenimiento para producir resultados consistentes. Cualquier sistema de control de calidad incluye el paso de la molienda como algo crítico para el resultado del proceso. El tamaño de partícula último dicta la eficiencia térmica del sistema, lo que es importante para cumplir con los requisitos reglamentarios.

Facilidad de mantenimiento: El mantenimiento siempre es un factor de decisión, ya sea para el equipo de la materia prima o del producto terminado.

Requisitos térmicos de las reglamentaciones: El tiempo y la temperatura pueden ser una parte de los requisitos de reglamentación en el futuro. Esto se puede controlar de manera precisa en los sistemas modernos de reciclaje de subproductos de origen animal.

Cocción con presión: Éste es un requisito reglamentario en otros países como medida de control de enfermedades. El pelo y las plumas van a continuar procesándose con cocción con presión para mejorar la digestibilidad y la calidad del producto.

**¡Figura 3. Molino/quebrado previo.**



*Transporte de materiales: crudos o cocidos*

Materiales fríos: Los transportadores de tornillo y las bombas se pueden utilizar de manera efectiva para transportar productos fríos. El mantenimiento y el costo de capital son parte de la decisión del proceso.

Materiales calientes: Para tal propósito los productos cocidos se pueden bombear de manera efectiva y las bombas pueden convertirse en una alternativa a las bandas transportadoras. Esta tecnología va a continuar mejorándose.

Control de *Salmonella* y de otros patógenos: La APPI ha publicado muchas directrices para el control de la *Salmonella*. El proceso de reciclaje los elimina de manera efectiva, aunque prevenir que se recontamine la harina continúa siendo un desafío.

Transportadores: La construcción es un factor crítico, de tal forma que hay muchos niveles de calidad y construcción. Esto puede ser una de las elecciones más confusas a realizarse en una planta. Debe evaluarse el carbono contra el acero inoxidable, la longevidad y los costos de mantenimiento.

Bombas: Tanto las materias primas como los productos cocidos se pueden bombear de manera efectiva. Cuando se tome una decisión, deben de considerarse el tipo, estilo, capacidad y material de construcción.

Restricciones de distancia: Los costos de transporte han reducido significativamente el área de servicio de una planta de reciclaje de subproductos de origen animal. Esto desde luego va a continuar conforme siga el alza del costo de los energéticos.

Comparaciones de costo: La economía básica tiene que estudiarse con cuidado y deben evaluarse todas las variables al predecir la estructura general del costo del proceso.

Materiales de construcción comparados con el costo: La longevidad del equipo va a hacer o deshacer el modelo financiero del negocio. Es muy importante la capacidad de una planta construida para sobrevivir al programa de depreciación. Los transportadores de tornillo de acero al carbón delgado, aunque son muy prevalentes en la construcción inicial debido al costo, no son la respuesta más económica en todos los casos. De hecho, pueden en realidad aumentar el costo de operación en los primeros cinco años. El uso de acero inoxidable y de otras aleaciones para aumentar la vida útil del equipo puede compararse económicamente con lograr la mezcla de costo más efectivo para la operación.

#### *Presurización/Esterilización*

Requerimientos para las reglamentaciones: Europa instituyó requisitos de esterilización con presión para ayudar a detener la amplificación de la BSE. Estos requisitos tuvieron la intención de añadir registros extras de reducción de la ineffectividad de los materiales contaminados. (Ya que la BSE no se pudo establecer o amplificar en Estados Unidos, estos requisitos no se han instituido al menos hasta septiembre de 2006.)

Requisitos para un uso óptimo (Pelos/plumas): Las características de la proteína queratina de las plumas y las características similares del pelo han hecho que se necesite de la hidrólisis con presión de estos productos para aumentar su digestibilidad y la disponibilidad de aminoácidos para los animales para que se puedan utilizar como ingredientes para alimentos balanceados. Cuando se someten

a presión con tiempo, los duros enlaces de proteína se rompen y el producto es prácticamente imposible de distinguir de otras harinas de proteína.

**Figura 4. Hidrolizadores cocedores de plumas.**



*Paso de cocción*

Características que dependen del sistema: Los diferentes sistemas requieren de diferentes parámetros en el paso de la cocción para lograr una buena calidad de producto terminado.

Parámetros de control de calidad: La temperatura, capacidad de condensación, contenido de grasa y otras deben usarse para controlar los parámetros de calidad del producto terminado. Algunos de éstos se deben a ventajas o desventajas inherentes del sistema que se emplea.

Comparaciones de transferencia de calor: La evaluación de la transferencia de calor debe incluir los materiales de construcción de la marmita de calentamiento, ya que hay diferencias significativas e insignificantes en los metales usados. También hay otros factores, tales como la longevidad, que también forman parte de este cálculo económico.

Comparaciones de costos operativos: Siempre que sea posible, es bueno tener puntos de partida para comparar. Las compañías con muchas plantas tienen acceso a tales datos. Las operaciones de plantas únicas deben compararse continuamente sólo contra su desempeño anterior. Lo más fácil es el uso de cálculos sencillos de ingeniería del consumo de BTU. Sin embargo, el consumo de BTU de electricidad debe de añadirse al del vapor o calentamiento de líquidos para

poder tener una comparación precisa. Sólo entonces pueden los sistemas de evaporadores compararse de manera efectiva con los sistemas de cocción con respecto a su eficiencia general. Teóricamente, no se puede lograr nada mejor a 0.76 libras de vapor para evaporar una libra de agua; cualquier cosa por arriba del 1.50 libras puede ser indicativo de una mala eficiencia. Si se puede lograr un uso de BTU de 800 BTU por libra de agua evaporada, esto es fantástico. El uso no debe de exceder los 1,500 BTU por libra de agua evaporada.

Facilidad de uso: Los sistemas de control de hoy en día son mucho más avanzados que los que había de en la época de los cocedores de lotes. Las líneas de tendencias y el control casi instantáneo han hecho que sea más fácil de obtener la producción de calidad. Sin embargo, esto no elimina el factor humano que puede introducir errores y variabilidad en el desempeño.

Evaporadores o cocedores de multipasos: Conforme aumentan los requisitos de capacidad, también debe aumentar el tamaño del sistema. Todas las consideraciones analizadas en éste y en otros capítulos se convierten en aportaciones para tomar estas decisiones.

Tiempo de residencia para los controles de calidad estilo HACCP: Los sistemas modernos permiten un fácil rastreo de los requisitos de tiempo y temperatura que se necesitan para satisfacer a cualquier autoridad reglamentaria, así como las especificaciones de calidad del producto.

Tamaño de partícula requerido por sistema consistente con el paso de la preparación: En la selección del sistema operativo, el tamaño de partícula tiene que verse desde el principio hasta el final para garantizar que todas las partes del sistema satisfagan los requisitos de tamaño.

#### *Cocción posterior al drenaje*

Mallas estáticas: Las mallas estáticas pueden ser efectivas para ciertos productos, pero proporcionan dificultades con otros. Cada método tiene su lugar adecuado en los sistemas modernos.

Tornillo de drenaje: La eficiencia de los tornillos de drenaje se debe juzgar mediante la tolerancia mecánica, el tamaño del orificio de drenaje, el manejo posterior de la grasa, ya sea que estén inclinados o no, y otros factores. La separación eficiente de las grasas y aceites del producto cocido es una medida de la rentabilidad cuando se considera el valor de la grasa contra el de la harina.

Mallas rotatorias: En los sistemas de altos volúmenes de líquidos, las mallas rotatorias han tenido éxito en la separación de la grasa y a menudo han sido alternativas menos caras a las centrífugas.

Mallas vibradoras: Su tamaño más pequeño y su alta eficiencia han probado ser efectivas en este paso de la separación. Los diseños modernos son a prueba de filtraciones y hacen que sea más fácil el control de los vapores que se emiten.

Bandejas de percolación: Todas las opciones de drenaje, además de las centrífugas, son modificaciones de las bandejas de percolación originales que se usaron al frente de los cocedores de lotes. Los medios más modernos han probado ser superiores a esta tecnología antigua.

Centrífugas: En los sistemas de altos volúmenes de líquidos, se han utilizado centrífugas para hacer la separación inicial antes de la presión con alta presión. Caro en cuanto al costo del capital, así como en el costo operativo, la discusión de los medios alternativos aún continúa.

#### *Utilización del calor de desperdicio*

Evaporación: El uso de evaporadores de calor de desperdicio en las materias primas de bajo rendimiento va a ser favorables cuando suben los costos de los energéticos. La tecnología hoy en día disponible va a continuar mejorándose y usándose en las plantas conforme aumenten los costos de los energéticos y caigan los rendimientos.

Agua caliente: El uso de vapor para generar agua caliente da una ganancia de energía fácilmente reemplazable a cualquier procesador que tenga a disposición los vapores del cocedor. Los condensadores para calentar el agua son razonables en costos, y los ahorros son sustanciales. Prácticamente todas las necesidades de agua caliente de la planta de procesamiento se pueden cubrir con el calor de desperdicio de una planta de reciclaje de subproductos de origen animal en el sitio.

Otro: El uso potencial del calor de desperdicio incluye el calentamiento del tanque, el precalentamiento de la materia prima y el calentamiento del edificio. Cada planta y lugar va a tener una matriz diferente para usarse en las comparaciones del costo de la energía y el uso para analizar la selección del equipo.

#### *Presión*

Metas de grasa residual: La presión con alta presión viene con un costo de mantenimiento relativamente alto. Por lo tanto, deben mantenerse buenos datos para comparar las miles de opciones que hay hoy en día.

Tipos de prensas: Las prensas de alta presión para el material cocido son tan variadas tanto en tamaño como del fabricante del equipo original. Hay muy buenas opciones. Las evaluaciones cuidadosas de las opciones y las prácticas pasadas necesitan formar parte del proceso de selección. El acceso al mantenimiento y la longevidad del desgaste de las piezas van a dictar la parte económica.

Análisis de costo/beneficio: Al haber sistemas de medición más refinados, hay más datos para poder hacer el análisis.

#### *Fracción de la harina*

Enfriamiento: El enfriamiento de la harina de una forma controlada para prevenir la contaminación con *Salmonella* y otros patógenos pueden mejorar tanto el rendimiento como la calidad.

Dimensionamiento: Ya que los clientes tienen diferentes requisitos en los sistemas, el dimensionamiento de la harina terminada va también a ser muy variado. Puede requerir de sistemas separados para diferentes clientes o de cambios en el mantenimiento habituales de las mallas y demás, para poder cumplir con las necesidades del cliente.

Molienda: Existe también una gran variedad de selecciones de los mejores medios para moler el producto. ¿Debe molerse el producto en frío o en caliente? ¿Es un molino de martillos, es un molino de jaula o molino de rodillos? ¿Qué es lo

que quiere el cliente? ¿Cuál es la especificación, la norma de la industria o la diferenciación?

Clasificación: Las harinas de alta calidad y bajo contenido de cenizas y de grado de alimento para mascotas se pueden lograr con la clasificación de la harina avícola. También es muy importante la selección de la materia prima. Hay una serie de diferentes formas de clasificar físicamente la harina, entre las que se incluye la clasificación de aire.

Programas parecidos a HAACP: identificación de los puntos de conflicto de patógenos: La contaminación posterior al proceso de las harinas debe atacarse para poder eliminar a los patógenos. Esto requiere que el sistema tenga un mantenimiento oportuno para eliminar cualquier “punto de conflicto” donde los patógenos se puedan multiplicar. Los programas de educación de la APPI proporcionan buenos conocimientos de esta materia y de soluciones.

Capacidad de almacenamiento: El tiempo antes de embarcar los productos terminados es importante cuando se planea la capacidad de almacenamiento. El clima, geografía, transporte, disponibilidad de servicio y desastres naturales pueden afectar tal decisión. Cualquiera que ésta sea, rápidamente va a quedar bajo prueba. Debe hacerse un balance entre el riesgo y los beneficios al considerar el costo.

Requisitos de carga (camiones, ferrocarriles o contenedores): La base de clientes de una compañía va a influir sobre la capacidad de carga. La capacidad y velocidad de transferencia son también muy importantes para darle de manera satisfactoria el servicio a los clientes.

**Figura 5. Prensa de alta presión.**



*Manejo de grasas y aceites*

Tanques de sedimentación: Dejar que se sedimenten las impurezas insolubles es todavía uno de los mejores medios para lograr grasas y aceites terminados de buena calidad. También hay diversas técnicas de lavado y aditivos para lograr los resultados deseados.

Centrífugas: Ya sean horizontales o verticales, clarificadora o pulidora, de dos o tres fases, las centrífugas son el medio más común de producir grasas y aceites terminados con un bajo resultado de MIU.

Requisitos de pureza de la OIE: El límite superior de 0.15 por ciento de MIU establecido por la OIE para grasas y aceites en el comercio está motivado por la BSE. No debe de impedirse el comercio de grasas y aceites si se cumple con esta especificación. Es probable que en el futuro no se permita evitar este requisito contractual.

Manejo de finos: Las centrífugas separan los finos que se van a acumular en los tanques con el tiempo. Su manejo inmediatamente después es la mejor solución de calidad y el método usado se convierte también en otra selección que tiene que hacer el reciclador.

**Figura 6. Molinos de martillos.**



**Figura 7. Centrifuga.**



Capacidades de almacenamiento del tanque: Al igual que con las harinas, aplican aquí los mismos criterios. Es necesario obtener un cálculo y deliberación cuidadosos para poder cumplir con las metas propuestas.

Capacidad de carga: Como con las harinas de proteína, la cantidad de tiempo permisible antes del embarque impacta la planeación de la capacidad de almacenamiento, así como el clima, las características geográficas, el transporte, la disponibilidad de servicios y los desastres naturales.

Diseño del tanque (serpentin con calor): Debe considerarse el clima en el diseño del tanque. La forma (ya sea con un fondo de cono o no) también es tan crítica como los serpentines de calentamiento, las bombas de recirculación y la configuración de tubería que se haya elegido. Son importantes los requisitos de facilidad de uso y mantenimiento.

Agitación: La exposición de las grasas o aceites a los serpentines de calentamiento en un ambiente estancado puede degradar la calidad. La agitación puede ser una solución.

#### *Control del olor*

Lavado del aire: Esta tecnología ha estado en funciones desde hace mucho tiempo y es muy efectiva. Se han cambiado los químicos, se ha modificado y se han implementado específicamente para diferentes fuentes de olores. Los requisitos reglamentarios a menudo se cumplen con los sistemas de lavado del aire.

Incineración de los olores: La incineración logra la destrucción más completa de los olores. Los oxidantes térmicos, con o sin recuperación del calor residual, son extremadamente efectivos en eliminar los olores. Los costos son sustanciales, pero se pueden justificar si hay un alto volumen de compuestos orgánicos volátiles.

Biofiltros: Los biofiltros son uno de los medios más efectivos de eliminar los olores relacionados con el reciclaje de subproductos de origen animal. Los biofiltros bien diseñados deben incluir un buen sistema de humidificación del aire. El medio utilizado en el biofiltro es también crítico para la operación efectiva de la unidad.

Calderas de incineradores de calor residuales: Esta forma de recuperación de calor se ha convertido en la norma aceptada en Europa, y la cual puede también proporcionar un medio de crear plantas con cero descargas de aguas residuales.

**Figura 8. Condensadores de aire en el techo.**



#### *Tratamiento del agua*

Hay numerosas opciones en cuanto al tratamiento de aguas residuales. Afortunadamente, existe un gran número de firmas de buena reputación que poseen un buen conocimiento de las aguas residuales que se crean en los procesos de los subproductos de origen animal.

Trabajos de tratamiento de propiedad pública (POTW): Un sistema público puede ser tanto una carga como una bendición si la planta no puede cumplir con sus requisitos de descarga. Vale la pena mencionar que cualquiera que entre en una ciudad nueva necesita evaluar físicamente el sistema municipal, sin importar las

protestas que se hagan. La corriente de aguas residuales de una planta de reciclaje de subproductos de origen animal puede probar ser más que lo que pueda manejar la municipalidad.

Descargas directas: La obtención de un permiso del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES) es uno de los asuntos más difíciles de la lista de una planta. Mantener el permiso, una vez que se haya obtenido, equivale a la supervivencia del negocio en la localidad.

Descarga cero: Con las nuevas calderas de incineradores de calor residual es posible lograr la cero descarga, pero a un costo significativo. Los sistemas de respaldo son necesarios en el caso de que haya un problema, en los que los costos operativos pueden llegar a ser prohibitivos para evaporar parte de las corrientes de agua. Sin embargo, el costo para construir y mantener un sistema de aguas residuales es significativo.

Lagunas y campos de aspersión: Bajo los nuevos planes de manejo de nutrientes exigidos por la EPA, las lagunas y los campos de aspersión van todavía a ofrecer una alternativa aceptable para el manejo de las aguas residuales en el futuro. La carga de nitratos en muchos de los primeros sistemas empleados ha sobrepasado los niveles críticos y se deben de volver a evaluar.

Planes de manejo de nutrientes: Aunque el concepto de los planes de manejo de nutrientes ha estado en la agricultura durante mucho tiempo, no se le ha dado la consideración suficiente debido a las aguas residuales de alta concentración que se generan en el reciclaje de subproductos de origen animal. Esto puede ser de mucha utilidad en el futuro.

#### *Sistemas novedosos creados para propósitos especiales*

Hidrólisis enzimática: Este puede ser un concepto nuevo, pero va a continuar evaluándose para ciertas corrientes de materias primas.

Hidrólisis química: La tecnología de hidrólisis alcalina ( $WR^2$ ) fue diseñada como un método de eliminación alterno para tejidos contaminados y animales muertos, y desde luego se ha comprobado que es muy efectivo. La justificación económica de tal tipo de sistemas sin la intervención del gobierno va a ser muy difícil.

Digestión mesofílica – termofílica: Este proceso es un nuevo concepto de dos pasos para tratar los lodos de aguas residuales municipales. Se requiere de mucho más investigación en esta área para adaptar las tecnologías a materiales que se desvían del reciclaje de subproductos de origen animal. Ya que la mayor parte de las alternativas de composta no parece proporcionar la suficiente reducción de patógenos, es esencial que este medio de eliminación reciba algo de atención. Nuestra sociedad se ve también ahora forzada a mirar hacia los posibles actos de bioterrorismo que pudieran crear grandes problemas de eliminación. Estamos a la espera de investigación con gran impaciencia.

#### *Principales proveedores de equipo*

Anco-Eaglin, Inc. – [www.ancoeaglin.com](http://www.ancoeaglin.com)

The Dupps Company – [www.dupps.com](http://www.dupps.com)

HAARSLEV – [www.haarslev.dk](http://www.haarslev.dk) o [www.atlas-stord.com](http://www.atlas-stord.com)

*Proveedores de equipo*

AC Corporation – [www.accorporation.com](http://www.accorporation.com)  
Advance Industrial Mfg., Inc. – [jimwintzer@advanceind.com](mailto:jimwintzer@advanceind.com)  
Alloy Hardfacing & Eng. – [www.alloyhardfacing.com](http://www.alloyhardfacing.com)  
Andritz Bird, Inc. – [www.andritz.com](http://www.andritz.com)  
Bliss Industries, Inc. – [www.bliss-industries.com](http://www.bliss-industries.com)  
Brown Industrial, Inc. – [www.brownindustrial.com](http://www.brownindustrial.com)  
Clapper Corporation – [www.clappercorp.com](http://www.clappercorp.com)  
Crown Iron Works Co. – [www.crowniron.com](http://www.crowniron.com)  
DGA & Associates – [dgaassociates@qwest.net](mailto:dgaassociates@qwest.net)  
Duske Engineering – [www.duskeengineering.com](http://www.duskeengineering.com)  
Forest Air, Inc. – [www.forestair.com](http://www.forestair.com)  
Frontline International, Inc. – [www.frontlineii.com](http://www.frontlineii.com)  
Gainesville Welding & Rendering Equip. – [gwrenderingequipment@alltel.net](mailto:gwrenderingequipment@alltel.net)  
Genesis III – [www.g3hammers.com](http://www.g3hammers.com)  
Gulf Coast Environmental Systems – [www.gcesystems.com](http://www.gcesystems.com)  
Industrial Filter & Pump Mfg. Company – [www.industrialfilter.com](http://www.industrialfilter.com)  
Industrial Steam – [www.industrialsteam.com](http://www.industrialsteam.com)  
KWS Manufacturing – [www.kwsmfg.com](http://www.kwsmfg.com)  
Millpoint Industries, Inc. – [millpnt@aol.com](mailto:millpnt@aol.com)  
Onkens, Inc. – [www.onkens.net](http://www.onkens.net)  
Par-Kan Company – [www.par-kan.com](http://www.par-kan.com)  
Redwood Metal Works – [www.redwoodmetalworks.com](http://www.redwoodmetalworks.com)  
Scan America Corp. – [www.scanamcorp.com](http://www.scanamcorp.com)  
SCP Control, Inc. – [info@scpcontrol.com](mailto:info@scpcontrol.com)  
Summit Trailer Sales, Inc. – [www.summittrailer.com](http://www.summittrailer.com)  
Superior Process Technologies – [www.superiorprocesstech.com](http://www.superiorprocesstech.com)  
Travis Body and Trailer, Inc. – [www.travistrailers.com](http://www.travistrailers.com)  
V-Ram Solids – [www.vram.com](http://www.vram.com)  
Weiler & Company, Inc. – [www.weilerinc.com](http://www.weilerinc.com)  
Brandt Southwest Centrifuge – [www.brandt-southwest.com](http://www.brandt-southwest.com)  
Centrifuge Chicago Corporation – [www.centrifugechicago.com](http://www.centrifugechicago.com)  
Jenkins Centrifuge Company, LLC – [www.jenkinscentrifuge.com](http://www.jenkinscentrifuge.com)  
United Centrifuges – [www.unitedcentrifuge.com](http://www.unitedcentrifuge.com)  
C.A. Picard, Inc. – [www.capicard.com](http://www.capicard.com)  
Industrial Hardfacing, Inc. – [www.industrialhardfacing.com](http://www.industrialhardfacing.com)

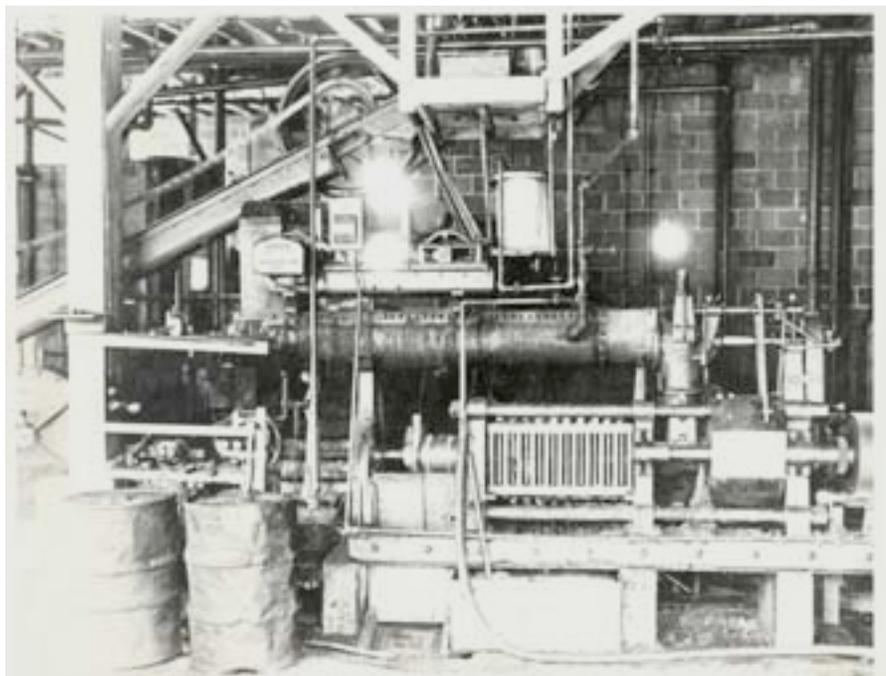
Hay muchas empresas de ingeniería que también proporcionan consultoría a la industria de subproductos de origen animal y que se especializan en ciertas partes del proceso. Cada compañía debe seleccionar la combinación que considere necesaria para proporcionar los resultados que están buscando. Muchas de las empresas que apoyan la industria del reciclaje de subproductos de origen animal son miembros asociados de la National Renderers Association y se encuentran listados en el directorio de miembros en Internet en la siguiente dirección: [www.renderers.org/Member\\_Directory/index.htm](http://www.renderers.org/Member_Directory/index.htm).

### **El negocio completo**

La operación de una planta independiente de reciclaje de subproductos de origen animal es, desde luego, un negocio completo, con problemas similares a los que se encuentran en cualquier otro negocio. El manejo, operaciones de la planta, calidad ambiental del aire y del agua, comercialización, control de calidad, contabilidad, asuntos legales y cualquier otro aspecto son los que desafían al reciclador. Las plantas cautivas tienen los mismos problemas, aunque forman parte de una gran entidad que puede centralizar muchas de estas áreas.

El reciclaje es la forma de vida del reciclador, como ha sido durante siglos desde los primeros fabricantes de jabón. Sólo después de que el reciclaje se definió en el siglo XX es que los recicladores de subproductos de origen animal se ordenaron como los “recicladores originales”.

**G.A. Wintzer & Son Co., Wapakoneta, Ohio, EUA, 1938.**



**Camión de recolección de subproductos de origen animal, cerca de 1909.**



## **EL PAPEL DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA SEGURIDAD DE ALIMENTOS PARA CONSUMO ANIMAL Y HUMANO**

Dr. Don A. Franco

Center for Bio-security, Food Safety and Public Health, Lake Worth, Florida, EUA

### **Resumen**

El papel de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal en los alimentos para consumo animal y humano implica la formulación y administración de programas avanzados bajo los auspicios de la Animal Protein Producers Industry (APPI), el brazo de bioseguridad de la industria del reciclaje. Aunque las pruebas de *Salmonella* del producto final han tenido un papel histórico en los esfuerzos de la industria de garantizar la seguridad de los ingredientes de alimentos balanceados de origen animal, la industria reconoce que los desafíos actuales y futuros de la seguridad de alimentos para animales y humanos necesitan de innovación y de nuevos modelos. La industria ha aprobado un vigoroso Código de Práctica que exige compromiso y responsabilidad a largo plazo, al tiempo que acepta que el éxito de tal programa sólo se puede lograr a través de una auditoría de certificación integral por parte de terceros. El fin primordial es la producción de ingredientes seguros para la fabricación de alimentos para el ganado, aves, acuicultura y mascotas.

### **Introducción**

Hace poco más de dos décadas, las sociedades industrializadas del mundo reconocieron la urgente necesidad de enfocarse hacia el amplio terreno de problemas vinculados con la producción de alimentos seguros. En Estados Unidos, esto se ejemplifica con dos importantes conferencias en 1984. En la Conferencia Nacional de Protección de Alimentos realizada en Washington, D.C., EUA, patrocinada por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), el orador principal encomió el “suministro de alimentos abundantes sanos, nutritivos y seguros” del país (Knauer, 1984), al tiempo que reconocía el fuerte trabajo realizado por la benevolente cadena alimenticia, su imaginación y la cooperación entre la industria de producción de alimentos, el consumidor y el gobierno.

A esta conferencia inicial le siguió tres meses después un simposio internacional sobre *Salmonella* realizado en Nueva Orleans, Luisiana, EUA en la que el principal conferencista señaló las desafiantes dimensiones del control de *Salmonella* a nivel internacional que “enfrenta al gobierno, la industria y la comunidad científica por su desafío y reproche. Es un desafío, porque pone a prueba nuestra ingenuidad al enfrentarnos con sus diversas dimensiones. En su reproche, porque a veces parece que con nuestra ciencia y tecnología somos más capaces de esforzarnos hacia cierto objetivo bien definido, como la luna, que para superar el riesgo de intoxicación alimentaria crónica” (Houston, 1984). Este

simposio fue uno de los primeros proponentes que usó a la *Salmonella* como prototipo para realzar la interrelación del alimento para animales, la producción de animales para consumo humano, el procesamiento de alimentos, la salud pública y el comercio global.

Estas dos conferencias claramente tuvieron impacto sobre las direcciones de la legislación que los organismos gubernamentales tomaron durante ese periodo, que incluyó la consiguiente consideración de análisis de riesgos y puntos de control críticos (HACCP) como un protocolo interactivo y científicamente basado que se puede usar para eliminar los riesgos de seguridad alimentaria, o al menos reducirlos a niveles aceptables. Es interesante notar, aunque no necesariamente es sorprendente, que desde 1973 HACCP era operativo como concepto en el sector privado (la Compañía Pillsbury), y después fue adoptado por la FDA como una exigencia legislativa para los alimentos acidificados, enlatados o bajos en ácido, empacados en recipientes sellados herméticamente (Corlett, 1998).

Estas dos primeras conferencias tuvieron un impacto definitivo en la dirección de Estados Unidos sobre la política de seguridad alimentaria. La amplificación siguió en 1989 en un simposio internacional de la World Association of Veterinary Food Hygienists realizada en Estocolmo, Suecia y copatrocinada por la European Association for Animal Production, la International Union of Food Science and Technology y la Organización Mundial de la Salud. El tema del simposio fue: Animales sanos, alimentos seguros y el hombre sano. Una de las principales conferencias hizo una revisión de los desafíos de las siguientes décadas e incluyó la necesidad de controlar las infecciones latentes en el ganado y las aves, incluyendo aquéllas que se transmiten fácilmente a los humanos (zoonosis) mediante programas de monitoreo. También se señaló que las iniciativas futuras deben dar prioridad a los métodos de detección a través del monitoreo del estado de salud de animales de granjas mediante el proceso de sacrificio y procesamiento, que incluya la evaluación del riesgo con el concepto de HACCP (Grossklaus, 1989).

Aunque es obvio que las conferencias y simposios no fueron los únicos factores en moldear la agenda de seguridad alimentaria en ese momento, tuvieron un papel importante en juntar en un ambiente transparente, a un amplio espectro de gente de las universidades, gobierno, investigación, de consumidores y de la industria para examinar las dimensiones cambiantes de la seguridad de alimentos para consumo animal y humano, y el establecimiento de prioridades. Se reconoció que para tener éxito, las complejidades de la producción de alimentos necesitaban de elementos de cooperación, colaboración y comunicación, y que ningún grupo lo podría hacer por sí solo. Ya que cada segmento de la cadena alimenticia tenía distintos desafíos, el trabajo al unísono fue el método más lógico y avanzado.

El propósito de este capítulo es el de revisar a la industria de subproductos de origen animal desde una perspectiva holística y el perfil de contribuciones que hace la industria en suministrar ingredientes seguros para alimentos balanceados y fuentes de energía para mejorar la salud del ganado en la producción de alimentos seguros. Claramente inherente a la producción de alimentos seguros es la aceptación y responsabilidad de lo que los ingredientes de alimentos balanceados significan para el ganado, las aves y la acuicultura, como parte de la cadena alimentaria. Los fabricantes deben cumplir con las normas de sanidad e higiene en

la producción para eliminar los riesgos que pudieran tener impacto sobre la salud de los animales y del ser humano, directa o indirectamente.

### **Programas de seguridad alimentaria de la Industria del reciclaje de subproductos de origen animal: respuesta al cambio**

El tema de la seguridad alimentaria en la década de 1980 adoptó un método holístico definitivo, al tiempo que surgieron diferentes temas en las discusiones durante ese periodo. El énfasis empezó con el análisis de la seguridad desde la granja hasta la mesa, o de la granja al tenedor, con las sugerencias que lo acompañaban de que el país necesitaba de nuevos métodos para enfrentarse a los desafíos. El consumidor y los grupos de consumidores empezaron a involucrarse de manera más activa en el movimiento de seguridad alimentaria como resultado de lo que se percibía ser un aumento en la incidencia de las enfermedades de origen alimentario. La industria del reciclaje de subproductos origen animal, estando al corriente de las dimensiones cambiantes de la seguridad y del nuevo orden que había surgido, empezó a examinar las opciones formales para garantizar la seguridad de los ingredientes producidos por la industria para la nutrición de animales de granja.

Para que un objetivo fuera futurista y proactivo, la industria fundó la APPI en 1984. La APPI se ha convertido en el brazo de la industria responsable del amplio campo de la bioseguridad con objetivos específicos y bien definidos: la administración de los programas de prueba de *Salmonella*, la coordinación y provisión de asesoría sobre residuos químicos que pudieran adulterar el producto y la necesidad de probar tecnologías, el desarrollo de directrices para garantizar la integridad del producto, tales como HACCP, y la presentación de programas de educación continua diversificados para los afiliados.

De especial desafío y una forma de burla a la determinación de la industria, poco tiempo después de que la APPI empezara a funcionar se diagnosticó la encefalopatía espongiforme bovina (BSE) en 1986 en el Reino Unido. La hipótesis epidemiológica concurrente fue que la harina de carne y hueso (HCH) de origen rumiante alimentada al ganado era la posible causa. Esta teoría de causalidad ha ganado amplia aceptación como una suposición lógica con base en los hallazgos de investigación de los epidemiólogos del gobierno.

Este incidente, hasta la fecha, tiene aún impacto en la industria del reciclaje, caracterizada por cambios regulatorios y percepciones de riesgo. Aunque Estados Unidos no ha tenido ninguna evidencia de la enfermedad con base en una vigilancia extensa y evaluaciones de riesgo, la ansiedad y preocupaciones inicialmente demostrados por el gobierno del Reino Unido, tuvieron una inferencia directa e indirecta a nivel global en todas las sociedades industrializadas debido a la probabilidad de que la enfermedad de ganado recientemente definida pudiera tener implicaciones en la salud humana. Todo esto se transformó en realidad cuando se anunció en la primavera de 1996, aproximadamente una década después del primer diagnóstico de BSE, que había fuertes pruebas de que la nueva enfermedad había infectado un "grupo" identificado de 10 personas vinculadas con el consumo de

productos de carne de res de ganado afectado. Este nuevo desarrollo, con la convicción del apoyo de la comunidad científica de que la BSE podría causar enfermedades en humanos, añadió dimensiones desconocidas a la materia que influirían los cambios regulatorios en años futuros, incluso aquéllos específicos para la industria del reciclaje de subproductos de origen animal.

Durante estos tiempos frenéticos, la industria se hizo hiperconsciente de cada aspecto concebible de la bioseguridad. La APPI decidió modificar el reglamento de la organización en diciembre de 1994 para incluir aspectos de seguridad de las grasas animales y aceites, como una extensión de la responsabilidad de vigilancia tradicional. Las circunstancias rápidamente cambiantes de la industria forzaron a la APPI a establecer un Consejo HACCP, un Comité de Asuntos Regulatorios y un Comité de Planeación Avanzada (Siglo XXI) para enfrentar los diversos problemas del futuro, al tiempo que introducían medidas innovadoras para cumplir con los nuevos desafíos.

La dioxina sigue siendo una importante preocupación en el ciclo de seguridad alimentaria, debido a su clasificación como carcinógeno. La fuente potencial de dioxina como contaminante se ejemplificó por el problema de seguridad alimentaria global en la primavera-verano de 1999, después de que el gobierno de Bélgica prohibió el sacrificio de aves y cerdos, y puso bajo cuarentena a alrededor de 1,000 granjas que compraron y alimentaron alimentos contaminados con dioxinas. Se examinaron los controles preventivos debido al potencial de ingestión inadvertida de dioxina en los animales. Aunque es rara la contaminación de dioxina, la industria de subproductos de origen animal está consciente de su responsabilidad y tradicionalmente ha hecho análisis de plaguicidas (incluso el de dioxina) en laboratorios propios o laboratorios por contrato, antes del embarque de grasas a las plantas de alimentos balanceados y fabricantes de alimentos para mascotas. La industria está igualmente consciente de que la dioxina es un subproducto natural de la combustión generada por elementos de vida y de la vida diaria: vehículos de motores, estufas de madera, incineradores de residuos médicos, la quema de basura e incluso los cigarrillos. El compuesto, por lo tanto, es sólo otro componente tóxico de origen natural que debe considerarse en el contexto, aunque reconoce las implicaciones serias para las preocupaciones regulatorias y la importancia de los efectos potenciales a la salud pública, especialmente los relacionados con la contaminación accidental o malintencionada.

La APPI ha establecido también iniciativas de capacitación durante este periodo para familiarizar a la industria con los conceptos y principios de HACCP en diferentes regiones del país. Esto expandió los esfuerzos educativos de la organización más allá de los objetivos de la prueba, prevención y control de *Salmonella* de ese momento. La APPI publicó directrices básicas de HACCP en 1994 para ayudar a las compañías a considerar la implementación de HACCP o de programas parecidos a éste, antes de cualquier requisito gubernamental formal. La APPI consideró un compromiso voluntario de la industria para la seguridad del producto como una necesidad lógica, ya que el gobierno promovía los atributos de HACCP pero no establecía un cronograma para ver si HACCP sería el programa aceptable para garantizar la seguridad de los productos. Al momento de escribir

este capítulo, el CVM de la FDA todavía sigue evaluando opciones para un Sistema de Seguridad de Alimentos Balanceados obligatorio.

Aunque estas innovaciones educativas fueron positivas y tuvieron mucho apoyo y motivación de la membresía, el liderazgo de la APPI consideró en 1998 como obligatorio mantener el paso y formar un instituto encargado del desarrollo y la vigilancia de un programa de capacitación. La fundación del Instituto de Educación Continua fue para enfocarse activamente a los desafíos actuales a la industria del reciclaje de subproductos de origen animal relacionados con la seguridad del producto, así como la prevención y control de los riesgos con un programa integral. Un profesorado diversificado reunió a gente de las universidades, la industria, legislación y de experiencia en investigación para las presentaciones. El foro proporciona un ambiente interactivo para los participantes y oportunidades de discusión de los temas. Este programa ambicioso estableció el terreno para familiarizar a la industria del reciclaje con los conceptos de la bioseguridad para enfrentarse a las necesidades actuales y futuras de la industria. Como resultado de estas ofertas educativas introductorias, muchas compañías miembro establecieron programas HACCP, o parecidos a éste, dentro de sus operaciones que los beneficiarían más adelante en el futuro.

### **Evaluaciones de Investigación de la seguridad de ingredientes de proteína animal**

#### *Salmonella*

Ha habido una cantidad sustancial de datos que indican que las harinas de proteínas recicladas son libres de *Salmonella*, y otros géneros de bacterias, hongos y virus, al salir del cocedor. Esto se puede mantener si el producto se maneja para prevenir la recontaminación y el potencial de crecimiento microbiano después del procesamiento. El aspecto más pertinente de la recontaminación es el control de la humedad. De manera ideal, las harinas contienen niveles de humedad de 4 por ciento al 7 por ciento, por lo que la actividad acuosa de la proteína animal sería demasiado baja como para sustentar el crecimiento microbiano. Para que organismos como la *Salmonella* y otros patógenos crezcan, el contenido de humedad de la harina debe estar alrededor del 40 por ciento. De tal manera que, incluso si el material contaminado (*Salmonella*) se introduce accidentalmente en el producto cocido, la proliferación no se realizará a menos que esté húmeda la harina (Meat Research Corporation, 1997).

Durante el periodo entre 1978 y 1989, investigadores de la Universidad de Minnesota informaron de hallazgos de diez de las *Salmonellas* más frecuentemente asiladas en la HCH: *S. montevideo*, *S. cerro*, *S. senftenberg*, *S. johannesburg*, *S. arkansas*, *S. infantis*, *S. anatum*, *S. ohio*, *S. oranienburg* y *S. livingstone* (Franco, 1999). Se compararon con los cuatro principales serotipos aislados de ganado, que representan el 64.3 por ciento del total de aislados durante julio de 1992 y junio de 1993, y ninguno fue compatible. Se hizo una comparación similar de aislados de HCH de los cuatro serotipos principales de cerdo durante el mismo periodo, que representaban el 82.9 por ciento del total de aislados clínicos porcinos, y de la misma forma no hubo compatibilidad con los aislados de HCH. Se hizo lo mismo

con aislados clínicos de pollos del mismo periodo (julio de 1992 a junio de 1993), que representaban el 54.9 por ciento del total de aislados, y tampoco hubo compatibilidad con los aislados de HCH de Minnesota (Franco, 1999).

Una evaluación de los aislados encontrados durante la iniciativa de investigación de 11 años en Minnesota se comparó con los hallazgos en Japón y el Reino Unido durante el mismo tiempo aproximado, de los cuales los únicos dos serotipos aislados de HCH en los tres países fueron *S. livingstone* y *S. senftenberg*. Esto se convierte en una consideración importante el continuo debate sobre las comparaciones de serotipos. La pregunta es la siguiente: ¿contribuye la HCH en los alimentos balanceados, a niveles de inclusión que varían del tres por ciento al cinco por ciento, a la salmonelosis clínica en ganado y aves? Los datos existentes no apoyan la extrapolación de que la *Salmonella* en la HCH es la causa de la salmonelosis en animales para consumo humano. En realidad, los principales serotipos aislados de la HCH en todo el mundo parecen ser relativamente inocuos y no contribuyen a la salmonelosis clínica en animales, ni son importantes en las enfermedades de origen alimentario en humanos.

El trabajo integral de investigación de Davies y Funk (1999) en epidemiología de la *Salmonella* y su control indica que aunque los alimentos para animales de origen animal tienden a recibir el mayor escrutinio, con frecuencia lo que se pasa por alto es el grado de contaminación que tienen los ingredientes de proteínas vegetales. Aunque los serotipos de *Salmonella* identificados exceden los 2,300, solamente unos pocos están vinculados con las manifestaciones clínicas en animales y en el humano, a pesar de la aceptación de que todos los ingredientes para alimentos balanceados se pueden contaminar con *Salmonella*. Además, los organismos de *Salmonella* no son altamente resistentes a ninguno de los agentes físicos o químicos, ya que se eliminan a los 55° C en una hora o a 60° C en 15 a 20 minutos (Franco, 1999).

En estudios de pruebas de campo, Troutt y colegas (2001) demostraron que las muestras de materias primas que entraban al reciclaje en 17 plantas de siete estados del medio oeste de Estados Unidos estaban altamente contaminadas con especies de *Salmonella*, *Listeria monocitogenes*, *Campylobacter jejuni* y *Clostridium perfringens*, los cuales son patógenos de origen alimentario de gran potencial. En otra prueba, se muestrearon materiales de proteína procesados en un expeller de nueve plantas de reciclaje en seis estados del medio oeste durante los meses de invierno y verano. Los investigadores no pudieron aislar ninguno de los patógenos del mismo grupo que fueron contaminantes fuente en la materia prima, lo que muestra que el proceso de reciclaje de tiempo y temperatura inactiva fácilmente esta amplia gama de posibles patógenos de origen alimentario de relevancia para la salud pública.

En una evaluación del papel del alimento balanceado contaminado en la transmisión de *Salmonella* en cerdos, Davies (2004) planteó que “el alimento balanceado sólo es una de muchas de las posibles fuentes de introducción de *Salmonella* a las granjas, y el riesgo de infección de fuentes no alimenticias parece exceder por mucho el riesgo presentado por el alimento balanceado contaminado en las modernas granjas porcinas de Estados Unidos”. Estos hallazgos se han corroborado con otros investigadores, tanto nacionales como de todo el mundo. En

grandes estudios longitudinales con el uso de dos sistemas de producción modernos de sitios múltiples, Harris y colegas (1997) demostraron el papel insignificante del alimento balanceado en la transmisión de la *Salmonella* a cerdos. De acuerdo con el trabajo hecho por Cooke (2002) y Lo Fong Wong (2001), las pruebas de alimentos balanceados comerciales en siete países europeos, por lo general indican un bajo nivel de contaminación de *Salmonella* (menos del uno por ciento), y que los serovares de mayor preocupación para la transmisión de la enfermedad en humanos (*S. typhimurium* y *S. enteritidis*) son muy raros en los aislados de alimento balanceado.

Hay una publicación (Franco, 2005a) que describió un estudio de investigación de la APPI para determinar la pertinencia de los números de población de *Salmonella* y la identidad de serovares en 197 muestras de harinas de proteína animal que dieron positivo en un periodo de 12 meses. Los números más probables de *Salmonella* por gramo (MPN/g) estuvieron de menos del 0.03 a 1,100, con un promedio de MPN/g de 16.3 y una mediana de 0.09. Los 10 aislados de serovares más comunes en orden de aparición fueron: *S. senftenberg*, *S. livingstone*, *S. mbandaka*, *Salmonella Grupos C2*, *S. havana*, *S. lexington*, *S. agona*, *S. arkansas*, *S. infantis* y *S. johannesburg*. Estos 10 principales serovares representaron el 48 por ciento de los serovares aislados. Cuatro serovares relacionados con enfermedades de origen alimentario: *S. typhimurium*, *S. enteritidis*, *S. infantis* y *S. agona*, representaron sólo el 7.5 por ciento de la *Salmonella* aislada.

En general, los aislados de harinas de proteína de origen animal recicladas históricamente no han estado vinculadas con la causa común de síndromes clínicos en animales y el hombre. Una evaluación de los 10 serovares aislados con más frecuencia en este estudio afirma esta inferencia. Tanto en animales como en el ser humano, los tres aislados clínicamente significativos serotípicos fueron: *S. enteritidis* (0.5 por ciento), *S. typhimurium* (0.5 por ciento) y *S. infantis* (1.0 por ciento) del total de muestras serotípicas (Franco, 2005a).

#### *Virus*

Los virus son organismos infecciosos submicroscópicos que son incapaces de la existencia independiente pero que pueden crecer y reproducirse al entrar a una célula del huésped (planta o animal) para causar una alteración del metabolismo o la muerte celular conforme se van multiplicando. Ya que los virus son transmisores importantes de enfermedades, fue prudente para la industria del reciclaje evaluar la inactivación viral, aunque la suposición lógica era de que el tiempo y la temperatura del proceso de reciclaje inactivarían a todos los virus que normalmente se relacionan con enfermedades en animales domésticos.

Ya que en Estados Unidos se sacrifican aproximadamente 100 millones de cerdos al año, la Fats and Proteins Research Foundation (FPRF) pensó que los determinantes de la estabilidad de una importante enfermedad viral de cerdos: el virus de la pseudorrabia (PRV) o enfermedad de Aujeszky, se podrían usar como un prototipo ideal y se podría evaluar la probable presencia en productos de reciclaje intermediarios y en productos terminados en la fabricación de HCH.

La investigación se terminó en una serie de seis experimentos en Iowa State University para determinar si el PRV podría sobrevivir los rigurosos pasos del

procesamiento del reciclaje. Los experimentos variaron desde el peor de los casos de cerdos altamente infectados con PRV que se reciclaban, hasta una fase final de vigilancia de producto terminado de HCH para determinar la presencia de PRV. Los hallazgos mostraron que hubo muy poca o ninguna posibilidad de que sobreviviera el PRV a los rigurosos pasos de procesamiento en la producción de HCH (Pirtle, 1999).

Con el uso del PRV como modelo de enfermedad para otros patógenos virales potenciales de interés para la industria pecuaria y el proceso de reciclaje, los hallazgos de investigación corroboraron lo que comúnmente se ha dado por sentado pero nunca investigado: que el tiempo y la temperatura del proceso de reciclaje inactivan los virus fácilmente y que es poco probable que exista una carga viral en las harinas de proteínas recicladas para transmitir enfermedades al ganado o aves.

#### *Priones*

El diagnóstico de la BSE se confirmó en el Reino Unido en 1986. Se indicó que la HCH producida de ovejas infectadas con scrapie fue la fuente del origen de la enfermedad recientemente descrita. Ya que las ovejas son reservorios conocidos del agente infeccioso, el prión, parecía razonable dar por sentado que la BSE estuvo causada por la infección de scrapie de ganado a través de alimento contaminado (Kimberlin, 1990).

Se realizaron investigaciones de científicos del Servicio de Investigación Agrícola del USDA en Ames, Iowa, EUA para probar la hipótesis de que la infectividad del scrapie no sobrevive al proceso de reciclado y que no se transmite oralmente al ganado a través del uso de HCH y sebo como ingredientes de alimentos balanceados. Se alimentaron terneros neonatos con cerebros crudos o HCH y sebo reciclados de ovejas infectadas con scrapie y consiguientemente se observaron durante un periodo que variaba de uno a ocho años para evaluar signos, lesiones o depósitos de proteína de prión que se parecieran al scrapie o la BSE (Cutlip et al., 2001).

Se alimentaron a 24 terneros experimentales con HCH a seis por ciento de la ración durante 12 meses, desde los 3 meses de edad, y sebo al tres por ciento de la ración durante 20 meses, a partir de los 4 meses de edad. Se sacrificaron humanamente a 12 terneros un año después del inicio del estudio, cinco debido a que tenían problemas de patas y digestivos de cinco a siete años en el estudio, y otros siete se sacrificaron al final de los ocho años. Durante el régimen de alimentación, se verificaron dos veces al día los signos clínicos de la enfermedad en el ganado. La necropsia de todos los terneros se realizó mediante la recolección de muestras de cerebro y de médula espinal, las cuales se colocaron en una solución al 10 por ciento de formaldehído durante al menos tres semanas antes de la tinción y detección de los priones mediante el método de inmunohistoquímica (Cutlip et al., 1994, Miller et al., 1993).

Los terneros experimentales alimentados con la cantidad máxima de HCH y sebo que normalmente consumirían los terneros de su edad, no mostraron ningún signo clínico durante el periodo de prueba, ni hubo lesiones presentes que fueran compatibles con la encefalopatía espongiiforme transmisible (TSE). Además, las

secciones de médula espinal y cerebro que se examinaron no revelaron la presencia de proteína del príon (Cutlip et al., 2001).

Debe ser de interés general para todos los interesados en la investigación de TSE que los representantes (Pearl de la FPRF y Franco de la NRA/APPI) de la industria estadounidense del reciclaje se vieron con funcionarios gubernamentales en el Reino Unido con la intención de obtener tejido infectado de BSE, incluso mediante la compra, y traer los tejidos de regreso a Estados Unidos para hacer pruebas que pudieran proporcionar respuestas a algunos de los asuntos más complejos vinculados con la BSE. Como representantes de la industria, nos sentíamos muy dependientes de los hallazgos de investigación del extranjero y queríamos hacer algo de investigación en Estados Unidos, especialmente en estudios de la inactivación del príon y de su transmisión. Este objetivo nunca se realizó, porque el gobierno de Estados Unidos tenía “muchísima precaución”, incluso cuando todos los tejidos se les darían a ellos y se someterían a cualquiera de los controles que consideraran necesarios.

Es una pena que los funcionarios gubernamentales parecían estar renuentes a tener profesionales de la industria involucrados en una actividad que los incomoda, a pesar de la continua retórica de cuánto se necesitan uno del otro y de que debemos de colaborar y cooperar con la preocupación mutua de la protección de la salud animal y humana. Es hora de que se estudie esta barrera, con la esperanza de establecer un sistema en el que la industria, el gobierno, el consumidor y otros sectores interesados puedan realmente trabajar juntos sin los viejos prejuicios. La complejidad de las enfermedades de priones proporcionaría una oportunidad de logros en conjunto. Si continúa esta protección de territorio, vamos a perder todos, porque el control de la enfermedad, la seguridad alimentaria y la salud pública nos concierne a todos.

La industria del reciclaje ha sido especialmente interactiva en el proceso de recolección, envío y manejo de las muestras de animales en su mayoría de alto riesgo (que incluye a los “débiles” y a los animales muertos en granjas) para ayudar al programa de vigilancia y prueba de BSE del gobierno. Esta forma de respuesta fue la que hizo que el Servicio de Inspección de Salud Animal y Vegetal (APHIS) cumpliera los objetivos de prueba de los cohortes de alto riesgo y de que proporcionara un ejemplo perfecto de la necesidad de comunicar y colaborar en las iniciativas de control de enfermedades. En algunos sectores del país, el programa no hubiera logrado sus objetivos sin el apoyo de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal.

### **Iniciativas actuales y futuras de la industria**

Aunque el programa actual central de la APPI sigue siendo la prueba de *Salmonella*, los asuntos de bioseguridad y la capacitación, la organización estaba convencida de que para mantenerse al frente de todo el paradigma de seguridad de alimentos para consumo animal y humano, tenía que ser innovadora y progresista.

Los programas tenían la necesidad de una nueva visión para adaptarse a las discusiones en todas las sociedades industrializadas sobre la seguridad de los productos alimenticios. En 2000, esto impulsó a la APPI a explorar la factibilidad de un Código de Práctica para que la industria del reciclaje de subproductos de origen animal de Estados Unidos “promoviera la seguridad de las proteínas animales y grasas recicladas para alimentos balanceados que se usan a través del establecimiento de los programas recomendados de la industria y un proceso de acreditación”. Un grupo dedicado estudió con sumo cuidado esta propuesta, que trabajó de manera diligente a través de los años considerando las opciones, modificando el “Código” y asesorándose con diversas fuentes con interés en la materia. La iniciativa se aprobó formalmente por la mesa directiva de la organización en octubre de 2004 (APPI, 2004).

El quid del Código de Práctica era el de instituir un sistema de controles de proceso para eliminar riesgos, conceptualmente similar al principio HACCP, que se vincularía a requisitos de acreditación con los siguientes objetivos:

- Promover la seguridad de los productos reciclados
- Legitimizar el Código de Práctica
- Proporcionar credibilidad a las industrias
- Promover la consistencia y conformidad con las prácticas aceptadas de la industria
- Preservar los mercados existentes y facilitar el desarrollo de nuevos mercados
- Proporcionar seguridad a los organismos regulatorios

Esto es un compromiso dedicado de la industria del reciclaje para cumplir con las normas establecidas de buenas prácticas de fabricación y para garantizar la seguridad del producto a través de procesos de certificación de terceros. Esto envía el claro mensaje de que la industria de reciclaje de subproductos de origen animal continúa siendo un líder activo en el método holístico de la seguridad alimentaria.

El proceso de auditoría y certificación del Código de Práctica está administrado por un tercero, el Facility Certification Institute (FCI) de Arlington, Virginia, EUA, el cual es un sistema integral de requisitos de inspección realizados por profesionales con experiencia y conocimiento en el campo de auditorías de inspección. El sistema utiliza una matriz detallada de procedimientos operativos para evaluar en el sitio, el cual cubre todas las características salientes esperadas de una auditoría rigurosa para garantizar que se estén siguiendo los lineamientos de seguridad de alimentos balanceados y que los productos finales fabricados sean seguros y libres de riesgos que pudieran tener un impacto sobre la salud animal o humana.

Debe ser de interés hacer notar que esta relación de la industria del reciclaje y el FCI es cara y ejemplifica el compromiso de la industria con las iniciativas de seguridad de alimentos para consumo animal y humano. Esto es especialmente cierto para las instalaciones multiplanta y grandes compañías. Pero, la industria ha utilizado desde antes auditores independientes de terceros para evaluar el cumplimiento de la reglamentación de alimentos de la BSE de la FDA a pesar del costo extra. Las plantas se encontraron predominantemente en

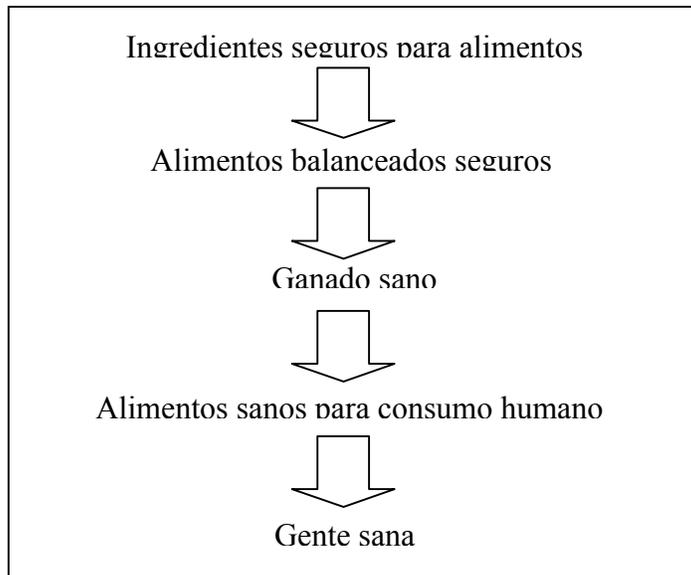
cumplimiento de la regla en el programa de auditorías, así como por las inspecciones de la FDA y los inspectores estatales.

### **Discusión**

Las proteínas animales y las grasas recicladas son un componente importante de los alimentos balanceados y son una parte integral de la cadena de fabricación de alimentos balanceados con un importante papel en todo el ciclo de producción de alimentos para consumo animal y humano. Las proteínas animales sirven como fuentes concentradas de proteína y aminoácidos, además de que han sido la norma en los alimentos balanceados durante más de 100 años en las sociedades agrícolamente avanzadas del mundo. Las grasas y aceites históricamente han sido unas potentes fuentes de energía y también se han usado durante muchos años para aumentar la densidad calórica de los alimentos. Estos productos que han estado sujetos a evaluaciones de seguridad durante décadas, incluyen el escrutinio regulatorio a través de auditorías de inspecciones, pero sigue siendo imperativo que la industria de continúe siendo proactiva y transparente en responder a los desafíos actuales del uso de estos sus productos. Es oportuno el alto perfil público de la industria del reciclaje en esta nueva era de seguridad alimentaria, al proporcionar garantías de la seguridad del producto al tiempo que trata los conceptos erróneos prevalecientes sobre la industria.

La “ecuación” que mejor trata la cadena segura de alimentos desde el punto de vista de la industria del reciclaje es la de los ingredientes para alimentos balanceados seguros: alimento seguro, ganado sano, alimentos para consumo humano seguros, gente sana (figura 1). Esto fue el quid del tema principal de la World Association of Veterinary Food Hygienists en su simposio internacional en 1989, cuya aplicabilidad todavía guarda mucha relación y es adecuada para el movimiento holístico de seguridad alimentaria que se ha desarrollado en las últimas dos décadas. Lo que corresponde es que se va a usar para definir el papel de la industria del reciclaje en producir ingredientes seguros para los alimentos balanceados que lleve a los objetivos últimos de alimentos seguros y gente sana.

**Figura 1. Una perspectiva holística.**



La presencia de diferentes serovares de *Salmonella* en alimento balanceado ha sido durante décadas un elemento continuo del debate de la seguridad de alimentos para animales y para humanos. ¿Qué es lo que significa y qué relevancia tiene para la salud animal y humana? Es importante porque, en un intento por controlar, la *Salmonella* se ha usado como un organismo indicador para determinar la contaminación o adulteración en alimentos para consumo animal o humano de la mayoría de las sociedades industrializadas. Pero, aunque se han presentado informes de los aislados de *Salmonella* en ingredientes para alimentos balanceados y alimentos terminados, los impactos sobre la salud animal y humana son sólo inferencias anecdóticas. El programa de reducción de *Salmonella* de la APPI incluye un programa muy riguroso de pruebas de *Salmonella* en las harinas de proteínas animales. Ésta ha sido una iniciativa continua durante más de 20 años, que demuestra un programa progresista a largo plazo que utilizó HACCP o conceptos similares que mejoran la seguridad de los ingredientes y del alimento balanceado. No obstante, este es un reconocimiento de que los productos agrícolas crudos se pueden contaminar con microbios que incluyen a la *Salmonella*, pero que los procesos como la extrusión, el acondicionamiento con presión, el tratamiento de alta temperatura, tiempo corto y la peletización que emplea la fabricación de alimentos balanceados, sirven como controles adicionales para garantizar la seguridad del alimento balanceado (Sreenivas, 1998).

Aunque se reconoce que la *Salmonella* es un grupo ingenioso y desafiante de microorganismos capaces de ser parásitos en una amplia gama de huéspedes, y que los serovares poseen gamas distintas de huéspedes, patrones únicos de virulencia y patrones de distribución geográfica que complican tanto la epidemiología como el control, el registro histórico todavía apoya la seguridad de

los ingredientes para alimentos balanceados y los alimentos balanceados (Franco, 1999). Los problemas relacionados con el transporte asintomático del organismo por el ganado y las aves y los vínculos a la contaminación ambiental de la granja de roedores y otros vectores, magnifican los desafíos de todo el complejo de *Salmonella* más allá de las dimensiones del alimento balanceado. Esto sirve como un recordatorio de que aunque hay una excelente historia de seguridad de alimentos balanceados en Estados Unidos, debemos todavía combinar nuestros recursos para reivindicar iniciativas factibles para contrarrestar los diferentes problemas de contaminación. Las pruebas del producto final por parte de la industria de reciclaje sencillamente es un complemento de otros controles recomendados por la APPI en su búsqueda por garantizar ingredientes de origen animal que sean seguros y no representen un riesgo para la salud animal o humana.

Las pruebas de investigación muestran que los virus normalmente vinculados a la transmisión de enfermedades en animales se inactivan fácilmente por el tiempo la temperatura de proceso de reciclaje. No obstante, la industria del reciclaje tiene el desafío de operar en brotes de enfermedades causadas por virus, normalmente relacionados con altas mortalidades y a menudo de notificación obligatoria por ley (por ejemplo, la influenza aviar altamente patógena o la fiebre actosa). El método ideal es que los organismos gubernamentales a niveles federal, estatal o provincial, instituyan programas de colaboración para garantizar que la industria pueda tener un papel significativo para deshacerse de las canales en cumplimiento con las políticas gubernamentales que garanticen una eliminación segura. En el pasado, la industria ha tenido un papel ejemplar al trabajar con los funcionarios de control de enfermedades del USDA para ayudar en el programa de erradicación de pseudorrabia en cerdos. El esfuerzo conjunto fue un éxito y podría ser aplicable a otros programas de control de enfermedades, si se planea y coordina adecuadamente. Ya que la eliminación de canales es un régimen importante en el control de enfermedades, el gobierno en la industria de reciclaje deben establecer y mantener una relación laboral para lograr este objetivo.

Desde el inicio, la industria del reciclaje en Estados Unidos fue responsable y proactiva conforme la BSE presentaba implicaciones de riesgo para Estados Unidos y Canadá. Por ejemplo, un representante (el Dr. Fred Bisplinghoff) de la industria de reciclaje en 1989, en una reunión conjunta con funcionarios gubernamentales y miembros invitados del sector agrícola, hizo un compromiso público para detener el reciclaje de todo el material de ovejas adultas para eliminarlas de la cadena alimenticia de rumiantes. Igualmente importante, durante años esto se convirtió en política de la industria, aunque voluntaria, mucho antes de que se tomara decisión regulatoria alguna de ese requisito. Desde luego, la industria del reciclaje, totalmente consciente de lo que sucedía, de las consecuencias y la incertidumbre de lo que estaba sucediendo en el Reino Unido, y sin saber cómo reaccionaría el gobierno de Estados Unidos (y Canadá), decidió sabiamente que el compromiso y la cooperación en un ambiente bajo coacción tenía claras ventajas. Con suma franqueza, y como una fuente de comodidad interna de la industria, fue que el cese del reciclaje de ovejas maduras constituyó en general un factor económico mínimo. Pero, estaba involucrada más que la economía; la industria del reciclaje estaba genuinamente preocupada debido a la incertidumbre de la

recientemente definida y compleja enfermedad. La industria honestamente sintió que eran lógicas las tentativas de ayudar, con base en la teoría existente de que la HCH de origen ovino podría haber causado la BSE. Dada la efectividad de la regla de alimentos balanceados de 1997 y que la industria ovina había implementado un programa de erradicación de scrapie, la NRA discontinuó la política contra el reciclaje de material ovino adulto en 2004.

El liderazgo de la industria del reciclaje en Estados Unidos tenía conocimiento de lo que se estaba llevando a cabo nacional y globalmente en relación a la prevalencia de la BSE en el Reino Unido y la consiguiente diseminación de la enfermedad a Europa y a otras partes, a través de ganado o HCH contaminada importados de este país. Modestia aparte, muchos en la industria se informaron bien de la naturaleza de la enfermedad y se convencieron con todo derecho de que la epidemiología que surgía, aunque limitada a la hipótesis, estaba definida lo suficiente como para preocupar. La posibilidad de la transmisión de enfermedades se afirmó por la cadena causal propuesta por la Organización Mundial de la Salud Animal (OIE): el consumo de HCH de ganado, la importación por parte de países de ganado y HCH que estuvieran infectadas o contaminadas con el agente infeccioso de la BSE y las prácticas de alimentación animal (Franco, 2005b). La industria fácilmente reconoció que la enfermedad estaba relacionada con un proceso infeccioso, y a menos que Estados Unidos y Canadá estuvieran sujetos a factores vinculados con la exposición, el riesgo de generar la enfermedad era mínimo. Esta suposición se validó por numerosas evaluaciones internas de riesgo realizadas por el personal de epidemiólogos de APHIS, que informaron desde 1993 en publicaciones del organismo.

Después del informe de 1996 de un "grupo" de casos inusuales del recientemente identificado síndrome en humanos vinculados con la BSE en el Reino Unido, y definido como la variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (v-CJD), cambiaron rápidamente las dimensiones de la enfermedad. Además, la epidemiología de apoyo del vínculo influenció al gobierno del Reino Unido a instituir cambios, con lo que como resultado surgieron nuevos desafíos. Este advenimiento tuvo implicaciones serias para toda la red de la seguridad alimentaria y realzó las reacciones histéricas de algunos sectores de los medios y del gobierno, por lo que las industrias involucradas empezaron a estudiar las inferencias inmediatas y a largo plazo.

La industria del reciclaje, completamente consciente de que Estados Unidos era una región de mínimo riesgo, no obstante empezó a analizar una serie de opciones lógicas. Hubo reuniones de coaliciones agropecuarias, con la intención de todas las organizaciones de poner en relieve sus sesgos, a pesar de la aceptación reconocida de que el riesgo de la BSE no representaba un problema en esa coyuntura, evaluado desde perspectivas variadas y diversas. Pero, las preocupaciones en ese momento fueron más intensas que la información que evolucionaba, las cuales incluían al comercio mundial y otras implicaciones políticas. En este ambiente, ya cambiado, la histeria de la política y los medios también tuvieron un papel importante.

Sería imposible detallar las circunstancias del momento, pero adquirió dimensiones frenéticas que culminaron en la regla de alimentos balanceados de la

FDA de 1997. Mientras tanto, no obstante, la industria del reciclaje asumió un método pragmático, colaboró con la FDA, y entró en coinversiones que incluían numerosas reuniones públicas para recibir actualizaciones sobre la dirección e interpretación de la regla, aspectos de cumplimiento y módulos de capacitación para garantizar que la regla pasara por una implementación suave. No sólo la industria del reciclaje apoyó por completo la regla desde el inicio, sino que oficialmente se comprometió con un apoyo completo a las medidas durante una reunión conjunta de la FDA y la industria, en las oficinas centrales del organismo en Rockville, MD, EUA.

La industria del reciclaje, a pesar de su convicción de que la BSE no se transmitía ni amplificaba en una manera que impactara la salud animal o humana como lo hizo en el Reino Unido, adoptó la regla (21 CFR 589.2000) de manera muy seria. Como resultado, la industria experimentó un cumplimiento del 99% de los requisitos durante las auditorías de inspección del organismo. La industria, como precaución, introdujo sus propias auditorías de terceros a través de un contrato con la APPI con una organización de auditorías. La participación de las plantas de reciclaje de EUA en el programa de auditorías de 2001 fue del 99.8%. El cumplimiento ejemplar de la regla de alimentos encontrado por las auditorías de terceros en 2001 fue muy similar a los hallazgos de cumplimiento de la FDA.

A pesar de existir un riesgo mínimo o no existente de la BSE en el país, la FDA, debido al diagnóstico inicial de 2003 de la enfermedad en el Estado de Washington en una vaca canadiense importada, y el caso subsiguiente 18 meses después de una vaca de Texas (aunque dio negativo a la prueba de inmunohistoquímica (IHC), que supuestamente es el “estándar de oro”, esta vaca se consideró por consiguiente como positiva después de amplias deliberaciones), publicó una regla propuesta para mitigar el riesgo percibido en el *Federal Register* del 5 de octubre de 2005, en donde solicitaba comentarios para la propuesta para el 20 de diciembre de 2005. Actualmente, el organismo está evaluando los comentarios de las partes interesadas para su probable consideración de hacer otra regla final. Como es la costumbre, la industria del reciclaje, a través de sus componentes organizativos: NRA, FPRF y APPI, propusieron recomendaciones bien estudiadas para la evaluación del organismo, afirmando que se buscan esfuerzos continuos de la industria del reciclaje para ser responsables de prevenir cualquier posible transmisión y amplificación del agente infeccioso de la BSE que infecte a ganado indígena, y en el proceso, se proteja la salud humana.

## **Conclusiones**

La prevención de los riesgos de la salud debidos al consumo de alimentos es central en la política de seguridad de alimentos y exige un método integrado que defina el papel de todos los participantes y sus responsabilidades individuales. La cooperación, colaboración y comunicación entre las partes afectadas son requisitos para tener éxito. La seguridad alimentaria debe basarse en hechos científicos verificados, además de que el avance continuo depende del compromiso de cada nivel de producción de garantizar la ausencia de riesgos: desde los fabricantes de ingredientes para alimentos balanceados, que suministran a las compañías de

alimentos balanceados, hasta los procesadores responsables de la producción segura de productos terminados para el consumo. Esto es una realización y aceptación de la analogía de la granja al tenedor promovida hoy en día por los países industrializados del mundo que utiliza un concepto holístico para garantizar una cadena alimenticia segura.

La calidad de los ingredientes de alimentos balanceados producidos por la industria del reciclaje, tiene un importante papel en este sistema complejo, porque las prácticas de la industria son un reflejo del ciclo de producción de alimentos para consumo humano. Las materias primas procesadas por la industria del reciclaje de subproductos de origen animal son residuos que no entran a los canales de alimentos para consumo humano, pero que se reciclan a través de tecnología de procesamiento innovadora para producir proteínas y grasas de origen animal para el ganado, aves, acuicultura y mascotas. En realidad, estamos describiendo el alfa y la omega de la cadena alimenticia. Como resultado, la industria del reciclaje está consciente de su responsabilidad en este programa de integración progresiva.

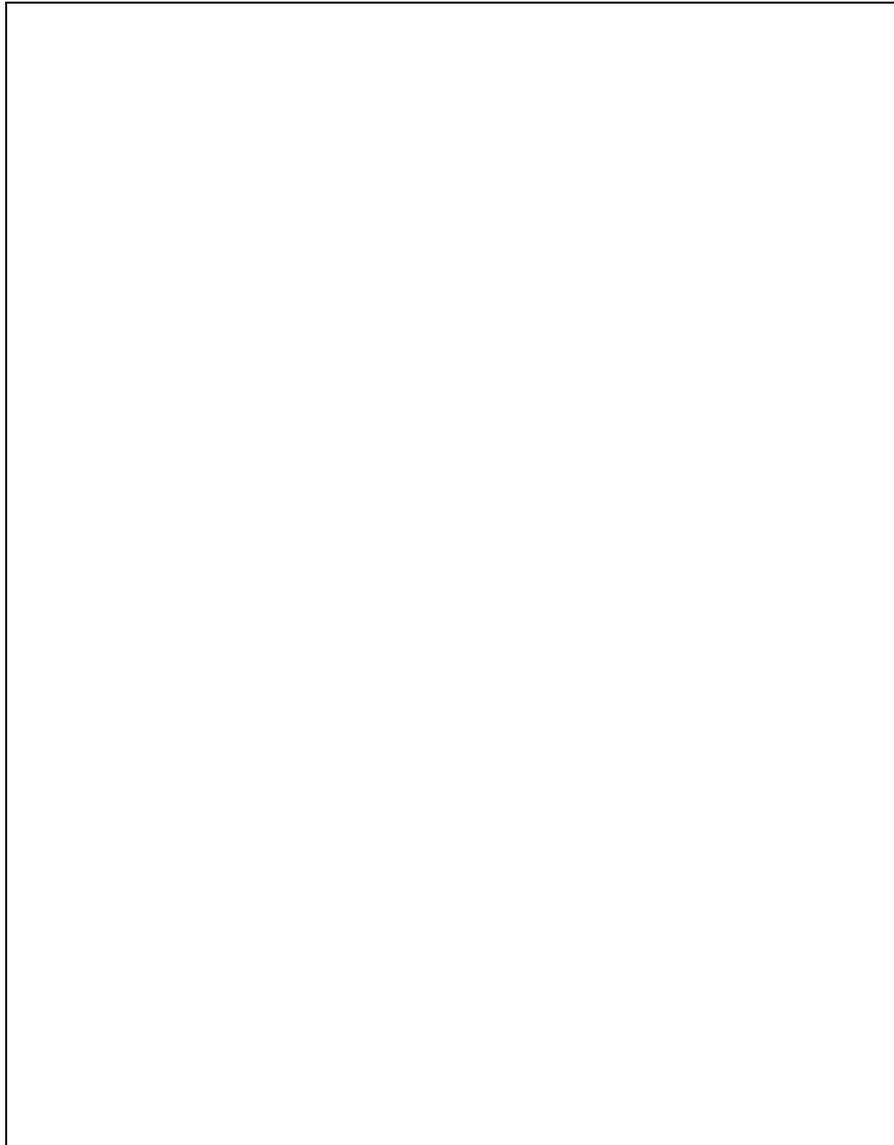
La industria reconoce que la seguridad de los ingredientes de alimentos balanceados es un factor importante y alcanzable en los objetivos totales de seguridad alimentaria, de ahí que sea el fundamento de pruebas proactivas de patógenos y toxinas que puedan influenciar la integridad del producto. También es la razón para la capacitación de la fuerza laboral para lograr la seguridad, que incluya la aplicación de HACCP, el concepto internacionalmente aceptado de aseguramiento de la seguridad y la promoción del Código de Prácticas de la APPI, cuidadosamente hecho con el programa complementario de certificación de terceros para demostrar la responsabilidad, y el papel importante de la industria en una seguridad alimentaria sustentable. Esto asegura que los alimentos balanceados seguros vayan a producir ganado sano que contribuya a alimentos de consumo humano seguros y gente sana.

## Bibliografía

- Anon. 1969. An Evaluation of the *Salmonella* Problem. Committee on *Salmonella*. Nat. Acad. Sci. USA. 78-95.
- Animal Protein Producers Industry. 2004. North American Rendering Industry Code of Practice. Unpublished. 1-10.
- Boyer, C.I., D.W. Bruner and J.A. Brown. 1958. *Salmonella* Organisms Isolated from Poultry Feed. *J. Avian. Dis.*, 2, 396.
- Clark, G.M., A.F. Kaufman, E.J. Gangarosa and M.A. Thompson. 1973. Epidemiology of an International Outbreak of *Salmonella Agona*. *Lancet* 2:490-493.
- Cooke, B.C. 2002. The industrial production of safe animal feeds in Europe. En: Smulders, F.J.M., Collins, J.D. eds. *Food Safety Assurance and Veterinary Public Health*. Vol. 1. Food Safety Assurance in the Preharvest Phase, 1<sup>st</sup> ed. Wageningen Academic Publishers. 71-86.
- Corlett, D.A. 1998. History of HACCP. *HACCP User's Manual*. Aspen Publishers, Inc. 3-7.
- Crump, J.A., P.M. Griffin, and F.J. Angulo. 2002. Bacterial Contamination of Animal Feed and Its Relationship to Human Foodborne Illness. *Clin. Inf. Dis.* 35:859-865.

- Cutlip, R.C., J.M. Miller, A.N. Hamir, J. Peters, M.M. Robinson, A.L. Jenny, H.D. Lehmkuhl, W.D. Taylor, and F.D. Bisplinghoff. 2001. Resistance of cattle to scrapie by the oral route. Short Communication. *J. Vet. Intern. Med.* 131-132.
- Cutlip, R.C., J.M. Miller, R.E. Race, et al. 1994. Intracerebral transmission of scrapie to cattle. *J. Infect. Dis.* 169:814-820.
- Davies, P.R. and J.A. Funk. 1999. Proc. 3<sup>rd</sup> International Symposium on the Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork. August 5-7; 1-11.
- Davies, P.R. 2004. The role of contaminated feed in the epidemiology of *Salmonella* in modern swine production. Proceedings, CDC Animal Feeds Workshop/Symposium. January 23, Atlanta, GA.
- Franco, D.A. 1999. The Genus *Salmonella*. Proceedings of the Animal Protein Producers Industry. Institute for Continuing Education. 1-22.
- Franco, D.A. 2005a. A Survey of *Salmonella* Serovars and Most Probable Numbers in Rendered Animal Protein Meals: Inferences for Animal and Human Health. *J. Environ. Hlth.* Vol. 67, No 6. 18-22.
- Franco, D.A. 2005b. An Introduction to the Prion Diseases of Animals: Assessing the History, Risk Inferences, and Public Health Implications in the United States. NRA, Alexandria, VA. 1-32.
- Grossklaus, H.C.D. 1989. Healthy Animals, Safe Foods, Healthy People. Proceedings of the World Association of Veterinary Food Hygienists. Stockholm, Sweden. 3-6.
- Harris, I.T., P.J. Fedorka-Cray, J.T. Gary, and L.A. Thomas. 1997. Prevalence of *Salmonella* organisms in swine feed. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 210:382-385.
- Houston, D.L. 1984. Science and the Necessity of *Salmonella* Control. Proceedings of the International Symposium on *Salmonella*. EUA. 1-6.
- Kimberlin, R.H. 1990. Scrapie and possible relationships with viroids. *Sem. Virol.* 1:153-162.
- Knauer, V.H. 1984. Keynote Address. Proceedings of the Second National Conference for Food protection. USA. 7-13.
- Lo Fong Wong, D.M.A. 2001. Epidemiology and control options of *Salmonella* in European pig herds. Ph.D. Thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. ISBN 87-988315-1-8, 1-338.
- Meat Research Corporation. 1997. Prevention of Post-processing Contamination of Stock Meal with *Salmonella* and Other Pathogens. Australian Meat Corporation, Admin. 1912.
- Miller, J.M., A.L. Jenny, W.D. Taylor, R.R. Marsh, and R.E. Race. 1993. Immunohistochemical detection of prion protein in sheep with scrapie. *J. Vet. Diagn. Invest.* 5:309-316.
- Pirtle, E.C. 1999. Stability of Pseudorabies Virus (PRV) in Meat and Bone Meal and Intermediate Rendering Products. Submission to the Fats and Proteins Research Foundation. Bloomington, IL.
- Pomeroy, B.S., and M.K. Grady. 1961. *Salmonella* Organisms Isolated from Feed Ingredients. Proc. U.S. Livestock Sanit. Ass. 65:449.
- Sreenivas, P.T. 1998. *Salmonella* Control Strategies for the Feed Industry. *Feed Mix.* Vol. 6. No. 5. 8-11.
- Troutt, H.F., D. Schaeffer, I. Kakoma, and G.G. Pearl. 2001. Prevalence of Selected Foodborne Pathogens in Final Rendered Products. Fats and Proteins Research Foundation (FPRF), Inc., Directors Digest #312.
- Watkins, J.R., A.I. Flowers, and L.C. Grumbles. 1959. *Salmonella* Organisms in Animal Products Used in Poultry Feeds. *Avian Dis.* 3:290.

**Variedad de productos reciclados (cortesía de Rothsay).**



**LA CONTRIBUCIÓN A LA BIOSEGURIDAD DE LA  
INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE  
ORIGEN ANIMAL  
A LA SALUD PÚBLICA Y ANIMAL**

Dr. C.R. Hamilton, Darling International, Inc.  
M.C.David Kirstein, Darling International, Inc.  
Dr. Richard E. Breitmeyer, Veterinario del Estado de California

**Resumen**

Las proteínas animales son un tipo de ingredientes de gran valor para los nutriólogos de animales para usarse en las fórmulas de alimentos balanceados. La industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal fabrica productos que son altamente digestibles, no contienen factores de anticrecimiento y son seguros para usarse en alimentos para el ganado, aves, mascotas y para especies acuícolas. Los nutrientes conservados de los productos reciclados ayudan a sustentar la industria pecuaria y a proteger las tierras marginales del uso incorrecto. La principal salida que da el valor económico a estos productos es como ingredientes para alimentos para animales. La restricción del uso de los subproductos reciclados en los alimentos balanceados puede resultar sin querer en graves problemas económicos y ambientales, la diseminación de enfermedades al ser humano y animales, y la pérdida de nutrientes de mucho valor con los consecuentes riesgos a la salud en animales, especialmente en animales jóvenes y aquellos en producción intensiva (FAO, 2002).

El reciclaje es la mejor tecnología de control que en el presente tiene la sociedad para atacar el problema de la eliminación de los subproductos de origen animal y de los animales muertos o mortalidad. El análisis de las características, como los controles de proceso, infraestructura, reducción del volumen y procesamiento oportuno, que son inherentes a la industria, junto con los requisitos reglamentarios, tales como la rastreabilidad y las reglamentaciones ambientales, validan esta declaración y hacen que el reciclaje de subproductos de origen animal sea el método preferido para la recolección, transporte y procesamiento de subproductos de origen animal y animales muertos. La industria del reciclaje está estructurada de manera particular para brindar los componentes críticos necesarios para manejar todas las materias primas animales de manera segura y responsable, entre los que se incluyen aquellos que están considerados, podría ser desde el punto de vista científico o por la percepción, por no ser aptos para usarse en alimentos para animales. Para lograr esto, tal vez sea necesario que la industria del reciclaje de subproductos de origen animal desarrolle un sistema de dos niveles que consista en instalaciones específicamente dedicadas a ello. Las instalaciones grado alimenticio animal pueden procesar materiales para usarse en alimentos para animales. Las instalaciones de eliminación pueden destruir materias primas

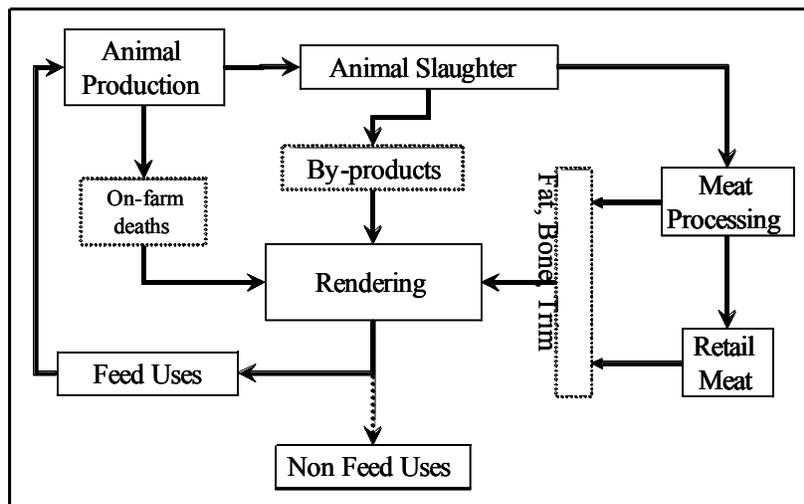
animales poco idóneas después de haber eliminado todo o parte de los componentes no restringidos para poder reducir así el volumen total.

La industria estadounidense del reciclado de subproductos de origen animal, a través de la National Renderers Association (NRA) ha alentado a la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y al Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal (APHIS) a considerar cuidadosamente el impacto que las nuevas reglamentaciones van a tener sobre la viabilidad y supervivencia de los recicladores independientes que dan como servicio un papel vital en el monitoreo, control y erradicación de enfermedades animales en Estados Unidos. Los organismos deben considerar seriamente la creación de políticas y reglamentaciones que garanticen que se eliminen de manera adecuada estos subproductos animales percederos. Se va a requerir de cierto nivel de financiamiento para proporcionar los incentivos necesarios para mantener una infraestructura viable. Sin la atención a esta disposición, una mayor reglamentación de los productos reciclados terminados específicos va a exacerbar la eliminación inadecuada e ilegal de los subproductos de origen animal y los animales muertos o mortalidad. De hecho, los esfuerzos para prevenir la diseminación de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE) en Estados Unidos va a debilitar sin querer a la industria del reciclaje de subproductos de origen animal y los agentes patógenos que en el pasado se han controlado mediante el reciclaje van a ser cada vez más una amenaza para la salud tanto animal como humana.

### **La industria del reciclaje de subproductos de origen animal**

En una escala global, las instalaciones de reciclaje modernas y eficientes se concentran en países y regiones que poseen una fuerte y bien establecida industria de la producción animal. Esto es especialmente cierto en Estados Unidos, donde la industria del reciclaje de subproductos de origen animal está estrechamente integrada con la producción de animales y de carne (figura 1). Estas industrias generan aproximadamente 24.5 millones de toneladas (54 mil millones de lb.) al año de subproductos de origen animal y de mortalidad en la granja que consiguientemente la industria del reciclaje recolecta y procesa.

**Figura 1. Interrelaciones del reciclaje de subproductos de origen animal y la industria pecuaria.**



**Cuadro 1. Porciones comestibles y no comestibles de animales, porcentaje de peso vivo.**

	Comestible	No comestible
Ganado	51	49
Cerdos	56	44
Aves	63	37

Los subproductos de origen animal se derivan directamente de la industria del procesamiento de la carne. Entre el 37 y el 49 por ciento (cuadro 1), del peso vivo del animal se elimina durante el sacrificio y cuando la carne se procesa ulteriormente (la porción no comestible es incluso mayor en el pescado). La industria del reciclaje de subproductos de origen animal también recolecta y procesa estos subproductos animales, que incluyen los recortes de grasa, carne, vísceras, huesos, sangre y plumas. La mortalidad en la granja son un hecho desafortunado que se relaciona con la producción animal. Cada año, más de 4 millones de cabezas de ganado y becerros, 7 millones de cerdos y 100 millones de pollos y pavos mueren y deben eliminarse (ERS, 2001; NASS, 2001). La industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal tiene una larga historia de manejar, procesar y eliminar de manera eficiente los animales muertos, los aceites de cocinar usados y los subproductos de las industrias del empaque y el procesamiento de la carne. Históricamente, estos materiales se han usado para producir grasas y proteínas de alta calidad para usarse en las industrias de alimentos para animales y oleoquímica en todo el mundo.

*La alimentación es el principal uso de las proteínas recicladas*

El reciclaje de subproductos de origen animal le suma un monto de casi \$1 mil millones de dólares al sector de la producción ganadera de Estados Unidos solamente en forma de ingredientes de proteína para alimentos balanceados. Este monto se acerca a los \$2 mil millones de dólares cuando también entran en consideración la contribución de las grasas recicladas. Además, el reciclaje elimina la necesidad de eliminar los subproductos en rellenos sanitarios o por cualquier otro método que pudiera tener posibles riesgos ambientales, a la salud, o ejercer presión sobre el espacio (Sparks, 2001) o las instalaciones existentes. El valor económico de este servicio ciertamente es alto, pero difícil de medir.

Debido al rápido crecimiento de la población en el mundo y al aumento en la demanda de productos animales (tales como la carne, leche, huevos, etc.), ha aumentado el requisito global de fuentes de proteína, tanto vegetal como animal, que se puede usar en los alimentos para animales (FAO, 2002). Las proteínas animales tradicionalmente han sido fuentes importantes de proteína y de otros nutrientes para el ganado y las aves en Estados Unidos, además de que su aceptación tanto en Latinoamérica como en Asia creció sustancialmente, hasta diciembre de 2003, cuando por primera vez se notificó la BSE en Estados Unidos. El uso nacional total de la harina de carne y hueso (HCH) en alimentos para animales fue de aproximadamente 2.58 millones de toneladas (5,700 millones de lb. al año) (Cuadro 2) antes de que los mercados de exportación de HCH cerraran a finales de 2003. Los cambios en el uso nacional y de exportaciones de todas las proteínas animales desde el año 2000 se analizan en un capítulo subsiguiente de este libro.

**Cuadro 2. Uso nacional de proteínas animales de varias especies animales.<sup>a</sup>**

Especies alimentadas	Harina de carne y hueso		Productos de sangre	
	Millones de libras	Porcentaje	Millones de libras	Porcentaje
Rumiantes <sup>b</sup>	567.4	10	158.55	70
Cerdos	737.6	13	45.3	20
Aves	2439.6	43	22.65	10
Alimento para mascotas	1304.9	23	-----	---
Otros	624.1	11	-----	---
Total	5673.5	100	226.5	100

<sup>a</sup>Sparks, 2001.

<sup>b</sup>Toda la harina de carne y hueso consumida por rumiantes es de origen no rumiante.

La industria avícola utiliza el mayor porcentaje de la HCH nacional, seguida por la industria de los alimentos para mascotas (cuadro 2). Se utilizan cantidades importantes en los alimentos para cerdos y rumiantes. Aunque no hay restricciones en la alimentación de HCH a aves y cerdos, el ganado y otros animales rumiantes se alimentan únicamente con HCH que proviene estrictamente de un

origen no rumiante. Va a resultar entonces un serio problema de eliminación si no se utilizan las proteínas y grasas animales en alimentos para cerdos, aves, mascotas o acuicultura (FAO, 2002).

Los patrones de uso de los productos de sangre difieren del de la HCH, como se muestra en el Cuadro 2. Los rumiantes, en especial el ganado, son los que reciben la mayor parte de los productos de sangre, generalmente como harina de sangre, producida en Estados Unidos. La mayor parte de la utilización en la industria porcina es de los productos secados por aspersión, tales como las proteínas de plasma.

El uso continuo de las proteínas animales como ingredientes para alimentos balanceados, se debe principalmente al compromiso continuo de la industria del reciclaje por mejorar el valor nutritivo de estos productos. Por ejemplo, los nuevos procesos y la tecnología de procesamiento, el equipo mejorado y el mayor conocimiento de los efectos del tiempo, temperatura y métodos de procesamiento sobre la disponibilidad de aminoácidos, han resultado en mejoras significativas en la digestibilidad de las proteínas animales. Los datos publicados desde 1984 demuestran que ha mejorado la digestibilidad de los aminoácidos esenciales, especialmente la lisina, treonina, triptófano y metionina, en la HCH (cuadro 3). El mejor conocimiento de cómo utilizar mejor las proteínas animales en las fórmulas comerciales y los mejores procedimientos de formulación también han mejorado el valor nutritivo.

**Cuadro 3. Digestibilidad de la harina de carne y hueso desde 1984.**

<b>Aminoácido</b>	<b>1984<sup>a</sup></b>	<b>1989<sup>b</sup></b>	<b>1990<sup>c</sup></b>	<b>1992<sup>d</sup></b>	<b>1995<sup>e</sup></b>	<b>2001<sup>f</sup></b>
Lisina, %	65	70	78	84	94	92
Treonina, %	62	64	72	83	92	89
Triptofano, %	---	54	65	83	---	86
Metionina, %	82	---	86	85	96	92
Cistina, %	---	---	---	81	77	76

<sup>a</sup> Jørgensen et al., 1984.

<sup>b</sup> Knabe et al., 1989.

<sup>c</sup> Batterham et al., 1990.

<sup>d</sup> Firman, 1992.

<sup>e</sup> Parsons et al., 1997.

### *Bioseguridad*

La industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal reconoce su papel en garantizar la seguridad alimentaria y en proteger la salud humana y animal. El proceso de reciclaje es un método efectivo para garantizar la bioseguridad, ya que las condiciones del proceso aseguran la destrucción de los virus, bacterias y otros microorganismos patógenos. El reciclaje es el método más lógico de recolectar y procesar subproductos animales y animales muertos

(mortalidad) ya que cuenta con la infraestructura en funciones para reciclar o eliminar estos productos de manera segura y responsable, además de que permite la rastreabilidad y elabora productos terminados bioseguros que cumplen con todas las reglamentaciones federales y estatales.

*Procesamiento*

Los subproductos animales y la mortalidad que no se han procesado contienen grandes cantidades de microorganismos, entre los que se incluyen las bacterias y los virus patógenos. A menos que se procesen adecuadamente de una manera oportuna, estos materiales inestables proporcionan un excelente ambiente para que los organismos que causan enfermedades crezcan y amenacen la salud animal y humana, así como el ambiente. Si se deja que se acumulen y descompongan sin restricciones, estos tejidos se van a convertir en un riesgo biológico sustancial, ya que prmueven enfermedades, atraen y hospedan a roedores, insectos, animales carroñeros y a otros vectores de enfermedades, además de que traen animales predadores a zonas densamente pobladas.

En el proceso de reciclaje se utilizan temperaturas entre 115° y 146°C (240° y 295° F), que son más que suficiente para matar a las bacterias, virus y muchos otros microorganismos, para producir un producto de proteína aséptico que está libre de posibles riesgos biológicos y amenazas ambientales. Trout et al. (2001) muestrearon subproductos animales no procesados en 17 plantas de reciclaje diferentes en cada una de dos estaciones.

Se encontró *Clostridium perfringens*, género *Listeria* y de *Salmonella* en más del 70% de las muestras tomadas antes del procesamiento (cuadro 4). Todas las muestras tomadas después del procesamiento térmico fueron negativas a estos y otros patógenos. Estos datos indican que el reciclaje de subproductos de origen animal es una herramienta eficaz para utilizarse en el control de las bacterias patógenas.

**Cuadro 4. Eficacia del sistema estadounidense de reciclaje en la destrucción de bacterias patógenas.<sup>a</sup>**

Patógeno	Materia prima <sup>b</sup>	Después del proceso <sup>b</sup>
<i>Clostridium perfringens</i>	71.4 %	0 %
Género <i>Listeria</i>	76.2 %	0 %
<i>L. monocytogenes</i>	8.3 %	0 %
Género <i>Campylobacter</i>	29.8 %	0 %
<i>C. jejuni</i>	20.0 %	0 %
Género de <i>Salmonella</i>	84.5 %	0 %

<sup>a</sup> Trout et al., 2001. Muestras de 17 plantas diferentes de reciclaje de subproductos de origen animal tomadas durante el invierno y el verano.

<sup>b</sup> Porcentaje de muestras positivas encontradas que tenían patógenos del total de muestras recolectadas.

En un estudio del Departamento de Sanidad del Reino Unido (2001) se validó el valor del proceso de reciclaje como mecanismo para controlar riesgos de los patógenos microbianos, así como de otros riesgos (cuadro 5). Se encontró que el riesgo de la exposición en humanos a los riesgos biológicos era insignificante cuando los animales muertos (mortalidad) y los subproductos se procesaban mediante el reciclaje, la incineración, o la pira funeraria. Sin embargo, se han presentado informes de que la incineración y las piras causan exposición de moderada a alta a los riesgos químicos relacionados con la quema. Solamente los materiales que se han reciclado dieron una exposición insignificante, tanto a los riesgos biológicos como a los químicos. El agente que causa la BSE fue la única excepción, el cual se encontró que representaba un riesgo insignificante al ser humano cuando posteriormente se incineran los productos sólidos del reciclaje.

#### *Legislación del reciclaje*

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal está estrechamente reglamentada por los organismos estatales y federales, que de manera rutinaria inspeccionan plantas para comprobar el cumplimiento de las reglamentaciones que aplican y las tolerancias de seguridad de los productos terminados. Los funcionarios de la FDA inspeccionan las plantas de reciclaje en cuanto al cumplimiento de las reglamentaciones relacionadas a la BSE y a las tolerancias de residuos químicos. APHIS emite certificados de exportación e inspecciona las plantas de reciclaje, en cuanto al cumplimiento de las restricciones impuestas por el país que importa. Los funcionarios de control de alimentos para animales estatales inspeccionan y analizan productos finales, ya que hacen valer las políticas de calidad, adulteración y seguridad de alimentos balanceados. Otros organismos estatales también reglamentan a la industria del reciclaje a través de la emisión de permisos de calidad de aire y agua y de licencias para alimentos balanceados y reciclaje de subproductos. Este sistema de inspección también ayuda a garantizar que los animales muertos o enfermos no se desvíen de manera ilegal para su uso en alimentos para consumo humano.

Los controles internos los utiliza la industria del reciclaje para garantizar que se mantenga la bioseguridad y que los productos terminados sean seguros y que cumplan con todas las reglamentaciones y tolerancias, tanto estatales como federales. Hay dos tipos de procedimientos de control que son comunes entre las compañías de reciclaje, que son las buenas prácticas de manufactura (BPM) y los programas de control de proceso (CP) similares a HACCP.

Las GMPs son prácticas preventivas que minimizan los riesgos a la seguridad del producto al instituir controles o condiciones básicas favorables para producir un producto seguro. Una «GMP de materias primas» sería un ejemplo y proporcionaría validación de que éstas no estuvieron expuestas a químicos o metales tóxicos antes del procesamiento en una fábrica de reciclaje. Las BPMs son necesarias para desarrollar un programa CP.

**Cuadro 5. Resumen de los posibles riesgos a la salud de varios métodos de manejo de subproductos de origen animal.** <sup>ab</sup>

Enfermedad/Agente peligroso	Exposición del ser humano a los riesgos de cada opción				
	Proceso de reciclado	Incineración	Relleno sanitario	Pira	Enterramiento
<i>Campylobacter, E. Coli, Listeria, Salmonella, Bacillus anthracis, C. botulinum, Leptospira, Mycobacterium tuberculosis var bovis, Yersinia</i>	Muy baja	Muy baja	Moderado	Muy baja	Alto
<i>Cryptosporidium, Giardia</i>	Muy baja	Muy baja	Moderado	Muy baja	Alto
<i>Clostridium tetani</i>	Muy baja	Muy baja	Moderado	Muy baja	Alto
Priones de BSE, scrapie <sup>c</sup>	Moderado	Muy baja	Moderado	Moderado	Alto
Metano, CO <sub>2</sub>	Muy baja	Muy baja	Moderado	Muy baja	Alto
Químicos específicos de combustibles, sales de metales	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Alto	Muy baja
Partículas, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , partículas nitrosas	Muy baja	Moderado	Muy baja	Alto	Muy baja
PAH, dioxinas	Muy baja	Moderado	Muy baja	Alto	Muy baja
Desinfectantes, detergentes	Muy baja	Muy baja	Moderado	Moderado	Alto
Sulfuro de hidrógeno	Muy baja	Muy baja	Moderado	Muy baja	Alto
Radiación	Muy baja	Moderado	Muy baja	Moderado	Moderado

<sup>a</sup> Adaptado del Departamento de Sanidad del Reino Unido (2001).

<sup>b</sup> Nota explicativa: Muy baja: la mínima exposición del ser humano a los riesgos.

Moderado: exposición intermedia de humanos a los riesgos.

Alto: la mayor exposición de humanos a riesgos.

<sup>c</sup> Riesgo de exposición del ser humano a TSEs que se calificó como muy pequeña cuando se incineraron los productos sólidos del reciclaje.

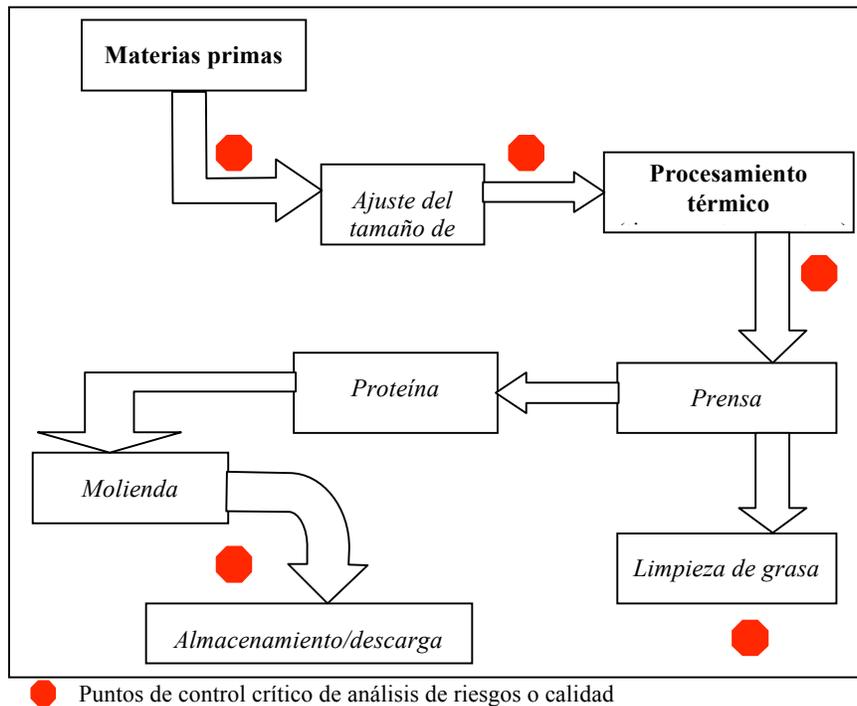
Las compañías de reciclaje de subproductos de origen animal en Estados Unidos han adoptado programas voluntarios de CP como un componente importante

de sus programas de seguridad alimentaria. Los programas de CP requieren (1) una evaluación del proceso completo de reciclaje, (2) la identificación de los posibles riesgos biológicos, físicos o químicos, (3) la identificación de los puntos críticos del proceso en donde se pueden controlar los riesgos; y (4) desarrollo de procedimientos para controlar estos procesos y garantizar que se elimina o reduce el riesgo a niveles aceptables.

La temperatura del procesamiento y el tamaño de partícula del material son dos ejemplos de puntos de control crítico relacionados con la destrucción de patógenos virales y bacterianos presentes en los subproductos animales no procesados y en la mortalidad. Estos son puntos de control crítico porque la transferencia de calor a través de los materiales a temperaturas suficientes para eliminar los riesgos biológicos dentro de un tiempo de tránsito dado depende de la interacción entre la temperatura del procesamiento y el tamaño de partícula. Por lo tanto, los ajustes y las condiciones del equipo de ajuste de tamaño de partícula se deben de inspeccionar y documentar con frecuencia. Las temperaturas del proceso también se deben de monitorear y registrar. Si cualquiera de éstos está fuera de la tolerancia, se debe de reprocesar el material con la documentación adecuada.

Los controles adicionales del aseguramiento de la calidad (AC) pueden también incluirse en varios puntos en el proceso para garantizar la calidad de los productos terminados. En la Figura 2 se muestra un programa generalizado de CP/AC de una planta típica de reciclaje de subproductos de origen animal.

**Figura 2. Diagrama de flujo de la producción con los puntos de control críticos y de calidad.**



La FDA ha anunciado su intención de echar a andar un Sistema de Seguridad de Alimentos Balanceados en 2007 que incorporaría un método basado en los riesgos para identificar y desarrollar límites de contaminantes peligrosos en el alimento y establecer controles de proceso con revisión reglamentaria para garantizar el cumplimiento (FDA, 2005). Esto es consistente con las recomendaciones de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que piden una rastreabilidad completa y la implementación de un código de prácticas para manejar los subproductos de origen animal y la mortalidad para garantizar la seguridad (FAO, 2002).

Aunque las compañías de reciclaje de subproductos de origen animal por separado durante años han echado a andar de manera voluntaria sus propias BPM y programas de CP, la industria adoptó el Código de Práctica de la APPI 2004 que formalmente establece unas normas mínimas de la industria para la seguridad del producto que incluyen programas de BPM y de CP. Las plantas que participan reciben acreditación al pasar una auditoría realizada por el Instituto de Certificación de Plantas y una firma de auditorías de terceros.

*El reciclaje cumple con los objetivos de APHIS*

La división de Servicios Veterinarios de APHIS desarrolló su Plan Estratégico y de Desempeño para los años fiscales 2003 a 2008. Se desarrollaron tres metas específicas, las cuales se presentan en el Cuadro 6 junto con el impacto actual y los beneficios con los que ha contribuido el reciclaje. El procesamiento de subproductos de origen animal y los animales muertos a través del reciclaje es consistente con cada uno de estos objetivos.

El proceso de reciclaje proporciona un medio por medio del cual se puede romper el ciclo de las enfermedades. Para los patógenos típicos, esto puede ser a través de la destrucción rápida del organismo causada por el procesamiento a temperaturas letales. Para otros agentes de enfermedades, tales como el responsable de causar la BSE, los subproductos de animales infectados pueden primero reciclarse para reducir la infectividad, lo que hace que los materiales sean más seguros para su manejo y almacenamiento antes de su eliminación. Cohen et al. (2001) notificaron que los sistemas de reciclaje por lotes lograron una reducción de 3.1 log (1,000 veces) en la infectividad de la BSE, mientras que los sistemas continuos, con o sin el reciclaje de la grasa, redujeron la infectividad en 2.0 log (100 veces) y 1.0 log (10 veces), respectivamente.

Desde hace mucho tiempo, el gobierno de Estados Unidos ha reconocido los beneficios de bioseguridad del reciclaje de subproductos de origen animal. Como resultado, el reciclaje ha sido un componente importante de la mayoría de los programas de erradicación de enfermedades de los animales en este país. El ejemplo más reciente es el programa voluntario de erradicación del virus de la pseudorabia (VSR). El VSR no puede sobrevivir los rigurosos pasos del procesamiento del reciclaje (Pirtle, 1997). De esta forma, el protocolo de despoblación exigía que los cerdos eliminados por eutanasia de las piaras infectadas con VSR se eliminaran a través del reciclaje. Este fue un programa voluntario con mucho éxito, que llevó a la erradicación de la enfermedad en Estados Unidos a finales de 2004.

El reciclaje se ha convertido también en un componente importante de la vigilancia gubernamental de las enfermedades animales emergentes. Los recicladores le brindaron a APHIS casi la mitad de las muestras recolectadas durante la destacada iniciativa de vigilancia de la BSE de 2004 a 2006. Al reconocer las capacidades especiales de los recicladores de recolectar la mortalidad en las granjas y los subproductos de origen animal, APHIS expandió recientemente su autoridad para recolectar muestras de sangre y tejidos en las instalaciones de reciclaje (*Federal Register*: 9 CFR Parte 71) a manera de mejorar la capacidad de vigilancia.

**Cuadro 6. Metas de APHIS para los años fiscales 2003 - 2008.**

<b>Meta</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Papel del reciclaje</b>
1	Salvaguardar la salud de animales, plantas y ecosistemas en Estados Unidos.	El reciclaje de subproductos de origen animal tiene un papel preventivo al contener y eliminar los organismos que causan enfermedades antes de que se puedan multiplicar y diseminar en el ambiente. Los subproductos de origen animal no procesados que se dejan acumular van a representar una nueva o emergente amenaza significativa.
2	Facilitar el comercio agrícola seguro.	La comerciabilidad está relacionada con la seguridad percibida. Conforme se disemina una enfermedad animal en un país, los mercados globales se cierran, como lo experimentaron Estados Unidos y Canadá después del descubrimiento de la BSE. Los recicladores participan con APHIS en el monitoreo y erradicación de enfermedades animales en Estados Unidos.
3	Garantizar el manejo efectivo y eficiente de los programas para lograr la misión de APHIS.	Los animales muertos y otros tejidos animales se concentran en las plantas de reciclaje, lo que facilita el acceso para el muestreo por parte de los organismos gubernamentales.

Fuente: USDA, 2003.

El procesamiento oportuno, las temperaturas del procesamiento y la concentración de los animales muertos (mortalidad) y de otros tejidos animales en un número limitado de lugares, proporcionan a APHIS muchas de las herramientas necesarias para prevenir los brotes de enfermedades, erradicarlas y monitorear el estado de sanidad de hatos y parvadas en Estados Unidos. Va a ser difícil para APHIS lograr estas metas si no se utiliza a todo su potencial a la industria del reciclaje.

*Rastreabilidad*

Excepto por la incineración, que es de costo prohibitivo y no apto desde el punto de vista ambiental, las alternativas al reciclaje de la eliminación de subproductos de origen animal y la mortalidad no proporcionan una bioseguridad adecuada. El origen y disposición final de estos materiales no son rastreables cuando se usan métodos diferentes del reciclaje. Esto es problemático cuando se

intenta prevenir, controlar o erradicar una enfermedad. Solamente las compañías de reciclaje son las responsables y requieren de documentar y mantener registros por escrito aptos para que los organismos gubernamentales rastreen los subproductos animales hasta la fuente y los productos terminados hacia su disposición o utilización. Una vez que esté funcionando por completo el Sistema Nacional de Identificación Animal del USDA, la capacidad del reciclador será aún más eficiente y precisa.

Las rastreabilidad de los subproductos animales fue prevista cuando la FDA puso en práctica la prohibición de alimentar proteínas derivadas de rumiantes a ganado y otros rumiantes (*Federal Register*: 21 CFR § 589.2000; la llamada “Regla de alimentos balanceados de la FDA”). Esta regla exige que los recicladores que fabrican productos que contengan o pudieran contener proteínas derivadas de tejidos de mamíferos con destino a usarse en alimentos para animales, tomaran medidas para garantizar que no se usen los materiales prohibidos en alimentos para rumiantes. Una de estas disposiciones es la de “mantener registros suficientes para rastrear los materiales a lo largo de toda la recepción, procesamiento y distribución, y proporcionar copias para la inspección y para que las copie la FDA”. El cumplimiento de este requisito se verifica mediante inspecciones periódicas de funcionarios de cumplimiento de la FDA o de funcionarios estatales bajo contrato de la FDA. Similarmente, la Ley de Bioterrorismo de 2002 contiene una sección de “retención de registros” (Título III, Parte 306) que expande dichos requisitos para incluir todos los materiales que los recicladores reciben y envían. El requisito es que cada paso de la cadena de producción se mantenga con seguimiento de dónde vinieron los materiales y a dónde se enviaron “un paso hacia delante y un paso hacia atrás”.

Incluso, las empresas que procesan materiales que están exentas de la regla de alimentos de la FDA de 1997, como los derivados exclusivamente de animales no rumiantes, deben mantener registros suficientes para permitir la rastreabilidad. Estas empresas están también sujetas a inspecciones por parte de los funcionarios de la FDA y deben ser capaces de demostrar que sus productos no contienen materiales derivados de animales rumiantes.

### *Infraestructura*

Las compañías de reciclaje de servicio completo son capaces de transportar y procesar eficientemente grandes volúmenes (454 mil toneladas o un millón de libras o más al día) de subproductos animales y animales muertos (mortalidad). El reciclaje, tal y como lo conocemos, fue establecido en Estados Unidos hace más de 100 años. Desde entonces, se ha desarrollado como una industria orientada al servicio, que continuamente adopta nuevas tecnologías, descubrimientos científicos y decisiones comerciales sólidas para mejorar la eficiencia del proceso, la seguridad del producto, la calidad del producto terminado y el ambiente. Aunque la industria del reciclaje ha pasado por una importante consolidación durante los últimos 30 años, la mayor parte de las zonas de Estados Unidos continúan recibiendo servicio de uno o más recicladores.

El equipo usado por la industria del reciclaje es especializado y no se encuentra comúnmente en otros segmentos de la industria agropecuaria. Para poder salvaguardar el suministro alimentario y prevenir la diseminación de enfermedades y el daño al ambiente, muchos estados reglamentan la recolección y transporte de subproductos animales no procesados y de la mortalidad, con lo que exigen que se utilicen solamente vehículos equipados con recipientes a prueba de fugas para transportar estos materiales. Este equipo es específico para la industria y no se encuentra comúnmente en vehículos utilizados por transportistas comunes o en el equipo agrícola. Los recicladores deben también instalar limpiadores de aire, oxidantes térmicos, instalaciones de tratamiento de aguas residuales y otros equipos necesarios para cumplir con las emisiones estatales de aire, olores y permisos de descarga en aguas para sus instalaciones. Se invierten decenas de millones de dólares en equipo, instrumentos de monitoreo y pruebas analíticas en las plantas de reciclaje para poder cumplir con las normas estatales y federales.

Debido a que la industria del reciclaje está comprometida con el mejoramiento continuo de la seguridad de sus productos, ha formado organizaciones para brindar apoyo técnico y educativo en el aseguramiento de la calidad y la seguridad de los alimentos balanceados. La Animal Protein Producers Industry (APPI) administra los programas de bioseguridad de toda la industria, capacitación en CP, reducción de *Salmonella*, educación continua y certificación de terceros para el cumplimiento de las reglamentaciones relacionadas con la BSE y la acreditación del Código de Práctica de la APPI. La Fat and Proteins Research Foundation (FPRF) pide y financia las investigaciones en la industria y en las universidades para encarar cuestiones pertinentes a la bioseguridad y valor nutritivo, así como la búsqueda de nuevos usos. Para enfocar la investigación en asuntos de bioseguridad y desarrollar nuevos usos para productos reciclados, la FPRF entró en un acuerdo con Clemson University para establecer un Centro de Educación e Investigación de Coproductos Animales (Animal Co-Products Research and Education Center o CREC). En un capítulo más adelante de este libro, se explica más acerca del desarrollo y propósito del ACREC.

#### *Reducción de volumen*

Los subproductos animales no procesados contienen grandes cantidades de agua (cuadro 7). Se utiliza calor para procesar estas materias primas, principalmente para eliminar la humedad y para facilitar la separación de la grasa. La eliminación de la mayor parte de la humedad reduce el volumen total en más del 60 por ciento, de 24.51 millones de toneladas (54 mil millones de lb.) de materia prima a 5.08 millones de toneladas (11 mil 200 millones de lb.) de proteínas animales y 4.9 millones de toneladas (10 mil 900 millones de lb.) de grasas recicladas. Almacenados adecuadamente, estos productos terminados son estables por largos períodos. Las harinas de proteínas secas no brindan un ambiente favorable para que crezcan los patógenos, ya que la actividad acuosa está por debajo del umbral necesario para la proliferación microbiana.

**Cuadro 7. Composición de agua, proteína y grasa de los subproductos de origen animal.**

	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Agua</b>
Sangre	10	0	90
Recortes de grasas	5	55	40
Huesos	35	10	55
Residuos	15	15	70

*Procesamiento oportuno*

Debido a las condiciones del equipo y del procesamiento utilizado en las plantas modernas de reciclaje, las bacterias y virus se destruyen rápidamente y no se deja oportunidad para su reproducción y diseminación. Esto es crítico para poder contener, prevenir o erradicar enfermedades. Los métodos alternativos de eliminación no eliminan consistentemente los patógenos. La incineración sí proporciona una destrucción rápida de los patógenos. Sin embargo, otros métodos tales como enterrar o hacer composta que se basan en la descomposición de los tejidos, se llevan meses para completar el proceso y son menos eficaces que el reciclaje.

**La Industria del reciclaje de subproductos de origen animal en Estados Unidos y la BSE**

Desde antes de 1995, la industria del reciclaje ha estado activamente involucrada en programas para prevenir la diseminación de la BSE en Estados Unidos, cuando voluntariamente los recicladores detuvieron el reciclaje del material ovino. Esto se hizo para prevenir que cualquier material infectado con scrapie entrara a la cadena alimentaria, especialmente a través de los alimentos balanceados para animales rumiantes.

Cuando primero la FDA consideró medidas preventivas en 1996, los recicladores y ganaderos detuvieron voluntariamente el uso de HCH de animales rumiantes en alimentos para ganado. Posteriormente, se hizo oficial cuando la FDA publicó la regla de alimentos balanceados (*Federal Register*: 21 CFR § 589.2000), que prohibía el uso de estos materiales en los alimentos destinados al ganado y otros animales rumiantes. La industria del reciclaje estuvo activamente involucrada en preparar esta reglamentación y la apoyó completamente desde su introducción en 1997.

La única HCH permitida para uso en alimentos de animales rumiantes en Estados Unidos es material que proviene de plantas que sacrifican o procesan solamente materiales no rumiantes. Si no puede verificarse que la materia prima sea 100% de origen no rumiante, entonces el material terminado resultante queda prohibido de uso en alimentos para ganado y otros animales rumiantes. Aunque los programas de CP se dirigen hacia riesgos conocidos que se pueden eliminar o controlar a través del proceso de reciclaje, también incluyen el cumplimiento de

políticas en la planta que aplican para la aceptación o rechazo de materia prima. Esto proporciona una mayor convicción de que no se recibe ni procesa para alimento el material de ganado (como aquél que se ha analizado para BSE a través del programa de vigilancia de APHIS), ovinos y caprinos que sean sospechosos.

La regla de alimentos balanceados de la FDA incluye requisitos de que los productos terminados estén claramente etiquetados y que haya registros de la recepción de materias primas y de la venta de productos terminados y que estén a disposición para la inspección de la FDA. Esto permite que la FDA verifique la fuente de materias primas y el cumplimiento de la regla de alimentos balanceados entre los fabricantes de estos alimentos, concesionarios, distribuidores y usuarios finales. Para los recicladores que procesan proteínas que están exentas bajo la regla de alimentos balanceados, deben demostrarse las garantías para prevenir la contaminación cruzada en la práctica y por escrito.

El Código de práctica de la APPI para compañías de reciclaje presentado en 2004, incluye el requisito de que las instalaciones estén en cumplimiento con la regla de alimentos balanceados de la FDA. Una auditoría de terceros anterior (2001) de la industria para el cumplimiento de la regla de alimentos de la FDA mostró un cumplimiento del 100 por ciento entre las compañías de reciclaje participantes que representaban a casi toda la capacidad de la industria.

Aunque se han identificado dos casos indígenas de BSE en Estados Unidos al momento de escribir esto, es sumamente poco probable que se establezca debido a que las medidas tomadas por los organismos del gobierno estadounidense son y continúan siendo efectivas en reducir la diseminación de la BSE (Cohen et al., 2001). Como resultado, Estados Unidos es altamente resistente a cualquier amplificación de la BSE o enfermedades similares. Cohen et al. (2001) consideran que la regla de alimentos balanceados de la FDA es una de las garantías más importantes, porque van a prevenir la amplificación de la enfermedad. Hueston (2005) coincide que aunque es suficiente una pequeña dosis de alimento contaminado para la transmisión de la BSE, la amplificación requiere un reciclaje significativo dentro de la población de ganado. La FAO (2002) reflejó que estaba de acuerdo con estas evaluaciones al recomendar que se prohibiera la alimentación de HCH de rumiantes a animales rumiantes en todo el mundo como una garantía adicional, contra la mayor diseminación de la BSE.

La industria estadounidense del reciclaje apoya por completo los programas y esfuerzos de prevención de la BSE con base científica desarrollados por la FDA, APHIS y otros organismos gubernamentales, tanto estatales como federales. La industria del reciclaje está comprometida a lograr un cumplimiento del 100 por ciento de la regla de alimentos balanceados de la FDA como un punto clave para su éxito.

*Desafíos*

La preocupación acerca de la BSE ha sido una de las cuestiones más serias que ha afectado el uso de los productos reciclados de origen animal en los últimos 10 años. Debido a que la FDA promulgó la regla de alimentos balanceados, el valor del uso restringido (prohibido como alimento para animales rumiantes) de la HCH ha disminuido un promedio de \$18.13 dólares por tonelada, en comparación con la HCH exenta derivada solamente de animales no rumiantes (Sparks, 2001).

**Cuadro 8. Producción anual de subproductos de origen animal (Sparks, 2001).**

<b>Harina de proteína</b>	<b>Millones de libras / Año</b>
Harina de carne y hueso (HCH)	
Uso restringido (prohibido en alimentos para rumiantes)	
Origen de rumiante puro	2,734.1
Mezclada, que contiene material de origen de rumiante	2,263.1
<b>Uso restringido total de HCH</b>	<b>4,997.1</b>
Exenta (para uso en alimentos para rumiantes)	
Exenta (origen porcino puro)	1,640.5
Mixta, que contiene solamente material exento	14.6
<b>HCH total exenta</b>	<b>1,655.1</b>
Productos de sangre (exentos de la regla de alimentos balanceados)	
Origen rumiante	121.9
Origen porcino	54.8
Mezclada	49.8
<b>Total de productos de sangre</b>	<b>226.5</b>
Harinas avícolas (exentas de la regla de alimentos balanceados)	
Harina de subproductos avícolas (pura)	3,073.5
Harina de plumas	1,200.0
<b>Total de harinas avícolas</b>	<b>4,273.5</b>

Los efectos del descuento de precios y los mercados perdidos debido a preocupaciones del consumidor, tanto reales como percibidas, han impactado de manera grave a la industria de subproductos de origen animal. La razón de este impacto se entiende mejor al considerar la cantidad de producto afectado por esta reglamentación (cuadro 8). Aproximadamente, el 75% (2.5 millones de toneladas) de la HCH que se produce en Estados Unidos es total o parcialmente derivada de animales rumiantes y no se puede utilizar en alimentos para ganado o de otros animales rumiantes. Directamente, esto ha tenido muy poco impacto en la industria del reciclaje. Indirectamente, las cuestiones del cumplimiento para los fabricantes de alimentos balanceados que hacen tanto alimentos para rumiantes como para no

rumiantes en la misma planta, las preocupaciones de la seguridad de alimentos para consumo humano, la cobertura de los medios y las campañas de mercadotecnia que anuncian a la carne de animales alimentados con dietas sin "subproductos de origen animal", han impactado de manera grave a la industria del reciclaje. Como resultado, ha sido necesario pasar una porción de los costos relacionados con el reciclaje a los generadores de los subproductos de origen animal y de la mortalidad. Esto ha estimulado el interés en métodos alternativos para la eliminación de estos materiales, algunos de los cuales son legales y otros no.

Los acontecimientos recientes en Estados Unidos y la reglamentación propuesta publicada por los organismos federales en los últimos dos años, indican que es probable que haya restricciones adicionales en el tipo o especie de subproductos de origen animal que se puedan reciclar para producir ingredientes para alimentos para animales. Tanto Canadá como Estados Unidos confirmaron sus primeros casos de BSE en 2003. Al poco tiempo después de cada confirmación, cada país prohibió el material de riesgo especificado (MRE) en los alimentos para consumo humano y cosméticos. Canadá y Estados Unidos identificaron tejidos similares de MRE, que incluye, cráneos, cerebros, ganglios del trigémino, ojos, médulas espinales y ganglios de la raíz posterior de ganado de más de 30 meses de edad, y el íleon distal y las tonsilas de ganado de todas las edades.

Al escribir este documento, Canadá ha confirmado ocho casos de BSE y Estados Unidos tres, dos en ganado nativo y uno (el primer caso) en una vaca importada al Estado de Washington desde Canadá. Todos los casos de Estados Unidos nacieron antes de 1997, cuando entró en vigor la reglamentación de alimentos balanceados de la FDA. Sin embargo, cuatro de los casos canadienses nacieron después de 1997, cuando el gobierno canadiense instituyó las restricciones de alimentos balanceados, que eran similares a la reglamentación de alimentos balanceados de la FDA. Como resultado, la Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria anunció reglamentaciones en que prohibía a todos los MRE (cráneos, cerebros, ganglios del trigémino, ojos, tonsilas, médula espinal y ganglios de la raíz posterior de ganado de más de 30 años de edad, y el íleon distal de ganado de todas las edades) de todos los alimentos para animales y para uso en fertilizantes a partir del 12 de julio de 2007 (CFIA, 2006).

El 6 de octubre de 2005, la FDA propuso enmendar la regla de alimentos balanceados de la FDA y prohibir que ciertos materiales que se originaran en el ganado en los alimentos para todos los animales (regla propuesta; *Federal Register*, Volumen 70, No. 193, pp 58570-58601). Los materiales propuestos para la prohibición incluyen (1) el cerebro y la médula espinal de ganado de 30 meses de edad o mayores, que se inspeccionan y pasan para consumo humano, (2) el cerebro y la médula espinal de ganado de cualquier edad no inspeccionado y que pasa para consumo humano ("ganado enfermo, muerto o débil") y (3) la canal completa de animales muertos o débiles si no se eliminaron el cerebro y la médula espinal. Además, la regla propuesta pide que también se prohíba el sebo que contenga más del 0.15 por ciento de impurezas insolubles de todo alimento para consumo animal, si dicho sebo se deriva de los materiales propuestos prohibidos. Al escribir este

documento, la FDA estaba revisando los comentarios presentados para la regla propuesta, sin haber tomado ninguna otra medida.

La industria del reciclaje calcula que se pueden eliminar con éxito los cerebros y las médulas espinales de solamente el 54 por ciento del ganado muerto o débil, en promedio (Informa Economics, 2005). La eliminación de los tejidos suaves, tales como estos, se ve afectada negativamente por la tasa de descomposición de las canales que se acelera con el aumento de la temperatura ambiente. En zonas en donde las temperaturas del día sobrepasan los 27°C (80°F) la mayor parte del año, tales como el sur y el oeste de Estados Unidos, el cerebro y la médula espinal solamente se pueden eliminar con éxito el 10 por ciento de las veces. Bajo la regla propuesta, dejar el cerebro y la médula espinal del ganado muerto o débil, prevendría su uso en alimentos de cualquier animal y crearía un importante problema de eliminación de desechos. Otras posibles consecuencias no planeadas de la regla propuesta incluyen el desajuste en la recolección de animales muertos no rumiantes (mortalidad), problemas en el cumplimiento relacionados con la aceptación de subproductos de instalaciones que no están inspeccionadas federalmente que sacrifican ganado de más de 30 meses de edad y la reducción de los servicios de reciclaje en algunas zonas del país. En la regla propuesta, no estaban claramente establecidos los criterios que va a usar la FDA para determinar el cumplimiento de la industria del reciclaje. Como resultado, los recicladores pueden dejar de procesar materiales prohibidos, más que arriesgar una medida del este organismo por el no cumplimiento que incrementaría la cantidad de material que debe eliminarse por otros medios.

Estados Unidos no regula uniformemente la eliminación de subproductos de origen animal y de los animales muertos (mortalidad). Debido a que estos materiales tienen muy poco o ningún valor, ya sea en forma cruda o procesada, si se prohíbe su uso en alimentos para animales, es poco probable que los recicladores puedan recolectarlos y procesarlos. Como resultado, los organismos gubernamentales van a perder control sobre la recolección y eliminación de MRE, así como de cualquier material mezclado. Tal pérdida de control está un conflicto con la intención de las salvaguardas de la BSE, lo cual podría contribuir a la diseminación de enfermedades convencionales. Aunque las grasas animales se pueden usar para combustible o en algunas aplicaciones industriales, las proteínas animales actualmente se usan casi en exclusiva como ingredientes de alimentos balanceados, excepto por una pequeña cantidad que se usa como fertilizante. A menos que se desarrollen usos no alimenticios en grandes volúmenes de las proteínas animales, los materiales prohibidos para la alimentación de animales no van a tener un valor económico y las compañías de reciclaje no podrán recolectarlas, transportarlas, procesarlas y eliminar tales materiales, a menos que sus costos se pueden recuperar de los generadores de subproductos.

**Figura 3. Eliminación inadecuada de restos de venados sacrificados en un campo de maíz.**



**El reciclaje es el método óptimo de eliminación.**

No usar la industria de reciclaje para la eliminación de subproductos de origen animal y animales muertos (mortalidad) va a minar la infraestructura desarrollada para manejar de manera segura estos materiales, lo que va a resultar en desafíos de sanitarios y ambientales en el futuro (FAO, 2002). Estos problemas se pueden convertir en infranqueables durante situaciones de emergencia ampliamente diseminadas, tales como los brotes de enfermedades extranjeras de animales, periodos prolongados de calor excesivo, inundaciones, etc. Sparks (2001) calculó que las prohibiciones del uso de todas las proteínas animales en alimentos balanceados, va a reducir el precio del mercado que se paga por el ganado (US\$15.49/cabeza), cerdos (US\$3.22/cabeza), pollos de engorda (US\$0.07/ave) y pavos (US\$0.33/ave). Estos costos se basan en la pérdida completa del valor económico de las proteínas animales (no de las grasas animales) y supone que los servicios de reciclaje continuarán utilizándose. No se enfoca a los posibles costos relacionados con ya sea una reducción importante o pérdida completa de los servicios de reciclaje para las industrias del ganado, avícola y de la carne.

**Figura 4. Eliminación inadecuada de bolsas de basura llenas de restos animales.**



Sin la industria del reciclaje de subproductos de origen animal, sería necesario desechar o eliminar los subproductos de origen animal y los animales muertos en rellenos sanitarios comunitarios, pilas de composta, sitios de enterramiento, incineradores, o peor aún, se dejarían en basureros ilegales, que causarían un posible riesgo para la salud pública. Cada uno de estos métodos alternativos tiene sus limitantes con respecto a la eliminación de estos subproductos y de los animales muertos, en el que el espacio limitado es la limitante más obvia.

Cuando se eliminan subproductos animales no procesados derivados de rumiantes por estos métodos diferentes al reciclaje, su eliminación no está regulada, y existe el potencial de que el ganado y otros animales rumiantes queden expuestos a materiales prohibidos por la reglamentación de alimentos balanceados de la FDA. Los animales rumiantes, domésticos y salvajes, pueden estar directamente expuestos a materiales no procesados que se puedan haber enterrado inadecuadamente, formado en composta o colocados en rellenos sanitarios. Como resultado, estas prácticas que no implican el reciclaje, podrían contribuir a la amplificación de la BSE en Estados Unidos. Por ejemplo, está permitida, bajo las reglamentaciones actuales, la diseminación de subproductos animales de origen rumiante procesados en composta sobre la tierra que se utiliza para el pastoreo o la producción de heno.

**Figura 5. Becerros muertos manejados inadecuadamente.**



**Figura 6. Animales muertos eliminados inadecuadamente en una pila de estiércol.**



### *Rellenos sanitarios*

Aunque el reciclaje reduce el volumen, se deben de añadir otros productos, como el aserrín (una parte de éste por tres partes del subproducto) para compensar el alto contenido de humedad de los subproductos animales y de los animales muertos que se eliminan en un relleno sanitario. Como resultado, el volumen total se va a aumentar en aproximadamente 25 por ciento. Cuando se prepara adecuadamente el volumen de subproductos animales y animales muertos generados en un año, se llevaría aproximadamente el 25 por ciento del espacio de los rellenos sanitarios en Estados Unidos a un costo estimado de \$105 dólares por tonelada (Sparks, 2001).

La descomposición se realiza lentamente y a temperaturas relativamente bajas (54-65°C o 130°-150°F) en los rellenos sanitarios, lo que limita la destrucción de patógenos. La colocación en rellenos sanitarios de los subproductos de origen animal contribuye a la producción de gas metano y a olores que atraen a portadores (tales como ratas, mascotas y moscas), lo cual contribuye a la exposición por contacto e inhalación en humanos.

Los estudios presentados en el cuadro 5 indican que hay otras opciones mejores a los rellenos sanitarios para reducir el riesgo de exponer al ser humano a los posibles peligros biológicos y químicos, como la BSE. Además, el potencial de más enfermedades entre los trabajadores de los rellenos sanitarios y la transferencia de patógenos a lugares fuera de estos, puede aumentar cuando se utilizan estos basureros para eliminar animales grandes (Gerba, 2002). Por estas razones, está prohibida la eliminación de las canales de ganado en rellenos sanitarios en California y posiblemente también en otros estados.

### *Formación de composta*

La formación de composta depende de la fermentación microbiana controlada para descomponer los subproductos de origen animal y los animales muertos o mortalidad. Además, la formación de composta tiene una aplicación limitada a gran escala, debido a que se necesitan grandes cantidades de materiales carbonoso para poder equilibrar el alto contenido de nitrógeno y humedad en los subproductos de origen animal y animales muertos. Si se usan las pautas de la industria porcina para la formación de composta (Glanville, 2001), la cual considera los problemas de la mezcla y la separación en pilas, se requerirían aproximadamente 31.9 millones de m<sup>3</sup> (1 billón de pies cúbicos) de espacio para formar la composta de 24.5 millones de toneladas (54 mil millones de lb) de subproductos de origen animal que se reciclan cada año. Esto es equivalente al espacio necesario para almacenar todo el maíz producido en Estados Unidos durante los últimos 100 años. Además, la diseminación en composta de los subproductos de origen animal y animales muertos de origen bovino sobre la tierra que se utiliza para pastoreo o la producción de alimentos balanceados, es inconsistente con el propósito de la regla de alimentos de la FDA y de otros programas federales de prevenir la diseminación de la BSE en Estados Unidos. La formación de composta amplía diluiría la integridad de la reglamentación de alimentos balanceados de la FDA y haría que se invalidaran todos los modelos de evaluación de riesgo existentes (Cohen et al.,

2001). Algunos estados reconocen el potencial de la contaminación ambiental cuando se hace composta de canales y tejidos de ganado, de tal forma que prohíben tales prácticas bajo los estatutos estatales. California es uno de esos estados.

La formación eficaz de composta es difícil de manejar y, dependiendo del sistema utilizado, podría resultar en olores y la no eliminación de patógenos (Franco, 2002). El calor producido durante la composta (49°-70°C o 120°-158°F) eliminaría la mayor parte de los huevos de parásitos y bacterias vegetativas en un estrato de 10 a 20 cm (4 a 8 pulg.) de la superficie, pero no es suficiente para eliminar las bacterias térmicamente resistentes y formadores de esporas, tales como el *Clostridium perfringens*. Sin embargo, si no se remueven adecuadamente las pilas de composta, no se puede garantizar la destrucción de patógenos. Los recicladores independientes se encuentran en una posición especial para monitorear el surgimiento y la operación de métodos de eliminación alternativos, debido a su proximidad con las áreas en donde se produce el ganado. La industria del reciclaje ha observado y claramente ha documentado los intentos fallidos e inadecuados de formación de composta.

#### *Enterramiento*

El enterramiento no es una opción viable en muchos estados debido a la densidad de población y al potencial de contaminación del agua superficial y de los mantos freáticos. Si no se hace adecuadamente, el enterramiento también puede crear algunos de los mismos posibles riesgos de los patógenos que hay en los rellenos sanitarios y la formación de composta. Como se muestra en el cuadro 5, es alta la exposición en el ser humano a todos los riesgos biológicos y algunos químicos (tales como el sulfuro de hidrógeno) cuando se entierran subproductos de origen animal y los animales muertos (U.K. Department of Health, 2001). El espacio también es un factor limitante importante para la eliminación de grandes cantidades de subproductos de origen animal y animales muertos.

#### *Incineración*

La incineración puede ser prohibitiva en cuanto al costo, por los combustibles fósiles que se requieren para destruir los subproductos de origen animal y los animales muertos. Quedan como residuos cantidades significativas de cenizas después de que se incineran estos materiales, lo que también causa un problema de eliminación. La incineración es un método eficaz de minimizar la exposición en el ser humano a los microorganismos patógenos. Sin embargo, los incineradores generan químicos peligrosos, tales como las dioxinas y las partículas (cuadro 5). Además, como en la Unión Europea, la capacidad de incineración en Estados Unidos es inadecuada para eliminar todos los subproductos de origen animal y los animales muertos que se producen al año (Goldstein y Madtes, 2001). Existen también muchos desafíos legislativos para permitir nuevos incineradores.

#### *Abandono o descarga*

Debido a su bajo costo y al bajo riesgo de acusaciones legales, el abandono de canales de animales o de basureros ilegales de tejidos residuales de

animales infecciosos, es una opción tentadora de eliminación alternativa (figuras 3-9). El potencial de atracción de animales carroñeros, de contaminar el suministro de agua superficial y de mantos freáticos y la diseminación de posibles patógenos animales y humanos, hacen que esto sea una práctica particularmente dañina. Los recicladores independientes se encuentran en una posición muy especial para seguir y documentar esta creciente tendencia. Los empleados que viajan en las rutas diarias de recolección, observan estos materiales abandonados en campos o botados en ríos o quebradas. Los organismos legisladores de desperdicios sólidos estatales simplemente no tienen los recursos para monitorear y hacer valer las prohibiciones de tales actividades y admiten que su consciencia es limitada para cuando reciben quejas.

### **Papel futuro del reciclaje de subproductos de origen animal**

Los mayores aumentos en el volumen de subproductos de origen animal que no se pueden usar en alimentos para animales debido a las reglamentaciones gubernamentales o presiones del consumidor, van a aumentar la probabilidad de problemas debido a una mala sanidad, diseminación de enfermedades o daño al ambiente. Por lo tanto, surge la necesidad de un sistema de reciclaje de dos niveles que se enfoque a estos problemas y preocupaciones. Bajo tal sistema, podría evaluarse el riesgo relacionado con subproductos crudos de origen animal y animales muertos (mortalidad) y dirigir los materiales a instalaciones dedicadas para fabricar productos que se puedan usar en alimentos o productos para aplicaciones no alimenticias. Al no haber usos viables no alimentarios, los materiales que no se puedan usar en estos alimentos balanceados, se prepararían para su eliminación.

Para que evolucione un segmento de eliminación de la industria, debe ser sustentable el reciclaje de la eliminación. La falta de reglamentaciones requiere que todas las opciones usadas para recolectar, procesar y eliminar los subproductos de origen animal y los animales muertos para cumplir en normas uniformes de bioseguridad, rastreabilidad, y protección ambiental, es la única razón por la que el reciclaje de eliminación no se ha todavía desarrollado como un mecanismo viable para manejar este tipo de materiales. Sin estas normas, Estados Unidos no va a tener la infraestructura para manejar la prohibición del uso de MER en alimentos balanceados, incluso si se prohíbe sólo una porción de éstos como lo propone la FDA. Los problemas de eliminación que amenazan a la salud animal y humana, y al ambiente, van a continuar aumentando conforme se utilicen mayores volúmenes de materias primas de origen animal y animales muertos que no se puedan usar en alimentos balanceados.

**Figura 7. Los basureros ilegales contaminan el agua.**



**Figura 8. Basureros ilegales de animales muertos en ríos.**



**Figura 9. Canales porcinas descompuestas mal eliminadas.**



## Bibliografía

- Batterham, E.S., L.M. Andersen, D.R. Baigent, S.A. Beech, and R. Elliot. 1990. Utilization of ileal digestible amino acids by pigs: *Brit. J. Nutr.* 64:679.
- CFIA. 2006. Canada's Enhanced Feed Ban. Canadian Food Inspection Agency Fact Sheet.
- Cohen, J.T., K. Duggar, G.M. Gray, S. Kreindel, H. Abdelrahman, T. HabteMariam, D. Oryang, and B. Tameru. 2001. Evaluation of the Potential for Bovine Spongiform Encephalopathy in the United States. Report from the Harvard Center for Risk Analysis. Harvard University and Tuskegee University.
- ERS. 2001. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. *Livestock, Dairy and Poultry Situation and Outlook*. LDP-M-90. December 27.
- FAO. 2002. Executive Summary; Expert Consultation and Workshop on Protein Sources for the Animal Feed Industry. Food and Agriculture Organization in association with the International Feed Industry Federation. Bangkok, Thailand, April 29 – May 2.
- FDA. 2005. Animal Feed Safety System public meeting. Omaha, Nebraska, April 5-6.
- Firman, J.D. 1992. Amino acid digestibilities of soybean meal and meat meal in male and female turkeys of different ages. *J. Appl. Poultry Res.* 1:350.
- Franco, D.A. 2002. Animal disposal – the environmental, animal disease, and public health related implications: An assessment of options. National Renderers Association.
- Gerba, C.P. 2002. Potential health implications from the disposal of large animals in landfills. Presentation to the Arizona Department of Agriculture. June 11.
- Glanville, T. 2001. Design a swine composter for your operation. En: *DisSolving Swine Mortality Problems*. Iowa State University.
- Goldstein, N., and C. Madtes. 2001. The state of garbage in America; 13<sup>th</sup> annual Biocycle nationwide survey. En: *Biocycle*. December. pp 42-54.
- Hueston, W.D. 2005. BSE Prevention in North America: Analysis of the Science and Risk. American Meat Institute conference, Washington, DC, January 27.
- Informa Economics. 2005. Economic impacts of proposed changes to livestock feed regulations. Prepared for the National Renderers Association.
- Jørgensen, H., W.C. Sauer, and P.A. Thacker. 1984. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, and meat and bone meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 58:926.
- Knabe D.A., D.C. LaRue, E.J. Gregg, G.M. Martinez, and T.D. Tanksley. 1989. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 67:441.
- NASS. 2001. National Agricultural Statistics Service, U.S. Department of Agriculture. Meat Animals Production, Disposition, and Income. Mt An-1-1 (01). April.
- Parsons, C.M., F. Castanon, and Y. Han. 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poult. Sci.* 76:361.
- Pearl, G.G. 2001. Animal protein by-product ingredients in sein rations. Proc. Mid-West Swine Nutrition Conf. Sept. 5. Indianapolis, IN. pp 33-45.
- Pirtle, E.C. 1997. Stability of pseudorabies virus (PRV) in meat and bone meal and intermediate rendering products. FPRF Director's Digest No. 290.
- Sparks Companies Inc. 2001. The Rendering Industry: Economic Impact of Future Feeding Regulations. National Renderers Association, Alexandria, VA.
- Troutt, H.F., D. Schaeffer, I. Kakoma, and G.G. Pearl. 2001. Prevalence of Selected Foodborne Pathogens in Final Rendered Products. FPRF Directors Digest #312.
- U.K. Department of Health. 2001. A rapid qualitative assessment of possible risks to public health from current foot and mouth disposal options - Main Report. June.
- U.S. Department of Agriculture. 2003. APHIS Veterinary Services Strategic and Performance Plan for the 2003 – 2008 fiscal years.

**Equipo de procesamiento de grasa, 1967.**



## **RECICLAJE DE PRODUCTOS COMESTIBLES — SUBPRODUCTOS RECICLADOS PARA EL CONSUMO HUMANO**

Dr. Herbert W. Ockerman y Lopa Basu  
Departamento de Ciencias Animales  
The Ohio State University

### **Resumen**

Este capítulo se centra en los subproductos de origen animal que directamente usa el ser humano. En él se analiza la información sobre la producción de subproductos y carne en el mundo y en Estados Unidos. Los principales productos en los que se centras son las grasas y aceites y sus propiedades, y los subproductos de origen animal que se recolectan de la canal y el consumidor cuece o incorpora a productos alimenticios consumibles. También se analiza la extracción de la gelatina, el tejido comestible separado del hueso y otros usos. Donde corresponde, se proporcionan referencias sobre dónde se encuentra más información detallada.

### **Definiciones**

Algunas de las definiciones críticas importantes para los subproductos de origen animal comestibles son:

*Cocedor por lotes*: cilindro horizontal recubierto con una chaqueta de vapor con un agitador mecánico.

*Centrífuga*: máquina que usa la fuerza centrífuga para separar materiales de diferentes densidades.

*Tripas de cerdo*: intestino delgado de los cerdos.

*Cocedor continuo*: el flujo del material a través del sistema es constante.

*Chicharrones*: material sólido de proteína de la prensa de tornillo después de la eliminación de la manteca.

*Reciclaje en seco*: liberación de la grasa por deshidratación.

*Comestible*: productos para consumo humano que se encuentran bajo la inspección del Servicio de Inspección de Seguridad Alimentaria del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

*Menudencias*: consiste del cuello, hígado, corazón y molleja de las aves.

*Grasa*: grasas con puntos de fusión más bajos, más suaves. El título es menor a 40° C.

*Manteca (grasa)*: grasa de los cerdos, más suave que la grasa de los rumiantes.

*Reciclaje*: materiales grasosos o aceite de la carne que se derriten y si se separan de la porción de sólidos del tejido animal.

*Sebo*: grasa de la carne de res (de bovinos), de la carne de cordero (ovinos), de cabra (caprinos), de camello y llama (camélidos) y del venado (cervidae). Esta grasa tiene un punto de fusión más alto que la de no rumiantes, tiene una mayor dureza y un título de 40° C o más alto.

*Tankage*: material cocido después de que se ha eliminado la mayor parte de la grasa líquida.

*Título*: determinado mediante la prueba de punto de fusión (° C) que también mide la dureza.

### Productos reciclados de origen animal comestibles

#### *Volúmenes*

En 2004, la producción mundial de carne fue de 253.6 millones de toneladas, lo cual aumenta cada año, según la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas. Aproximadamente el 40% del peso vivo de una res se procesa en una planta de reciclaje de subproductos de origen animal. Los recortes de grasa de res típicos de una planta del USDA consisten del 60 al 64 por ciento de grasa, 14 al 16 por ciento de humedad y del 20 al 24 por ciento de sólidos de proteína (Franco y Swanson, 1996). Se ha calculado que en Estados Unidos se generan casi 24.5 millones de toneladas (54 mil millones de lb) de subproductos cada año del procesamiento de ganado, cerdos, ovinos y aves. Los mataderos, plantas empacadoras, supermercados, carnicerías y restaurantes colectivamente generan cada semana al menos 454 mil toneladas (mil millones de lb) de subproductos de origen animal. La utilización de los subproductos reciclados comestibles en Estados Unidos se puede encontrar en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Producción y consumo de subproductos de origen animal comestibles en Estados Unidos.**

	<b>Producido</b>	<b>Consumo nacional</b>	<b>Exportado</b>
<b>Producto, año</b>	Millones de libras		
Sebo comestible, 1994	1,513	557	295
Sebo comestible, 2005	1,813	402	306
Manteca, 1994	559	422	139
Manteca, 2005	267	235	94

Fuente: U.S. Census Bureau, 1995 y 2006. Nota: También, se consumieron en margarina en 2004, 2,542.4 toneladas (5.6 millones de lb) de manteca y sebo comestible.

#### *Fuentes de grasas*

La grasa no se almacena de manera uniforme en varias partes del animal, cuya cantidad depende principalmente de la nutrición del animal. El adipocito tiene

una membrana celular y un núcleo localizado junto a la membrana; sin embargo la mayor parte de esta zona está compuesta de triglicéridos. Los triglicéridos tanto de las fuentes animales como de las vegetales están hechos a partir de glicerol, que es un éster ligado a tres ácidos grasos. Estos tres ácidos grasos generalmente varían en cada triglicérido, además de que éstos por lo regular son característicos de cada parte en particular del animal. Las especies tienen grasas características, de tal manera que la grasa de los rumiantes es bastante diferente de la de los no rumiantes. Para los no rumiantes, la grasa de depósito también se ve influida por el tipo de grasa consumida. La principal diferencia en los triglicéridos se encuentra en los ácidos grasos que están unidos y en la longitud de las cadenas. El nivel de saturación influye en las reacciones químicas.

#### *Procesos de reciclaje para las grasas comestibles*

El proceso de reciclaje de productos comestibles por lo general es continuo y consiste de dos etapas de separación centrífuga. Los recortes de grasa frescos por lo general se muelen con una máquina y se transportan por una banda a un tanque para derretirla calentado con una chaqueta de vapor, que contiene un agitador. La grasa derretida a 43°C (110°F) se bombea a un desintegrador para reventar los adipocitos. A continuación se utiliza una centrífuga para separar la grasa, la humedad y los sólidos. La fracción de la grasa se calienta entonces a 93°C (200°F) con vapor en un termocambiador tubular. Se utiliza una centrífuga de segunda etapa para pulir la grasa comestible. La centrífuga descarga los finos de proteína que se van al reciclaje no comestible o al sistema de tratamiento principal de aguas residuales. El sebo o manteca comestible, determinados por la especie de la materia prima, se bombea entonces al almacenamiento. Se emiten pocos vapores de cocción de ambos métodos de centrifugación para el reciclaje de la grasa comestible. Ya que es mínimo el contacto del calor con la grasa, se usa materia prima fresca y tienen que estar aprobados la sanidad y el cuidado mediante un programa de análisis de riesgos y puntos de control crítico (HACCP) auditado por el USDA/FSIS.

En contraste con el reciclaje de productos comestibles, el reciclaje de productos no comestibles utiliza sistemas de reciclaje en seco y en húmedo. El sistema en húmedo expone a la materia prima a agua caliente (82° a 96° C o 180° a 205° F) que más tarde tiene que evaporarse. Esta técnica resulta en un grasa, agua pegajosa (que contiene pegamento) y un tankage húmedo (sólidos de proteína). Este sistema no es muy eficiente en cuanto a la energía, es perjudicial para la calidad de la grasa y ya no se usa en Estados Unidos. Sin embargo, se utiliza una variable continua de este procedimiento para producir productos comestibles. El sistema de reciclaje en seco funciona mediante la deshidratación de la materia prima a una temperatura de 115° a 145° C (240 a 290° F), ya sea en un cocedor por lote o continuo. Ya no está aprobado para las grasas grado comestible por parte de USDA. La temperatura final en el cocedor por lotes varía de 121° a 135° C (250° a 275° F) y por lo general requiere de dos a tres horas de tiempo de cocción. Después de la cocción, se drena el producto, los sólidos se prensan (con prensa de tornillo o de doble tornillo), y el contenido de grasa se reduce de 25 por ciento a aproximadamente 10 por ciento. Los sólidos se conocen entonces como

chicharrones. La grasa de la prensa por lo general contiene algunos finos que se eliminan mediante centrifugación o filtración. El sistema de reciclaje continuo es realmente una cocción continua, en la que la materia prima se alimenta por un extremo del cocedor y el material cocido se descarga por el otro extremo. El sistema continuo tiene una mayor capacidad, ocupa menos espacio y es más eficiente en energía. Entre otros procesos de reciclaje se incluye el de secador de anillo, secadores rotatorios de tubo al vapor y la cocción por presión.

#### *Grasas comestibles*

Los productos animales para consumo humano que se acercan más a la definición clásica de reciclaje son la manteca y el sebo, ya que el calor se utiliza para separar estos lípidos de los tejidos muscular y óseo. El sebo y la manteca comestibles se usa en oleomargarinas (margarinas), en aceites y en grasas para cocinar; en éstas dos últimas cuentan con la mayor participación en el mercado. Muchos cocineros insisten en que el sebo le da un mejor sabor a los alimentos fritos que los aceites vegetales. La industria de la comida rápida en la década de 1990 hizo el cambio de sebo y manteca al aceite vegetal, para freír las papas, encabezada por McDonald's, debido al interés público sobre las grasas animales, el colesterol y las enfermedades del corazón.

La manteca se define como la grasa del cerdo que se derrite y se cuele de los tejidos de la pared celular en los que se encuentra incluido. El grado más alto de la manteca es la grasa de riñonada o perirrenal, que se obtiene de la grasa que se encuentra alrededor de los riñones. El siguiente grado es de la grasa dorsal y el más bajo es el de la grasa que cubre el intestino delgado. La manteca también se clasifica por el método de preparación tales como: a) de vapor de primera calidad, reciclada en un recipiente sellado en el que se inyecta vapor, b) neutral, que se derrite a baja temperatura, c) reciclada en marmita, que se calienta con agua añadida a marmitas con chaqueta de vapor y d) la reciclada en seco que se pica en trozos y después se calienta en cocedores equipados con agitadores. La buena manteca se derrite rápidamente y está libre de cualquier olor desagradable. La manteca pura (99 por ciento de grasa) es de mucho valor para cocinar porque echa muy poco humo cuando se calienta.

A menudo, la manteca no procesada tiene un fuerte sabor y una textura suave, pero se puede procesar de muchas maneras entre las que se incluye la separación del tejido que la rodea mediante calor, filtración, blanqueado e hidrogenación. En general, la manteca procesada es más firme (más o menos de la consistencia de una grasa vegetal para cocinar), tiene un sabor más suave, más parecido a la nuez y tiene una vida de anaquel más larga que el aceite vegetal. La manteca produce bizcochos y pastelillos sumamente suaves y hojaldrados. También es una grasa con mucho sabor para freír. Cuando en panificación se sustituye mantequilla o aceites vegetales con manteca, se reduce la cantidad de un 20 a un 25 por ciento. Toda la manteca debe de ir bien empaquetada para prevenir la absorción de otros sabores que puedan estar presentes en el área de almacenamiento. Se puede almacenar a temperatura ambiente o en refrigeración, dependiendo de cómo se haya procesado. La manteca o grasa de cerdo también se usa para insertar (a

menudo con una aguja) tiras delgadas y largas de grasa a cortes secos de carne (generalmente carne de cerdo o tocino). El propósito de esta aplicación de manteca (mechar) es hacer que la carne cocida sea más succulenta, suave y sabrosa. Estas tiras se conocen generalmente como torreznos (trozos de tocino frito o preparado para freírlo) o en francés lardon.

**Cuadro 2. Composición química de las grasas animales.**

Longitud de la cadena de carbonos e insaturación	Sebo de res	Manteca de cerdo	Grasa avícola
<sup>12</sup> C Láurico			0.5
<sup>14</sup> C Mirístico	3.0	1.5	1.5
<sup>15</sup> C Pentadecanoico	0.5		
<sup>16</sup> C Palmítico	24.0	27.0	22.5
<sup>16</sup> C 1=Palmitoleico	2.5	3.0	8.5
<sup>17</sup> C Margárico	1.5	0.5	
<sup>18</sup> C Esteárico	20.0	13.5	5.5
<sup>18</sup> C 1=Oleico	43.0	43.5	40.0
<sup>18</sup> C 2=Linoleico	4.0	10.5	19.0
<sup>18</sup> C 2=Linolénico	0.3	0.5	1.0
<sup>20</sup> C Araquídico	0.5		
Valor de yodo <sup>a</sup>	48	65	90
Saponificación <sup>b</sup>	200	200	196
Base de título C - ácidos grasos <sup>c</sup>	43	36	32

<sup>a</sup> Los números más altos indican ácidos grasos más insaturados.

<sup>b</sup> Los números más altos indican longitudes de cadena más cortas de ácidos grasos.

<sup>c</sup> Los números más altos indican puntos de fusión más altos o grasas más duras.

Modificado de Franco y Swanson, 1996; Ockerman, 1996.

#### *Características de las grasas comestibles*

Las grasas y los aceites, tanto de origen animal como vegetal, están compuestos de triglicéridos, que son tres ácidos grasos conectados a un glicerol mediante un enlace éster. La única diferencia en los triglicéridos es el grado de insaturación (dobles ligaduras en los ácidos grasos) y la longitud de la cadena de ácidos grasos. La calidad de una grasa comestible se juzga mediante el título, los ácidos grasos libres (AGL), el color FAC (Comité de Análisis de Grasas de la American Oil Chemists Society) o color Lovibond y humedad, impurezas (insolubles) y materia insaponificable (MIU, por sus siglas en inglés). La

composición de los ácidos grasos no hidrogenados de las grasas y aceites comestibles se lista en el cuadro 2.

El título determina la dureza o suavidad de la grasa o la temperatura a la que se va a solidificar. Las grasas más insaturadas tienen títulos más bajos como los ácidos grasos con longitudes de cadena más cortas. Los títulos varían de acuerdo con la especie. Por ejemplo, la grasa de ganado y ovejas van a tener un título más alto que la de cerdo, que tiene uno más bajo. La gama de solidificación de las grasas de las tres especies es:

Ganado de engorda De 42° a 45° C (108° a 113° F)

Cerdo De 36° a 40° C (de 97° a 104° F)

Ovejas De 44° a 48° C (de 111° a 118° F)

Es importante la diferencia en la temperatura de solidificación cuando se hace un embutido emulsificado, ya que debe modificarse la temperatura de picado dependiendo de la especie y del título usado.

Dentro de cada especie, el título va también a variar dependiendo del lugar de la grasa dentro de la canal. Por ejemplo, el título es mayor para la grasa de los riñones en comparación con la grasa del lomo. En un animal no rumiante, la dieta puede también influir sobre la dureza de la grasa. De esta forma, un cerdo alimentado con cacahuates (maní) va a tener un punto de solidificación más bajo que uno alimentado con maíz. Los animales bien alimentados también van a tener un título más alto que la grasa de animales escuálidos.

Los AGL por lo regular se expresan como porcentaje de ácido oleico del peso de la muestra total. Los AGL se crean mediante el rompimiento del enlace éster y la liberación del ácido graso del triglicérido. Esto es indeseable y es un indicativo del grado de deterioro que ha ocurrido. Para mantener los AGL tan bajos como sea posible, es necesario utilizar materia prima limpia, equipo limpio, control de temperatura por debajo de 20° C o arriba de 65° C (para inactivar bacterias y enzimas), mantener la materia prima entera tanto como sea posible (reducir la superficie de contacto), manejar rápidamente los materiales y controlar la temperatura y presión durante el reciclaje y el almacenamiento. Para una calidad aceptable, los AGL deben por lo regular ser menores al dos por ciento.

El color de la grasa puede ser casi blanco a amarillo y a veces observarse tonos de verde, café y rojo. A menudo las causas de las diferencias de color se pueden explicar en que el verde proviene del contacto con contenido intestinal que contiene clorofila, el rojo resulta del sobrecalentamiento en el reciclaje y la contaminación con sangre a menudo resulta en un color café. El color de la materia prima también puede verse influido por la raza, el alimento, la edad y la condición del animal. Para reducir los problemas de color, la materia prima debe ser fresca, limpia y libre de contaminación. En el cocedor no debe haber ni sangre ni contenidos intestinales, además de que deben controlarse adecuadamente la temperatura y la presión.

La humedad es indeseable en la grasa, ya que va a promover el crecimiento bacteriano y las enzimas que descomponen a la grasa. La humedad se expresa como partes por ciento, de la cual niveles de 0.2 por ciento son por lo regular aceptables. Para mantener niveles de humedad bajos, debe drenarse la humedad de

la materia prima (mediante una temperatura fresca, conforme sea necesario), evitar el uso ineficiente de agua en el proceso de sedimentación, drenar el agua de la sedimentación y de los recipientes adecuados de almacenamiento y evitar la condensación.

Las impurezas (insolubles) no son deseables y pueden originarse de material no graso (del cinco al 19 por ciento) en la grasa recortada. A veces se encuentran en la grasa materiales extraños tales como finos de proteína, polvo de hueso y pelos. Algunos de estos se eliminan mediante sedimentación o centrifugación, y otros se pueden eliminar por filtración.

Las impurezas (liposolubles) no son deseables y a menudo consisten de cobre, estaño (de latón) y zinc. Algunos de los finos coloidales, o unos que son liposolubles, muchas veces son difíciles de eliminar. El polietileno es un problema, ya que se derrite durante el proceso, se quema en los serpentines de calentamiento o se disuelve en el sebo. Normalmente, se sedimenta en el almacenamiento con el tiempo. Incluso, en productos no comestibles, el límite superior aceptable es de un máximo de 50 ppm. Entre los pasos para reducir este problema incluyen el inicio con materia prima limpia, el uso de sedimentación y filtración adecuados, la no utilización de tuberías o válvulas que puedan contener latón, cobre o zinc, el monitoreo de las materias primas para buscar polietileno y otros contaminantes, y los filtros que también pueden ser de gran ayuda.

La materia insaponificable es la porción de la fracción lípida que no se va a saponificar al añadir un álcali. Los triglicéridos (la porción más grande de la grasa) se van a saponificar; por lo tanto, la adición de álcalis divide la fracción lipídica en dos categorías. Ambas fracciones son solubles no polares, pero la fracción pequeña insaponificable es químicamente bastante diferente de los triglicéridos saponificables. Un ejemplo de un material insaponificable natural sería el colesterol; sin embargo, un ejemplo de un material insaponificable mineral serían los aceites y las grasas para lubricar de bombas y maquinaria. Un buen mantenimiento puede evitar que el material insaponificable mineral degrade la grasa.

La capacidad de blanqueado es una prueba de color que utiliza arcillas activadas y un instrumento de medición del color. Las temperaturas altas reparan el color del sebo. Por lo tanto, esta prueba es un buen indicativo de las condiciones de temperatura y de manejo a las que se ha expuesto la grasa. Las materias primas más limpias y las temperaturas y las presiones de procesamiento más bajas van a resultar en un valor más ligero de blanqueo.

Entre otros indicadores de la calidad de la grasa se incluyen el número de saponificación (mientras más alto sea el número, más corta va a ser la longitud de la cadena promedio del ácido graso), valor de yodo (los valores más bajos indican menos dobles ligaduras o insaturación) y valor de peróxido (VP) (una medida de la oxidación o rancidez). Las grasas frescas deben de tener valores de VP de uno a dos miliequivalentes (me) de peróxido por kilogramo. El TBA o TBARS es otra medida de la oxidación o rancidez. El punto de humo está correlacionado a la temperatura de inflamación e indica las temperaturas a las que suceden estas reacciones. Los puntos de humo también están directamente correlacionados a la

cantidad de AGL. Para reducir la oxidación y la rancidez, el bombeo y el almacenamiento deben de minimizar la incorporación de aire y formación de espuma, no debe mezclar grasas viejas con grasas nuevas y se pueden usar antioxidantes.

*Otros subproductos comestibles*

Muchas otras partes de la canal no encajan exactamente en la definición de reciclaje a alta temperatura, pero son subproductos de la industria animal que consume el ser humano. Varía muchísimo quién y cómo se usan y en la calidad nutritiva. La cantidad disponible se puede encontrar en el cuadro 3. Muchas culturas fuera de Estados Unidos y Canadá utilizan una proporción mucho mayor de las canales de los animales para consumo humano.

Los subproductos comestibles, características, peso promedio, cantidad por porción, forma de almacenarlos y uso en la preparación se forman en categorías en el cuadro 4. En los capítulos 1 y 2 de *Animal By-product Processing and Utilization* (Ockerman y Hansen, 2000) se puede encontrar un diagrama de flujo de los suproductos comestibles, recolección y procesamiento de la sangre, porcentaje de la canal, porcentaje de subproductos usados en varios países, porcentaje de empacadores de EUA que guardan subproductos, comercio de importación y exportación de subproductos, valor nutritivo, composición química de la hidrólisis enzimática de subproductos, proporción de agua/proteína, contenido de colágeno y elastina, contenido de aminoácidos, contenido de colesterol, procedimientos de cocción y descripciones detalladas.

**Cuadro 3. Rendimiento de subproductos con base en el peso vivo.**

	Porcentaje del peso vivo			
	Ganado de engorda	Cerdos	Cordero	Pollo de 1.3 a 2.3 kg (3 a 5 lb)
Cachetes	0.32			
Sangre	2.4 - 6	2 - 6	4 - 9	
Sangre, deshidratada	0.7			
Cerebro	0.08 - 0.1	0.08 - 0.1	0.26	0.2 - 0.3
Tripas de cerdo	0.06			
Chicharrones	3.0	2.2		
Grasa comestible	1 - 7	1.3 - 3.5	12	
Patas	1.9 - 2.1	1.5 - 2.2	2.0	3.9 - 5.3
Molleja				1.9 - 2.3
Falda interior	0.19			
Cabeza				2.5 - 2.9
Carne de la cabeza y los cachetes	0.32 - 0.4	0.5 - 0.6		
Corazón	0.3 - 0.5	0.2 - 0.35	0.3 - 1.1	0.3 - 0.8
Intestinos		1.8	3.3	
Riñón	0.07 - 0.2	0.2 - 0.4	0.6	
Labios	0.1			
Hígado	1.0 - 1.5	1.1 - 2.4	0.9 - 2.2	1.6 - 2.3
Pulmones	0.4 - 0.8	0.4 - 0.8	0.7 - 2.2	0.7
Páncreas	0.06	0.1	0.2	
Cuajo	0.23			
Arrachera	0.2 - 0.3	0.4 - 0.5	0.5	
Médula espinal	0.03			
Bazo	0.1 - 0.2	0.1 - 0.12	0.1 - 0.4	0.15

Mollejas (lechecillas)	0.03 - 0.05			
Corazón	0.02			
Cuello	0.02			
Cola	0.1 - 0.25	0.1		
Lengua	0.25 - 0.5	0.3 - 0.4		
Pancita (callos)	0.75 - 2.0	0.6	2.9 - 4.6	
Libro	0.18			
Rumen	0.6			
Retículo	0.1			
Gaznate	0.04 - 0.09	0.05		
Grasa comestible reciclada	2 - 11	12 - 16	9	

Fuentes: Gerrard y Mallion ,1977, Ockerman, 1983, Romans et al., 1985, y Ockerman y Hansen, 1988 y 2000.

#### Cuadro 4. Subproductos consumidos por el ser humano.

Subproducto	Característica	Peso promedio, kg (lb)	Porción	Almacenamiento	Usado para preparar
Sangre- de res, cerdo, cordero					Preparación de alimentos a base de sangre, embutidos de sangre, morcilla (moronga), pastel de sangre y cebada, ingrediente de embutidos
Plasma sanguíneo - cerdo, cordero					Ingrediente de embutidos, morcilla (moronga)
Hueso- de cerdo, cordero, res					Gelatina, sopas, tejido mecánicamente deshuesado, reciclado para aceite para cocinar, refinación de azúcar
Subproducto	Característica	Peso promedio, kg (lb)	Porción	Almacenamiento	Usado para preparar
Sesos- de res, ternera, cerdo, cordero	Tiernos, delicados de sabor, el de ternera es	Res - ¾-1 Cordero- ¼ Cerdo - ¼	¾ -1 lb para cuatro	Congelados, descongelar en agua caliente fresca,	Se usan menos debido a la BSE; separados de la médula espinal, son tiernos, se asan a la parrilla, sofritos, escalfados, estofados, mezclados, con crema, cocidos en

Lo imprescindible del reciclaje—Productos para el ser humano—Ockerman y Basu

	el de más popularidad			refrigerada usar en 24 hr.	líquido, en embutidos de hígado
Envoltura (tripa) para embutidos	Ganado, cerdos, ovejas			Se usa para contener embutidos	Limpios, se eliminan algunas capas y se salan; algunos no usan de rumiantes (preocupación por la BSE)
Recortes de cachete y cabeza - res, cerdo, cordero					Ingrediente de embutidos; sesos (menor uso debido a la BSE); estofado, salsa, embutido de hígado, hervido, escalfado, frito
Tripas de cerdo	Intestinos delgados de cerdo; en algunos países también se usa de res			Muchas veces congelado	Limpias, hervidas a fuego lento hasta que se suavicen. Se sirven con salsas, se añaden a sopas, rebozadas y fritas
Chicharrones - cerdo	Material sólido de proteína, crujiente, de color dorado, de la prensa de tornillo después de la eliminación de la manteca.			Úsense rápidamente ya que se enrancian con facilidad	Se usan en pan de maíz, bizcochos, muffins; se añaden encima de camotes, puré de papas, ensaladas y como tentempié
Orejas -cerdo					Estofadas con patas
Esófago					Ingrediente de embutidos
Extracto de carne- de cerdo, cordero, res					Sopas, caldos
Grasa, aceite animal					Oleomargarina, aceite para cocinar, unto,
Oleoestearina					Aceites para cocinar, dulces, chicles
Sebo comestible					Aceite para cocinar, picadillo, pasta, pudín, unto
Cabeza- cerdo					Ingrediente de embutidos, gelatina, embutido de sangre e hígado, pastel, queso de puerco, salar y hervir
Manteca	Carne de cerdo				Grasa de cocinar, manteca
<b>Subproducto</b>	<b>Característica</b>	<b>Peso promedio, kg (lb)</b>	<b>Porción</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Usado para preparar</b>
Patatas- de cerdo, res, cordero, pollo	Cerdo - caña de pata	Cerdo, crudo - 46% músculo	Patatas de cerdo - con hueso,	Pollo comido en oriente;	Jalea/gelatina, talón de la vaca, aspí de pata, patas de cerdo en escabeche; para hervir, freír,

Lo imprescindible del reciclaje—Productos para el ser humano—Ockerman y Basu

	delantera		semideshuesada, deshuesada; articulación del tarso	patas de cerdo - fresco, congelado, curado	embutidos
Menudencias - aves	Corazón, hígado, molleja y a veces el pescuezo	Pollo: 85-113.40 g (3-4 oz) Hígado: 56.7 g (2 oz) Corazón: 14.17 g (0.5 oz) Molleja - 2.83 g (0.1 oz)	0.454 g (1 lb) para cuatro	Congeladas, descongelar en el refrigerador; frescas, refrigeradas, úsense en 12 hr.	Freír; hervir a fuego lento hasta que estén tiernas
Haggis (plato escocés): ternera, cordero	Corazones, pulmones, hígados			Guisado en el estómago de un cordero	Combinado con avena, muy sazonado
Corazón: de res, ternera, cerdo, cordero, pollo	Parte de la res menos tierna	1 de res: 4 1 de ternera: ½ 1 de cerdo: ½ 1 de cordero: ¼  10-12 de pollo: 1	10-12 2-3 2-3 1 3-6 cap-on, aorta, tronco pulmonar, se elimina parte de la grasa	Congelado: descongelar en el refrigerador; fresco o refrigerado, usar en 24 hr.	Estofado, cocido en líquido, frito, horneado, asado a la parrilla, añadido a otra carne, las cavidades se rellenan de aderezo y se asa, en embutidos y pasteles de carne.
Intestinos delgado y grueso: cerdo, res, ternera, cordero					tripa para embutidos, intestino grueso de cerdo: tripas de cerdo
Riñón: res (lóbulo), ternera (lóbulo), cerdo (un solo lóbulo), cordero (forma de frijol un solo lóbulo)	El de ternera, cordero y cerdo es más tierno y menos fuerte que el de res; a veces el de ternera y cordero se corta con las chuletas de lomo	1 de res: 1 1 de ternera: ¾ 1 de cerdo: ¼ 1 de cordero: 1/8	4-6 3-4 1-2 0.5-1 Se eliminan vasos sanguíneos, ureteres, cápsula y membrana	Refrigerado, úsese en 24 horas	Guisos, estofados, fritos, pasteles, sopas, envuelto en tocino y cocidos en brochetas, asados a la parrilla, cocidos en líquido, en pasteles de carne
<b>Subproducto</b>	<b>Característica</b>	<b>Peso promedio,</b>	<b>Porción</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Usado para preparar</b>

Lo imprescindible del reciclaje—Productos para el ser humano—Ockerman y Basu

		<b>kg (lb)</b>			
Hígado: res, ternera, cerdo, Cordero, pollo	El de ternera, cordero, cerdo se más tierno que el de res; de ternera y cordero más ligero de sabor que el de cerdo o res	1 de res: 10 1 de ternera: 2.5 1 de cerdo: 3 1 de cordero: 3 de pollo: 1	340 - 454 g (¾ - 1 lb) para 4 Se eliminan la vesícula biliar, diafragma, arterias, venas, cápsula fibrosa	Congelado, descongelar en el refrigerador ; Fresco, refrigerado úsese en 24 hr. Se muele para pasteles de carne	Estofado en rebanadas delgadas, asado a la parrilla, frito, guisado, cocido en líquido, en sopas, pasteles de carne, patés, embutidos de hígado, haggis
Pulmón: de cerdo, cordero					Europa: preparación de la sangre, haggis, alimento para mascotas
Extracto de carne	Carne, huesos extraídos con agua hirviendo o carne para enlatar				El producto extraído se condensa
Epiplón: cerdo					Cubierta para carne procesada, pastel, paté
Cola de buey - res	Porcentaje grande de hueso, despiezado, sabor fino de la carne		454 g (1 lb) para dos	Congelado, descongelar en el refrigerador; fresca, refrigerada usar en 24 hr.	Hervir a fuego lento dos horas o hasta que se suavice, en sopas, guisos
Papada/cache tes de cerdo	Mandíbula del cerdo				A menudo curado como tocino
Subproducto procesado: cerdo macerado, en escabeche, queso de puerco, pastel de sobras y recortes de cerdo	Carne alta en colágeno como la cabeza entera del cerdo, que incluye lengua, manitas de cerdo, hocicos, orejas y piel			A veces se rellenan en tripas para embutidos y se ahuman en frío, muy perecedero	Hervir y cocer a fuego lento hasta que se suavice, se condimenta, se quita la carne, se deja enfriar para que gelifique
Recortes de piel: cerdo, res				Las cortezas de cerdo (chicharrones) se pueden almacenar a temperatura ambiente durante 6	Emulsión de cortezas para embutidos, gelatina, alimentos gelificados, chicharrones, extracto de colágeno para extrusión en tripas para embutidos

Lo imprescindible del reciclaje—Productos para el ser humano—Ockerman y Basu

Subproducto	Característica	Peso promedio, kg (lb)	Porción	Almacenamiento	Usado para preparar
Arrachera, gruesa: cerdo, res				meses.	Estofado, ingredientes para embutidos
Bazo: de cerdo, cordero					Ebutido de sangre, pastel; para freír, saborizante, carne de variedades
Caldo, sopa: res, ternera, cordero, cerdo	Huesos, residuos de carne			Refrigerado o congelado	Asado con verduras, hervido a fuego lento, colado, enfriado. Se usa en platillos, sopas, salsas, gravies
Estómago: cerdo					Ingrediente de embutidos, envoltura de embutido, precocido en agua, estofado, frito, hervido
Mollejas (lechecillas): res, ternera, cordero	Del corazón y garganta (timo): rico en grasa, sólo en animales jóvenes	Ternera, pescuezo y corazón: 1 Res, sólo pescuezo: 1/8 Corazón de res: 0.15 Tripas de res: 3/8 Cordero: 57 g (2 oz.) Tripa de cordero: 3/16 Tripa de cerdo: 3/16	340 - 454 g (¾ - 1 lb) para cuatro	Congeladas, descongelar en agua caliente; fresca, refrigerada usar en 24 hr.	Sabor suave y delicado; se eliminan membranas, ganglios linfáticos, vasos sanguíneos; fritos y empanizados, cubiertos con mantequilla se asan, estofados, guisados en líquido, escalfados, revueltos con huevo, crema, carne de variedades
Cola: cordero				Limpia y congelada hasta que se use	Empanizada y frita
Cola: cerdo		1.5	4 por porción	A veces curada y ahumada	Mezcolanza; en barbecue, salada y hervida, usada con chucrut, judías (ejotes/vainitas) con mostaza
Testículos: cordero, criadillas; también se usan otras especies			1 por porción		Se hierven hasta que se suavicen, se hierven a fuego lento, empanizan, fríen, asan
Lengua: de res, ternera, cerdo, cordero	Rica en grasa, diferentes tipos, corte cuadrado, corto, suizo, largo	1 de res: 3-4 1 de ternera: 1-2 1 de cerdo: ¾ 1 de cordero: ½	12-16 3-6 2-4 2-3 La cantidad de recortes varía con el tipo de corte	Fresca, refrigerada, úsese en 24 hr., en escabeche, remojar antes de cocinar	Fresca: rebanada delgada, calor húmedo de largo plazo, asada a la parrilla, estofada, ahumada, en escabeche, en aspic, en paté, enlatada, embutido de lengua con sangre e hígado
<b>Subproducto</b>	<b>Caracte-</b>	<b>Peso</b>	<b>Porción</b>	<b>Almacena</b>	<b>Usado para preparar</b>

	<b>rística</b>	<b>promedio, kg (lb)</b>		<b>miento</b>	
Pancita (callos): estómago de res, cerdo, cordero	De res, retículo (preferido), rumen, libro, difícil de limpiar, no se usa mucho, ternero: cuajo	Res, retículo: 1.5, Rumen: 7, cordero: 2.2	Rumen $\frac{3}{4}$ : 1 para 4	Fresco, refrigerado úsese en 24 horas, en escabeche, remojar antes de usar, enlatado, calentar y servir	A veces precocido, pero necesita más cocción; ingrediente de embutido, cordero: recipiente de haggis
Ubre					Se come en Europa: se hierbe, sala, ahuma, frie

Fuentes: Ockerman y Hansen 1988, 2000, Fornias, 1996, McLean y Campbell, 1952, National Livestock and Meat Board, 1974 a,b, Ockerman 1975, 1996.

### Gelatina

Otro subproducto comestible es la gelatina. La gelatina y el pegamento son hidrosolubles, hidrofílicos, proteínas coloidales derivadas (albuminoides) producidas mediante la hidrólisis controlada de colágeno no hidrosoluble (tejido conectivo fibroso blanco). La gelatina y el pegamento son física y químicamente similares, pero la gelatina está hecha de materia prima fresca, inspeccionada federalmente (en Estados Unidos) que le permite mantenerse dentro de la categoría de comestible. Ya que el colágeno constituye el 30 por ciento de la materia orgánica total del cuerpo o 60 por ciento de la proteína corporal, la gelatina se puede extraer de muchas materias primas (pieles de res o de cerdo, huesos y oseína). Esta proteína pura del colágeno, a veces llamada isinglás, se utiliza en helados, aderezo de mayonesa, sabores de emulsión, para clarificar el vino, cerveza y vinagre, y se utiliza para hacer cápsulas y recubrimientos de píldoras. El colágeno (anhídrido de gelatina) está hecho de monómeros de tropocolágeno dispuestos en fibras sobrepuestas configuradas en tres cadenas helicoidales de péptidos no idénticas con un peso molecular que va de 40,000 a 100,000 (Etherington y Roberts, 1997). El número y tipo de enlaces cruzados covalentes entre las cadenas se alteran conforme envejece el animal (más abundantes en los animales más viejos), lo cual influye en las propiedades de la gelatina extraída. La conversión del tropocolágeno a gelatina, requiere del rompimiento de los enlaces de hidrógeno, lo cual desestabiliza la hélice de tres espirales y la convierte en una configuración de espirales al azar de gelatina, que se estabiliza mediante los enlaces cruzados que permanecen y los grupos terminales amino y carboxilo que se forman. Debido a que no eran idénticas las tres cadenas originales, resulta en una muestra de gelatina sencilla con diversos pesos moleculares. La cadena alfa contiene una cadena de péptidos, la cadena beta tiene dos cadenas de péptidos conectadas y la cadena gama está hecha de tres cadenas de péptidos. La distribución de los pesos moleculares determina la funcionalidad de la gelatina. Las concentraciones más grandes de moléculas de bajo peso molecular va a disminuir la viscosidad y la dureza del gel. Esta condición está generalmente causada por altas temperaturas, condiciones muy ácidas o alcalinas, el tipo de

materia prima o el tiempo de encalado. Desde el punto de vista nutricional, la gelatina es una cadena larga de aminoácidos, tanto ácidos como básicos, conectados por enlaces peptídicos. Es alto en glicina y lisina, pero bajo en triptófano y metionina. Esto hace que sea una proteína no completa, ya que no suministra el requerimiento diario de aminoácidos “esenciales” (aminoácidos que no puede sintetizar el organismo). Sin embargo, en una “dieta normal” con otras proteínas, puede ser nutricionalmente útil. La gelatina tiene un alto contenido de los aminoácidos prolina e hidroxiprolina, cuyas cantidades a menudo se utilizan como un índice de la cantidad de gelatina en una mezcla de proteínas.

La extracción de gelatina se realiza en cuatro etapas:

1. Selección de las materias primas adecuadas (que pueden influir sobre las características de la gelatina).
2. Eliminación de los compuestos no colagenosos de la materia prima con el menor cambio en el colágeno como sea posible.
3. Hidrólisis controlada del colágeno a gelatina.
4. Recuperación y secado de la gelatina.

También hay tres procesos para obtener la gelatina del colágeno, así como varias combinaciones de estos procesos.

1. Procedimiento alcalino (gelatina tipo B): El procedimiento más común consiste de un lavado, seguido de hidróxido de calcio saturado (periodo de encalado) que causa que el material no colagenoso se haga más soluble, con lo cual se puede eliminar con un lavado posterior. El encalado también causa reacciones hidrolíticas con solubilización limitada. Luego, se baja el pH y la cal se lava con agua fría y se elimina de la solución. A esto le sigue un lavado con ácido diluido y un lavado final con sulfato. La solución se coloca entonces en marmitas de extracción; la extracción se realiza en una serie de cocciones. El extracto líquido se filtra con presión seguido de la evaporación.
2. Procedimiento ácido (gelatina tipo A): Este procedimiento se utiliza muchas veces con las pieles y huesos de cerdo. Primero se lava la materia prima y la grasa con frecuencia se extrae previamente (con calor o químicos no polares). Luego, la materia prima se remoja en ácidos inorgánicos, seguido de un lavado para aumentar el pH. Luego, al colágeno se le da un tratamiento alcalino. Se filtra después y se seca. El producto entonces se somete a una serie de cocciones y se seca rápidamente. Los procedimientos ácido y alcalino producen dos diferentes clases de gelatina, cuyos productos producidos no son intercambiables.
3. Otros métodos: Otros métodos tales como la extracción con vapor a alta presión o los métodos enzimáticos continúan evolucionando, los cuales han logrado desmineralizar el colágeno de la oseína con un mejoramiento en la predicción de la calidad y el rendimiento (Rowlands y Burrows, 1998).

La gelatina se usa en niveles bastante bajos (de uno a 2.5 por ciento) en postres de gelatina. Se pueden encontrar más detalles sobre la extracción de gelatina, contenido de aminoácidos, materias primas potenciales, rendimiento, diagramas de flujo y conservadores en el Capítulo 5 del libro *Animal By-product Processing and Utilization* (Ockerman y Hansen, 2000).

### **Tejido comestible del hueso**

Durante mucho tiempo los huesos se han usado para hacer sopa y gelatina. Conforme la mano de obra se hace más cara y la industria del procesamiento animal intenta rescatar más de la carne pegada a los huesos, se han ido desarrollando nuevas técnicas de separación. Se han desarrollado productos de especialidad que utilizan productos de carne de músculo que no está completo y tejido extraído. En la industria avícola, la tendencia de la comercialización de aves enteras a partes, ha dejado una serie de partes difíciles de comercializar y gallinas de desecho que también eran una fuente de material a disposición. En la industria de la carne de res, las canales se cortan para empacar la carne de res en cajas (cortes al por mayor), lo que concentra grandes cantidades de huesos en pocos lugares. El procesamiento central hace que sean más práctico el deshuesado mecánico. Este proceso puede enviar cantidades importantes de tejido comestible al mercado.

Los términos de carne separada mecánicamente y a carne de aves separada mecánicamente se utilizan en Estados Unidos, mientras que el término de carne mecánicamente recuperada a veces se utiliza en Europa. El pescado picado se utiliza para el pescado mecánicamente deshuesado. Actualmente, en Estados Unidos se utilizan grandes cantidades de carne de aves mecánicamente deshuesadas y cantidades más pequeñas de carne roja mecánicamente deshuesada. Las excelentes primeras revisiones de Field (1981, 1988) y Froning (1981) pueden brindar un conocimiento importante de este proceso. Ockerman y Hansen (2000) hablan de la historia, las reglamentaciones de Estados Unidos, los rendimientos, la composición, los nutrientes, la tasa de eficiencia de la proteína, los diagramas de flujo y del equipo

En general, los huesos y el tejido se pican finamente y las partes blandas se fuerzan a través de pequeños orificios (0.5 mm). La estructura resultante del material prensado muele finamente y se forma una pasta en la que las miofibrillas están altamente fragmentadas. Los tratamientos posteriores a la prensa van de no tratamiento a un lavado y eliminación de agua, altas temperaturas, centrifugación y uso de emulsificantes. La selección del tamaño de los orificios y la cantidad de presión aplicada pueden afectar el rendimiento, la cantidad de médula ósea y el tamaño y cantidad de polvo de hueso en el producto terminado.

La calidad microbiológica está determinada por la calidad de los huesos crudos, que a su vez está determinada por el manejo sanitario, las bajas temperaturas y el almacenaje limitado, y la relación entre el tejido externo y el interno. La temperatura aumenta durante el deshuesado y el molido fino también contribuye a un ambiente ideal para el crecimiento bacteriano. También son críticos la disminución rápida de la temperatura y el control del tiempo después del

deshuesado. La rancidez puede también causar problemas en este tejido, ya que la médula ósea tiene más grasas insaturadas. La temperatura es más alta con el deshuesado mecánico y el mezclado por lo que hay más incorporación de aire y pigmentos del grupo hemo que con el deshuesado a mano. Esto causa la oxidación, y aunque se reduce a temperaturas bajas, puede todavía continuar incluso en la carne deshuesada congelada.

El color rojo brillante adicional es considerado como algo bueno para algunos productos cárnicos procesados, pero es negativo si se desea un producto pálido. Otras propiedades, tales como la capacidad de emulsificación, la capacidad de retención de agua y la estabilidad de la emulsión son comparables a un producto deshuesado a mano.

La adición de médula ósea causa una elevación en el pH, lo que ayuda a la capacidad de retención del agua y a la formación de la emulsión. Los puntos negativos incluyen una elevación del calcio y del magnesio (no obstante, la dieta estadounidense por lo general es baja en calcio). Entre los usos para este producto separado se incluyen los productos tipos salchichas, cocidos, salsas, productos para untar e incluso productos en trozos y formados. Además, su <precio favorable comparado con el tejido deshuesado a mano hace que sea un favorito para productos de menor costo. Otros métodos de extracción incluyen la extracción de líquidos y la extracción alcalina fría. El material de extracción del sabor se obtiene mediante el calentamiento en ácido líquido o con cocción centrífuga.

Los usos médicos y farmacéuticos de los subproductos son otros usos de la porción que no es de la canal del animal que los utilizan directamente el ser humano. Entre estas se incluye a las glándulas de los animales, arterias, bezoares, bilis, sangre, huesos, sesos, duodeno, polvo de cascarón de huevo, plumas, vesícula biliar, glucosaminoglucanos, pelo, corazón, cuernos, intestinos, hígado, pulmones, sistemas nerviosos, ovarios, concha de ostras, páncreas, suero, piel, médula espinal, bazo, estómago, etcétera. Los cerdos miniatura también se utilizan en la investigación médica, ya que muchos de sus sistemas son similares a los de los humanos. Estos usos médicos y farmacéuticos se analizan en detalle en el Capítulo 7 de *Animal By-product Processing and Utilization* (Ockerman y Hansen, 2000).

## **Bibliografía**

- Etherington and Roberts. 1997. *Bookbinding and the conservation of books: a dictionary of descriptive terminology*.
- Field, R.A. 1981. *Mechanically Deboned Red Meat. Advances in Food Research*. 27:23 Academic Press, New York.
- Field, R.A. 1988. Mechanically separated meat, poultry, and fish. *Advances in Meat Research*. Vol. 5. Elsevier Applied Science, New York.
- Fornias, O.V. 1996. Edible By-Products of Slaughter Animals. FAO, Animal Production and Health Paper, 123, Rome.
- Franco, D.A., and S. Winfield. 1996. *The Original Recyclers*. National Renderers. Alexandria, VA.

Lo imprescindible del reciclaje—Productos para el ser humano—Ockerman y Basu

- Froning, G.W. 1981. Mechanically Deboning of Poultry and Fish. *Advances in Food Research* 27:109. Academic Press, New York.
- Gerrard, F., and F.J. Mallion. 1977. *The Complete Book of Meat*. London, Virtue holm, Sweden.
- McLean, B.B., and T.H. Campbell. 1952. *Martha Logan's Meat Cook Book*. Pocket Books, New York.
- National LiveStock and Meat Board. 1974 a. Lessons on Meat. National Live Stock and Meat Board, Chicago.
- National Live Stock and Meat Board. 1974 b. Recipies for Variety Meat, National Live Stock and Meat Board, Chicago.
- Ockerman H.W. 1996. *Chemistry of Meat Tissue*. The Ohio State University.
- Ockerman, H.W. 1983. *Chemistry of Meat Tissue*, 10 Ed. The Ohio State University.
- Ockerman, H.W. , and C.L. Hansen. 1988. *Animal By-Product Processing*. Ellis Horwood Ltd. Chichester England.
- Ockerman, H.W. , and C.L. Hansen. 2000. *Animal By-Product Processing and Utilization*. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, PA. USA.
- Romans, J.R., K.W. Jones, W.J. Costello, C.W. Carlson, and P.T. Zeigler. 1985. *The Meat We Eat*, 12 Ed. Interstate. Danville, IL.
- Rowlands, A.G. and D.J. Burrows. 2000. Enzyme method of manufacturing gelatin. US Patent #6,100,381. Assigned to Eastman Kodak.

## **SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA NUTRICIÓN DE RUMIANTES**

Dr. Thomas C. Jenkins  
Departamento de Ciencias Animales y Veterinarias  
Clemson University

### **Resumen**

El reciclaje de los productos de origen animal de regreso al alimento para especies rumiantes ha tenido un impacto positivo tanto en la eficiencia de la producción ganadera como en la disponibilidad de carne y leche para los consumidores, a un precio más accesible. Los productos animales reciclados se distinguen por proteínas que tienen un alto contenido de aminoácidos que resisten la degradación microbiana en el rumen, y por las grasas animales extraídas que suministran un alto contenido de energía para la producción de carne y leche.

Históricamente, entre los principales productos reciclados de origen animal que se usan como suplementos de proteína se encuentran la harina de carne y hueso, la harina de sangre, la harina de pescado y la harina de plumas. Las reglamentaciones de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) en respuesta a las preocupaciones por la encefalopatía espongiforme bovina (BSE), van a dictar la continuación del uso de algunos de los productos animales reciclados como ingredientes para alimentos balanceados para dietas para rumiantes. Las restricciones actuales prohíben la alimentación de harina de carne y hueso de animales rumiantes reciclados de vuelta al ganado y ovejas, pero no hay restricciones todavía en cuanto al uso de la harina de sangre o harina de plumas. Las preocupaciones por los suplementos de proteína provenientes de ganado, han elevado el interés en las harinas avícolas, entre las que se incluye a la harina de plumas y la harina de subproductos avícolas en raciones para ganado.

Los subproductos reciclados de origen animal con alto contenido de grasa, incluyen al sebo y a las grasas. Siendo que la mayoría del material lípido en las grasas recicladas consiste de triglicéridos que contienen 90 por ciento de ácidos grasos o más, la densidad de la energía de las grasas recicladas iguala o excede el contenido de energía de la mayoría de los suplementos de grasas que rutinariamente se usan en las raciones para ganado. La alta densidad energética en combinación con los precios razonables, hace que las grasas recicladas sean competitivas con respecto a las otras grasas para alimentos, con base en el costo por unidad de energía. Las principales limitantes de las grasas extraídas de productos animales, incluyen la necesidad de un transporte y equipo de mezclado especializado, así como su potencial de perturbar la fermentación microbiana en el rumen, lo que posiblemente conduce a una reducción en la digestibilidad del alimento.

## **Contribuciones de proteína de los subproductos reciclados de origen animal**

### *Preocupaciones reglamentarias*

Los productos animales reciclados han contribuido inmensamente a cubrir las necesidades de proteína de las especies de ganado rumiantes durante muchas décadas sin problemas de salud para el animal o el consumidor humano. El tratamiento térmico aplicado a los productos reciclados de origen animal para eliminar la humedad era suficiente para eliminar los agentes bacterianos y virales infecciosos. El advenimiento de las preocupaciones por la BSE, comúnmente llamada como la “enfermedad de las vacas locas”, que se dio primero en Europa, llevó a una prohibición de la FDA en Estados Unidos en 1997 que previene la alimentación de ganado y ovejas de cualquier harina de carne y hueso de especies rumiantes. El primer caso de BSE que apareció en Estados Unidos fue en 2003 (importado de Canadá) y hubo un tercer caso que se notificó en 2006. Sigue habiendo gran preocupación por la causa y prevención de la enfermedad, que generalmente se atribuyen a un prión más que a una bacteria o virus. Los priones son pedazos de proteínas celulares normales que se pueden replicar a una forma enfermiza, pero que resisten los tratamientos usuales de inactivación tales como los extremos de pH, radiación y exposición a formalina.

Claramente, el uso continuo de los productos reciclados de origen animal como suplementos de proteína para las dietas del ganado y las ovejas depende de las reglamentaciones actuales y futuras de la FDA. Aunque la harina de carne y hueso de rumiantes se ve afectada por la prohibición de la FDA, la harina de sangre y la harina de plumas no se ven afectadas. Además, todavía está permitido alimentar al ganado con harina de carne y hueso que se origine de productos de cerdo o de aves. Como resultado, ha crecido el interés en alimentar más productos avícolas reciclados al ganado, como se analizará más adelante. Las restricciones adicionales de la FDA van a determinar el alcance y los tipos de productos reciclados de origen animal disponibles como suplementos de proteína para las raciones de ganado y las ovejas. El lector puede obtener más información sobre el impacto de las reglamentaciones de la FDA en el uso de subproductos reciclados de origen animal como ingredientes de alimentos para ganado en la página web de la National Renderers Association ([www.renderers.org](http://www.renderers.org)).

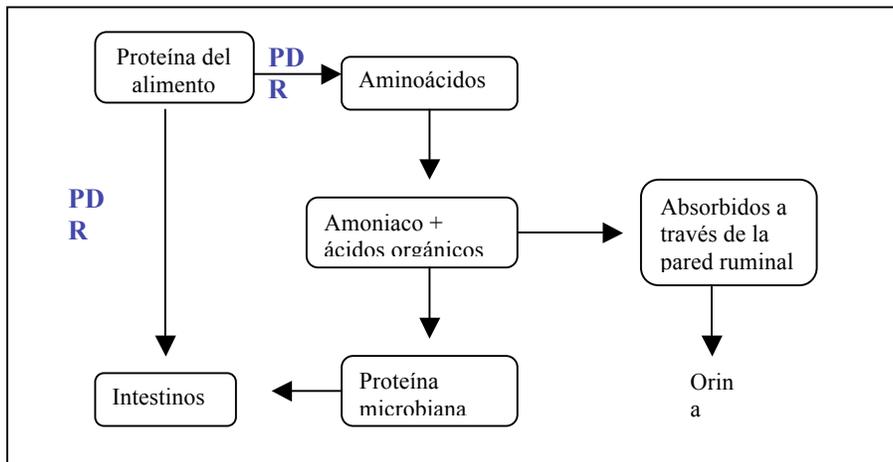
### *Composición de proteína y aminoácidos*

Los productos reciclados de origen animal se distinguen por su alto contenido de proteínas que contiene aminoácidos que resisten la degradación microbiana en el rumen (figura 1). La porción de proteína de alimento que escapa a la descomposición microbiana se le conoce como proteína no degradable en el rumen (PNDR). La fracción de PNDR lleva aminoácidos intactos del alimento directamente al intestino delgado del rumiante donde se dirigen y absorben. La fracción PNDR puede favorecer la alta producción de carne y leche si contiene las proporciones adecuadas de aminoácidos esenciales que se necesitan para la síntesis de proteína en los tejidos corporales. Una fracción alta de PNDR puede ser perjudicial si contiene aminoácidos que no necesiten los tejidos corporales o si sus aminoácidos constituyentes no se digieren bien en el intestino delgado.

La fracción de proteína degradable en el rumen (PDR) en el alimento está sujeta a la proteólisis de los microorganismos ruminales que producen aminoácidos y péptidos. Posteriormente, los aminoácidos se degradan a amoníaco más ácidos orgánicos. El amoníaco tiene tres posibles consecuencias: (1) absorción a través del epitelio ruminal hacia la sangre, (2) paso al intestino delgado y (3) utilización por parte de los microorganismos ruminales para sintetizar proteína microbiana que a su vez pasa al intestino delgado para su digestión y absorción. El amoníaco que llega a la sangre se puede excretar del cuerpo del animal en la orina, donde ya no tiene más oportunidad de cubrir las necesidades de proteína del animal.

Aunque hay más de 100 productos reciclados de origen animal definidos por la Association of American Feed Control Officials (AAFCO), los principales productos usados como suplementos de proteína para las raciones de ganado incluyen a la harina de carne y hueso, la harina de carne, la harina de aves y de subproductos avícolas, la harina de sangre, la harina de plumas y la harina de pescado. En el cuadro 1 se muestran las de mayor importancia para las dietas de rumiantes junto con su contenido total de proteína y de PNDR. El contenido de proteína varía del 54 por ciento de la harina de carne y hueso al 96 por ciento de la harina de sangre. La mayoría de la proteína en los productos reciclados de origen animal es PNDR, la cual va del 55 por ciento de proteína cruda (PC) de la harina de carne al 78 por ciento de PC de la harina de sangre.

**Figura 1. Metabolismo de nitrógeno del rumen: PNDR que pasa directamente al intestino delgado en comparación con la PDR que se convierte a proteína microbiana o se excreta en la orina.**



**Cuadro 1. Contenido de PC total y fracciones de PNDR de los principales productos reciclados de origen animal que se usan como ingredientes de alimentos balanceados para ganado de engorda y de leche.**

	PC, como % de la materia seca		PNDR, % de PC	
	Ganado de engorda <sup>a</sup>	Ganado lechero <sup>b</sup>	Ganado de engorda	Ganado lechero
Harina de sangre	93.8	95.5	75.0	77.5
Harina de plumas	85.8	92.0	70.0	65.4
Harina de pescado <sup>c</sup>	67.9	68.5	60.0	65.8
Harina de carne y hueso		54.2		58.2
Harina de carne	58.2		55.0	

<sup>a</sup> De los NRC requirements for Beef Cattle, 1996.

<sup>b</sup> De los NRC requirements for Dairy Cattle, 2001. Los datos de la PNDR del ejemplo se basaron en el consumo de alimento balanceado del 4% del peso corporal y 50% de forraje.

<sup>c</sup> Pescado menhaden según lo notificado en el NRC for Dairy Cattle, 2001.

La alta concentración de PNDR se debe al tratamiento térmico de los productos reciclados para eliminar la humedad y facilitar la extracción de grasa. El calor desnaturaliza las proteínas y disminuye su hidrosolubilidad, lo que reduce sustancialmente la tasa de proteólisis microbiana. A una tasa de paso de partículas de alimento a través del rumen dada, las tasas proteolíticas más lentas se traducen en un mayor escape de proteína del alimento de la descomposición microbiana. Un estudio reciente mostró que el valor de PNDR de los productos reciclados de origen animal sigue siendo alto en toda la amplia gama de tasas de alimentación (Legleiter et al., 2005).

Aparte del alto contenido de proteína cruda total y de PNDR, es igualmente importante para el alto valor nutritivo de los productos reciclados de origen animal el perfil de aminoácidos (cuadro 2). La harinas de sangre, plumas y pescado contienen al menos cinco aminoácidos esenciales en concentraciones más altas que las que se encuentran en la harina de soya. Además, los aminoácidos en estos subproductos reciclados de origen animal, fueron de 58 a 78 por ciento PNDR en comparación con sólo el 43 por ciento de PNDR en la harina de soya.

**Cuadro 2. Perfil de aminoácidos esenciales (Porcentaje de PC) de las principales harinas deshidratadas y molidas de subproductos reciclados de origen animal que se utilizan como ingredientes para alimentos para el ganado de engorda y lechero en comparación con el perfil de aminoácidos de la harina de soya.<sup>a</sup>**

Aminoácido	Sangre	Plumas	Pescado	HCH	Soya
Arg	4.38	6.93	5.82	6.98	7.32
His	<b>6.36<sup>b</sup></b>	1.15	<b>2.83</b>	1.89	2.77
Ile	1.26	<b>4.85</b>	4.09	2.76	4.56
Leu	<b>12.82</b>	<b>8.51</b>	7.22	6.13	7.81
Lis	<b>8.98</b>	2.57	<b>7.65</b>	5.18	6.29
Met	1.17	0.75	<b>2.81</b>	1.40	1.44
Cis	1.28	<b>5.09</b>	0.91	1.01	1.50
Fen	<b>6.85</b>	4.93	3.99	3.36	5.26
Tre	<b>4.34</b>	<b>4.73</b>	<b>4.20</b>	3.27	3.96
Trip	<b>1.59</b>	0.73	1.05	0.58	1.26
Val	<b>8.68</b>	<b>7.52</b>	<b>4.82</b>	4.20	4.64

<sup>a</sup>Del NRC for Dairy Cattle, 2001.

<sup>b</sup>Las concentraciones de aminoácidos que se muestran en negritas fueron más altas para los subproductos reciclados de origen animal que para la harina de soya.

#### *Nueva información de las harinas de carne de aves para dietas de rumiantes*

Con la actual prohibición de la FDA de alimentar harina de carne y hueso (reciclada de rumiantes) de vuelta al ganado y ovejas, y la incertidumbre que rodea a las futuras restricciones de la FDA sobre los subproductos reciclados de origen animal, ha habido un creciente interés en los beneficios nutritivos de los productos avícolas en alimentos para rumiantes. Un esfuerzo reciente fue la reevaluación del valor nutritivo de la harina de plumas como ingrediente para alimentos de ganado de engorda (Cotanch et al., 2006). Se tomaron muestras representativas de harina de plumas cada día durante cinco días de 15 plantas que cubrían aproximadamente el 85 por ciento de la producción total de harina de plumas de Estados Unidos. Se registró la información del proceso, entre lo que se incluían las condiciones térmicas (tiempo, temperatura y presión), porcentaje de sangre añadida y procesamiento por lotes comparado con el de flujo continuo.

Entre las 15 plantas que proporcionaron muestras para el artículo de Cotanch et al. (2006), seis produjeron harina de plumas sin sangre y las nueve restantes produjeron harina de plumas con adición de sangre. El contenido de nutrientes de la harina de plumas fue consistente entre plantas dentro de la categoría de harina de plumas, es decir, el producto producido sin sangre fue consistente de planta a planta y el producto con sangre también fue consistente en composición de planta a planta. No obstante, la adición de sangre influye sobre la composición de nutrientes del producto final (cuadro 3). La adición de sangre a la harina de plumas no tuvo efectos sobre el contenido de proteína o grasa total, pero fue más alto el contenido de cenizas y la proteína cruda insoluble ácidodetergente (PCIAD) fue

más baja para el producto con sangre adicionada. La PCIAD o la proteína ligada en la fracción de fibra ácidodetergente, es un estimado de la fracción de proteína indigestible. De esta manera, la adición de sangre a la harina de plumas aumenta la digestibilidad total de proteína en el tubo digestivo. La adición de sangre tuvo efectos sobre los aminoácidos esenciales, pero no sobre los ácidos grasos individuales. La metionina y la lisina, que generalmente se conocen como los aminoácidos más limitantes para la producción de carne y leche, fueron más altos en los productos de harina de plumas que contienen sangre adicionada.

**Cuadro 3. Composición de nutrientes de la harina de plumas con y sin adición de sangre.**<sup>a</sup>

	Harina de plumas		SEM <sup>b</sup>
	Sin sangre	Con sangre	
Materia seca, %	93.3	93.5	0.9
Proteína cruda, %	87.8	87.8	1.1
Extracto etéreo, %	10.0	9.5	0.9
Ácidos grasos totales, %	7.3	6.8	0.7
Cenizas, %	1.9	2.6	0.2*
PCIND, % de PC	49.9	51.2	4.0
PCIAD, % de PC	26.5	18.9	2.7*
Aminoácidos, % del total de aminoácidos			
Arg	6.88	6.73	0.03*
His	0.74	1.28	0.07*
Ile	4.80	4.79	0.03
Leu	8.21	8.54	0.06*
Lis	2.12	2.90	0.11*
Met	0.70	0.77	0.03*
Cis	5.47	5.15	0.33
Fen	4.91	5.10	0.04*
Tre	4.58	4.60	0.03
Trip	0.57	0.66	0.04*
Val	7.54	7.56	0.07
Principales ácidos grasos, % del total de ácidos grasos			
C14	1.09	1.06	0.05
C16	24.3	25.4	0.3*
C18	8.3	8.9	0.4
C18:1	32.5	32.0	0.6
C18:2	13.2	10.4	0.6
C18:3	0.54	0.34	0.05

\* Efecto de la adición de sangre ( $P < 0.05$ )

<sup>a</sup> De Cotanch et al. (2006).

<sup>b</sup> SEM es el error estándar de medición.

Otro esfuerzo reciente de utilizar los nutrientes avícolas reciclados de manera más eficiente para las dietas de rumiantes ha sido el desarrollo de un nuevo proceso para recuperar nutrientes de las aguas de proceso de las plantas de procesamiento avícola. Las aguas de proceso de las plantas de procesamiento avícola contiene una cantidad considerable de nutrientes orgánicos que se deben de capturar, almacenar, tratar y eliminar de tal manera que se prevenga la contaminación ambiental. Como alternativa, se pueden reciclar los nutrientes en las aguas de proceso como un suplemento alimenticio para rumiantes. Debido a que las aguas de proceso avícola presentan un alto contenido de grasa que contiene ácidos grasos insaturados, existe la preocupación de que pudiera inhibir la fermentación ruminal, lo que causaría una reducción de la digestibilidad del alimento. Recientemente se desarrolló en Simmons Foods, Inc. (Siloam Springs, AR, EUA) un nuevo proceso para recuperar nutrientes de las aguas de proceso mediante la reacción de la materia orgánica para que rinda un producto seco de libre flujo llamado PRO\*CAL, que posiblemente pueda reducir o eliminar los efectos negativos sobre la fermentación. El producto final contiene alrededor del 47 por ciento de proteína cruda que es consistentemente más que el 70 por ciento del PNDR. Los estudios en animales muestran que se puede alimentar PRO\*CAL a vacas lecheras lactantes como una fuente avícola de proteína y grasa de sobrepaso sin los efectos negativos sobre el consumo de alimento o la producción de leche (Freeman et al., 2005). Además, PRO\*CAL tiene la ventaja adicional, en comparación con otros suplementos de proteína de sobrepaso, de mejorar el rendimiento de la leche, es de suponer debido a mayores valores de grasa y energía. Se han hecho estudios adicionales en cultivos continuos de microorganismos ruminales mixtos que muestran que PRO\*CAL no afecta la fermentación ruminal y que presenta una biohidrogenación más baja de los ácidos grasos insaturados al compararse con una cantidad equivalente de aceite de soya (Jenkins y Sniffen, 2004). De esta manera, a diferencia de la grasa avícola que tiene una concentración mayor de ácidos grasos insaturados, el producto PRO\*CAL podría usarse como suplemento de alimentos para ganado lechero sin efectos negativos significativos sobre la fermentación ruminal.

**Cuadro 4. Usos y beneficios notificados de la grasa adicional en las raciones para rumiantes.**

<b>Uso de la grasa</b>	<b>Beneficios</b>
Aumento de la densidad energética de la dieta	Aumenta la producción de carne y leche
Reduce la pérdida de calor metabólico	Eleva el consumo de alimento y la producción en climas calientes y húmedos
Reduce la polvosidad y la separación de partículas en alimentos mezclados	Mejora el manejo y la seguridad del alimento balanceado
Altera el perfil de ácidos grasos de la carne y la leche	Cumple con las directrices nutrimentales publicadas para humanos y mejora el consumo de los productos alimenticios de origen animal
Mejora el despacho a tejidos de ácidos grasos insaturados y ácidos	Mejora el funcionamiento metabólico y fisiológico tales como el desempeño reproductivo y la inmunidad

**Contribución de la grasa de los subproductos reciclados de origen animal**

Los productos grasos del reciclaje animal continúan usándose ampliamente como ingredientes para alimentos balanceados para una gran variedad de especies de ganadería, entre los que se incluyen a los rumiantes. El cuadro 4 lista una multitud de usos y beneficios ya investigados de adicionar la grasa a las raciones para ganado de engorda y ovejas.

La razón fundamental de añadir grasa a las dietas de rumiantes ha sido la energía. En el transcurso de los últimos 25 años, el ganado lechero ha recibido más atención en la alimentación de grasa que el ganado de carne, debido a las mayores presiones por mantener consumos adecuados de fibra. El aumento de la energía al reemplazar forrajes con granos llegó a su límite máximo en muchas operaciones lecheras, ya que los consumos bajos de fibra se relacionan con una mayor incidencia de varias enfermedades digestivas y metabólicas. La adición de grasa a la ración proporciona un medio alternativo de aumentar la densidad energética de la dieta sin disminuir apreciablemente el contenido de fibra. Las grasas por lo general se escogen para incluirse en las dietas de ganado con base en el costo, disponibilidad, características de manejo y desempeño animal. El desempeño animal incluye cuestiones tales como la manera en que la fuente de grasa afecta el consumo del alimento, la influencia de la fuente de grasa sobre la digestión en el rumen y cómo el suplemento de grasa en sí mismo se digiere y absorbe en los intestinos del animal.

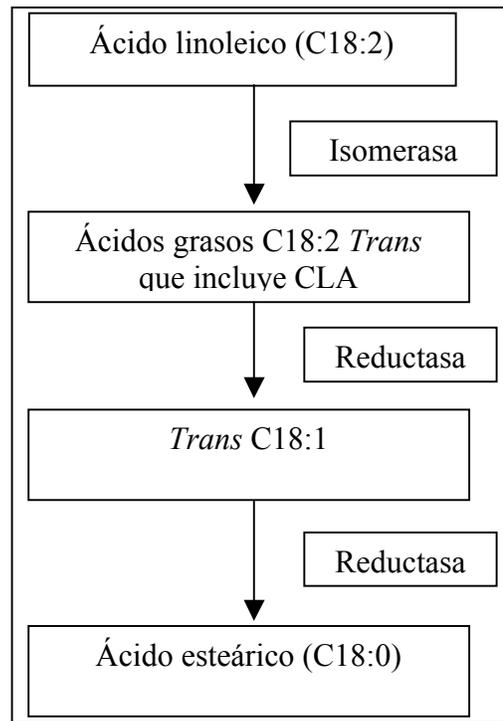
**Figura 2. Beneficios reproductivos notificados de alimentar grasa adicional a vacas lecheras durante la lactación establecida (Petit, 2003).**

- Aumenta el diámetro del cuerpo lúteo
- Aumenta la concentración de progesterona
- Aumenta la síntesis de prostaglandinas serie 3 de DHA y EPA
- Inhibe la actividad de la ciclooxigenasa y la síntesis de  $\text{PGF}_2\alpha$ : previene la regresión del cuerpo lúteo y aumenta los índices de fertilidad

Conforme se exploraban los méritos de producción de los suplementos de grasa en las raciones de ganado lechero y de engorda, surgieron preguntas acerca de la utilidad de la grasa para ayudar a aliviar el estrés calórico. Los estudios de metabolismo en muchas especies animales han confirmado que la grasa produce menos pérdidas de calor metabólico en comparación con los carbohidratos o las proteínas, con base a un mismo nivel de kilocalorías. Así, constituyó una idea atractiva reemplazar los carbohidratos con grasas como un medio de elevar el consumo de energía en climas cálidos sin ninguna carga adicional de calor metabólico. Sin embargo, debido a que estaban limitados los niveles de grasa a concentraciones relativamente bajas en la dieta, fueron mínimos los ahorros en calor metabólico. Hasta que se administran niveles de grasa más altos al ganado, se le puede atribuir muy poco mérito a su contribución en aliviar el estrés calórico.

En los últimos 10 años, se ha dirigido más la atención a los usos de los suplementos de grasa en las raciones para ganado que no están relacionadas con su valor energético. Estas funciones no calóricas se enfocan al aumento del despacho de ácidos grasos insaturados a tejidos corporales ya sea para alterar el valor nutritivo de la carne y la leche o para cubrir las exigencias tisulares de ácidos grasos esenciales. Por ejemplo, se ha hablado de respuestas positivas en el desempeño reproductivo del ganado de engorda en varios lugares cuando se añaden a la dieta ácidos grasos poliinsaturados protegidos contra el rumen (figura 2). Los suplementos de grasas que compiten por estas funciones no calóricas, tales como la mejora en el desempeño reproductivo deben de satisfacer dos criterios: (1) deben contener una cantidad apreciable del ácido graso poliinsaturado deseado, y (2) los ácidos grasos poliinsaturados deben resistir la destrucción de los microorganismos ruminales que se produce a través del proceso de la biohidrogenación. La biohidrogenación causa una pérdida rápida y amplia de ligaduras dobles en ácidos grasos insaturados de la dieta (figura 3) mediante el proceso de reducción enzimática que llevan a cabo los microorganismos en el estómago del ganado, principalmente en el compartimiento del rumen.

**Figura 3. Principales pasos en la biohidrogenación del ácido linoleico por los microorganismos ruminales.**



*Beneficios energéticos y limitantes de las grasas recicladas para las raciones de ganado*

Siendo que la mayoría del material lípido en las grasas recicladas consiste de triglicéridos que contienen 90 por ciento de ácidos grasos o más, la densidad de la energía de las grasas recicladas iguala o excede el contenido de energía de la mayoría de los suplementos de grasas que rutinariamente se usan en las raciones para ganado. La alta densidad energética en combinación con los precios razonables, hace que las grasas recicladas sean competitivas con respecto a las otras grasas para alimentos, con base en el costo por unidad de energía. La mayor consideración de las grasas recicladas como suplementos de las dietas de rumiantes se basa principalmente su conveniencia y características del desempeño animal. El asunto de la conveniencia incluye la disponibilidad del producto en algunas zonas geográficas, pero principalmente se centra en la necesidad de equipo especializado para transportar y mezclar aceites semisólidos o líquidos en las granjas. Muchas fuentes de grasas comerciales que compiten tienen un mayor costo, pero procesan la grasa para que sea un polvo seco de libre flujo, de tal forma que sea más fácil su transporte y el mezclado en la granja.

El valor energético del suplemento de grasas, explica sólo parcialmente la variación que se ha notificado en el desempeño animal. La producción sólo mejora si la grasa añadida aumenta la concentración de energía digestible (ED) de la dieta completa. Todas las fuentes de grasa se agrupan en las recomendaciones del National Research Council (NRC) para ganado de engorda (1996) con un valor asignado de ED de 7.30 Mcal/kg (cuadro 5). Las recomendaciones del NRC para ganado lechero (2001) dividen las fuentes de grasa en cinco categorías con un intervalo en el valor de ED de 7.70 Mcal/kg para aceites vegetales a 4.05 Mcal/kg para el sebo parcialmente hidrogenado.

**Cuadro 5. Total de nutrientes digestibles (TND) y Energía digestible (ED) de las grasas incluidas por el NRC para ganado de engorda y lechero.**

	<b>TND, por ciento</b>	<b>ED, Mcal/kg</b>
NRC for Beef (1996)	177	7.30
NRC for Dairy (2001)		
Jabones cálcicos	163.5	6.83
Sebo hidrolizado	176.3	7.37
Sebo parcialmente hidrogenado	96.6	4.05
Sebo	147.4	6.17
Aceite vegetal	184.0	7.70

Más importante que el valor ED de la grasa es el aumento en la ED total de la ración que resulta de la adición de la fuente de grasa. Los suplementos de grasa tal vez no eleven la ED total de la ración, si la grasa reduce el consumo de alimento y la digestibilidad de los carbohidratos, o si sus ácidos grasos constituyentes se digieren mal. La importancia de estas limitantes potenciales se analizará brevemente para las grasas recicladas.

*Efectos de las grasas animales sobre el consumo de alimento*

Las grasas añadidas a las raciones de ganado lechero pueden reducir el consumo de alimento, lo cual puede reducir mucho o incluso eliminar la respuesta positiva de la producción. Incluso una cantidad tan baja como 0.5 kg menos de consumo de alimento puede neutralizar cualquier ventaja energética que vengan de los niveles típicos de la grasa añadida, previniendo así la respuesta positiva de la producción de leche. Se han notificado reducciones en el consumo de alimento para una amplia variedad de fuentes de grasa, y a menudo, las disminuciones en el consumo son menos graves para las grasas recicladas que para el aceite vegetal o algunos suplementos comerciales de grasa. En todo un resumen de más de 20 estudios en ganado lechero en los que se alimentó sebo o grasa, solamente dos de ellos mostraron disminuciones significativas en el consumo de alimento (Allen, 2000). Un resumen más reciente de la literatura hecho por Onetti y Grummer (2004) muestra que los efectos del consumo del sebo dependen de la fuente de forraje. El sebo adicionado a dietas de ensilado de maíz reduce el consumo y no aumentó la producción de leche. Sin embargo, se observó una respuesta positiva a

la producción de leche cuando se alimentó el sebo a dietas a base de alfalfa o a dietas con las mismas proporciones de alfalfa y ensilado de maíz.

Están en consideración varias causas de la disminución en el consumo de alimento por la grasa adicionada. Entre éstas se incluye una reducción en la mortilidad intestinal, reducción en la aceptabilidad de las dietas con grasa añadida, liberación de hormonas intestinales y la oxidación de la grasa en el hígado (Allen, 2000). Refiérase a Allen (2000) para consultar la descripción de cada factor y una comparación de las fuentes de grasa. Las hormonas intestinales continúan recibiendo una considerable atención como reguladores del consumo de alimento. La disminución del consumo de alimento en vacas alimentadas con suplementos de grasas se ha atribuido a cambios en la colecistocinina (Choi y Palmquist, 1996) y en el péptido glucagonoide 1 (Benson y Reynolds, 2001). Se han ligado también otros péptidos de origen intestinal, tales como el péptido YY, los glucagones pancreáticos, glicentina y la oxitomodulina, a la reducción de los patrones del consumo de alimento en animales alimentados con grasa (Holst, 2000). El trabajo anterior ha mostrado que la infusión abomasal de ácidos grasos insaturados causa una mayor disminución del consumo de alimento que la infusión de ácidos grasos saturados (Drackley et al., 1992; Bremmer et al., 1998). Un estudio reciente de Litherland et al. (2005) mostró que la disminución en el consumo era mayor después de la infusión del abomaso de ácidos grasos libres insaturados que lo que hubo después de la infusión de triglicéridos insaturados. Además, conforme disminuía el consumo en el estudio de Litherland et al. (2005), aumentaba la concentración en plasma del péptido glucanoide 1, pero no cambiaba la concentración en plasma de colecistocinina.

#### *Efectos de la grasa animal sobre la fermentación y digestión ruminal*

Los suplementos de grasa deben limitarse a sólo un pequeño porcentaje en las dietas de rumiantes para evitar problemas de digestibilidad ruminal que resulten de la actividad antimicrobiana de sus ácidos grasos constituyentes. Las fuentes de grasa que tienen el potencial de causar problemas de fermentación ruminal se conocen como grasas activas en el rumen. Los efectos antibacterianos de los ácidos grasos en el rumen son complejos y dependen de las interrelaciones entre la estructura de los ácidos grasos, la concentración de éstos, la presencia de partículas de alimento y el pH del rumen (Jenkins, 2002). Las características estructurales de los ácidos grasos que mejoran la actividad antibacteriana en el rumen incluyen un grupo de ácidos libres en la cadena de carbonos y la presencia de una o más dobles ligaduras. Por lo tanto, el mejoramiento de los ácidos grasos libres y la insaturación de los ácidos grasos en las fuentes de grasa recicladas por lo general reduce la cantidad que se puede incluir en las dietas de ganado. Varias grasas comerciales minimizan problemas de fermentación ruminal al mejorar la concentración de menos ácidos grasos saturados antibacterianos. Se conocen estos como grasas inertes en el rumen para expresar sus efectos antimicrobianos más bajos en el rumen.

Los ácidos grasos insaturados típicamente van desde un nivel bajo del 48 por ciento en el sebo de res hasta un 70 por ciento de los ácidos grasos totales en la

grasa avícola (cuadro 6). La manteca y la grasa de cerdo son intermedias en este porcentaje de ácidos grasos insaturados totales. La concentración de ácido oleico es similar en todas las fuentes de grasa animal, lo que significa que la mayor parte de la variación en el porcentaje de ácidos grasos insaturados se debe a la variación en los ácidos grasos poliinsaturados (ácidos linoleico y linolénico).

**Cuadro 6. Composición de ácidos grasos de las grasas animales recicladas de acuerdo al orden del aumento de insaturación (Rouse, 2003).**

Ácido graso	Sebo de res	Manteca	Grasa de cerdo	Grasa avícola
Mirístico	3.0	1.5	1.5	1.5
Palmítico	25.0	27.0	23.0	21.0
Palmitoleico	2.5	3.0	3.5	6.5
Esteárico	21.5	13.5	11	8.0
Oleico	42.0	43.4	40.0	43.0
Linoleico	3.0	10.5	18.0	19.0
Linoleico		0.5	1.0	1.5
Saturados	49.5	42.0	35.5	30.0
Insaturados	47.5	57.4	62.5	70.0

Una ecuación sencilla para calcular el nivel superior de la grasa activa en el rumen en raciones de ganado lechero fue propuesta por Jenkins y Chandler (1998) como la Ecuación 1:

$$\text{Grasa activa en el rumen (porcentaje de MS de la ración)} = 4 \times \text{FND/AGI}$$

En la que,

FND = concentración de fibra neutrodetergente de la ración total mezclada

AGI = suma de los ácidos oleico, linoleico y linolénico en la grasa suplementaria

**Cuadro 7. Cantidades máximas de grasas animales recicladas para su inclusión en raciones de ganado lechero calculadas en la Ecuación 1.**

	Sebo de res	Manteca	Grasa de cerdo	Grasa avícola
AGI	45.0	54.4	59.0	63.5
Porcentaje de grasa <sup>a</sup>				
FND=25	2.22	1.84	1.69	1.57
FND=35	2.93	2.43	2.24	2.08
g grasa/día <sup>b</sup>				
FND = 25	660	552	507	471
FND = 35	879	729	672	624

<sup>a</sup> Porcentaje de grasa añadida en la MS de la ración que cubre la gama de concentraciones de FND para raciones de ganado lechero recomendadas por el NRC (2001).

<sup>b</sup> Gramos de grasa añadida por día que cubre la gama de concentraciones de FND para las raciones de ganado lechero recomendadas por el NRC (2001), suponiendo que el consumo de MS = 30 kg/día.

De acuerdo con la Ecuación 1, se pueden alimentar mayores concentraciones de grasa recicladas al ganado lechero mediante el aumento ya sea de la saturación de la grasa o de la concentración de la fibra de la dieta. Por ejemplo, los niveles recomendados de grasas recicladas para ganado lechero que consume dietas con 25 por ciento de FND varía de 2.22 por ciento para el sebo a 1.57 por ciento para la grasa avícola más insaturada (cuadro 7). El aumento en la concentración de FND de la dieta de 25 a 35 por ciento aumenta los niveles recomendados de alimentación de todas las fuentes de grasa recicladas, pero los aumenta más para el sebo de res más saturado. Debido a que las tasas de alimentación de grasas saturadas son más altas en las raciones para ganado, se han desarrollado varias grasas inertes en el rumen de la hidrogenación parcial de grasas animales para reducir la insaturación y mejorar el manejo.

#### *Digestibilidad intestinal de las grasas animales recicladas*

La baja digestibilidad intestinal de los ácidos grasos en los suplementos de grasa puede ser otro factor que reduce el valor de ED de las dietas de rumiantes. Las diferencias en los valores de ED entre las fuentes de grasa publicadas en las recomendaciones del NRC para ganado lechero (2001) se deben principalmente a diferencias en sus digestibilidades verdaderas. Las digestibilidades verdaderas adoptadas por el NRC van desde un nivel alto del 86 por ciento para el aceite vegetal y sales de calcio, a un nivel bajo del 43 por ciento para el sebo parcialmente hidrogenado. El NRC le asignó al sebo una digestibilidad intermedia del 68 por ciento.

No es de sorprender que, con base en los resultados de estudios previos, la alimentación del sebo parcialmente hidrogenado reduzca la digestibilidad de los ácidos grasos. La hidrogenación de la grasa amarilla para reducir el valor de yodo (VY) de 56 a 18, redujo la digestibilidad aparente de los ácidos grasos en el tubo digestivo total del 67.8 al 47.4 por ciento (Jenkins y Jenny, 1989). Las digestibilidades de los ácidos grasos juntas de 11 estudios fueron normales (similar a los valores control) cuando el VY excedió el 40, (Firkins y Eastridge, 1994), pero por debajo de 40 cayó progresivamente la digestibilidad de ácidos grasos conforme iba bajando este índice.

La digestibilidad más baja de las grasas hidrogenadas puede estar relacionada con su mayor contenido de ácidos grasos saturados. La presencia de uno, dos o tres dobles ligaduras aumenta la digestibilidad de ácidos grasos en una cantidad similar. Grummer y Rabelo (1998) también informaron de mejoras similares en la digestibilidad aparente de ácidos grasos por la presencia de una o más dobles ligaduras. La digestibilidad verdadera del ácido esteárico fue del 53 por ciento y la más baja entre los ácidos grasos de 18 carbonos. La introducción de una sola doble ligadura mejoró la digestibilidad verdadera al 78.4 por ciento. Cabe señalarse que algunos estudios no distinguen entre los flujos de *cis* o *trans* 18:1 al

duodeno. Las digestibilidades más bajas de 18:1 pueden resultar de flujos de *trans* 18:1.

Debido al coeficiente de la digestibilidad verdadera más bajo y al valor energético más bajo del sebo notificado en las recomendaciones de la NRC para ganado lechero (2001), la Fat and Proteins Research Foundation comisionó una revisión independiente de literatura para estudiar la digestibilidad del sebo comparado con otros suplementos de grasa en ganado lechero<sup>1</sup>. El informe final reveló varias discrepancias en la literatura. En primer lugar, varios estudios informaron de la alimentación de sebo a vacas lecheras en estudios de digestibilidad, pero las composiciones de ácidos grasos que mencionaban indicaban que la fuente más probable de grasa era más bien grasa y no sebo. En segundo lugar, algunos estudios informaban que examinaron la digestibilidad del sebo cuando de hecho, era una mezcla de fuentes de grasa la que se incluía en la dieta.

El informe final resumió la digestibilidad de los ácidos grasos de estudios que incluían datos sólo de vacas lecheras en lactación alimentadas con una dieta control sin ingredientes altos en grasa, además de que las fuentes de grasa no estaban combinadas con otras grasas. Un total de 32 estudios publicados cumplieron con todos los criterios y 45 estudios fueron rechazados. Los criterios de selección limitaron el número de observaciones para algunas fuentes de grasas, especialmente las oleaginosas y los aceites vegetales que por lo general se alimentan en combinación con otras fuentes de grasa.

Entre las fuentes de grasa que se estudiaron, solamente el sebo y las sales de calcio de los ácidos grasos de palma tuvieron digestibilidades totales promedio en el tubo intestinal que fueron numéricamente más altas que las dietas control (cuadro 8). La clasificación fue similar cuando las digestibilidades de las fuentes de grasa se calcularon por diferencia. A la inversa, las fuentes de grasa hidrogenadas tuvieron digestibilidades sustancialmente más bajas de ácidos grasos, ya fueran expresadas como digestibilidades aparentes o que fueron calculadas por diferencia. Las fuentes de grasa hidrogenadas también tuvieron las desviaciones estándar más altas, lo que indica que existe una variación más amplia en los valores de digestibilidad de las grasas hidrogenadas en comparación con otras fuentes de grasa. El análisis más profundo de los datos mostró que alrededor del 80 por ciento de los casos de grasas hidrogenadas disminuyó la digestibilidad de los ácidos grasos de la dieta en más del 5 por ciento. El sebo disminuyó la digestibilidad de los ácidos grasos de la dieta más del 5 por ciento de los ácidos grasos control en sólo 27 por ciento de los casos estudiados.

---

<sup>1</sup> El Dr. Tom Jenkins preparó para la FPRF una revisión independiente de literatura y una opinión de la digestibilidad del sebo en comparación con otras fuentes de grasa.

**Cuadro 8. Resumen de la digestibilidad de los ácidos grasos de dietas control y dietas con grasa añadida de 32 estudios publicados con ganado lechero lactante.**

	n <sup>c</sup>	Digestibilidad aparente <sup>a</sup>		Digestibilidad de grasa por diferencia <sup>b</sup>	
		Promedio	DE <sup>d</sup>	Promedio	DE
Control	32	72.3	7.7		
Sebo	11	73.9	8.5	72.8	13.2
Grasa hidrogenada	24	62.8	9.0	53.7	17.4
Oleaginosas	6	66.4	8.4	54.0	20.8
Aceites vegetales	9	63.5	7.2	61.6	9.4
Sales de calcio	15	74.3	8.9	80.1	12.1

<sup>a</sup> Ácidos grasos digeridos a lo largo de todo el tubo digestivo como porcentaje de los ácidos grasos consumidos.

<sup>b</sup> Ácidos grasos en la dieta basal que se restaron del alimento y las heces para calcular la digestibilidad solamente de la fuente de grasa añadida.

<sup>c</sup> Número de estudios = n.

<sup>d</sup> Desviación estándar.

### **El futuro de los productos reciclados de origen animal como ingredientes de alimentos para rumiantes**

Hay todavía una creciente necesidad en las raciones para ganado de engorda y de leche de productos que puedan suministrar PNDR que contenga los aminoácidos esenciales necesarios para el crecimiento y la producción de leche. Los subproductos reciclados de origen animal se posicionaron bien en el pasado para cubrir las necesidades críticas de aminoácidos con un producto consistente y de precio asequible. Los problemas regulatorios que rodean a la BSE han surgido de pronto en los últimos años y han puesto en duda su futuro. Indudablemente, el uso de los subproductos reciclados de especies rumiantes que se alimentan de vuelta al ganado y a las ovejas se va a limitar. Tal vez crecerá el interés de utilizar los subproductos reciclados de especies no rumiantes, como ya está ocurriendo con los productos avícolas.

Los productos de grasa derivados de los productos reciclados de origen animal parecen estar menos afectados por las restricciones impulsadas por la BSE. Sin embargo, el sebo y las grasas de los subproductos reciclados de origen animal se enfrentan a un mercado cada vez más competitivo de fuentes de grasas animales especializadas. En rumiantes, las grasas se consideran cada vez más y más para proporcionar ácidos grasos poliinsaturados específicos a los tejidos, en lugar de que sólo se vean como fuentes de energía. Aunque el alto valor energético de las grasas animales recicladas no puede dejarse pasar por alto, deben surgir usos innovadores no energéticos de éstas.

## Bibliografía

- Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598-1624.
- Benson, J.A., and C.K. Reynolds. 2001. Effects of abomasal infusion of long-chain fatty acids on splanchnic metabolism of pancreatic and gut hormones in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1488-1500.
- Bremmer, D.F., L.D. Ruppert, J.H. Clark, and J.K. Drackley. 1998. Effects of chain length and unsaturation of fatty acid mixtures infused into the abomasum of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:176-188.
- Choi, B.R., and D.L. Palmquist. 1996. High fat diets increase plasma cholecystokinin and pancreatic polypeptide, and decrease plasma insulin and feed intake in lactating dairy cows. *J. Nutr.* 126:2913-2919.
- Cotanch, K., T. Jenkins, C. Sniffen, H. Dann, and R. Grant. 2006. Fresh look at nutrient composition of feather meal products. *Feedstuffs* (Submitted).
- Drackley, J.K., T.H. Klusmeyer, A.M. Trusk, and J.H. Clark. 1992. Infusion of long-chain fatty acids varying in saturation and chain length into the abomasums of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:1517-1526.
- Firkins, J.L., and M.L. Eastridge. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake, and milk production. *J. Dairy Sci.* 77:2357-2366.
- Freeman, S.J., P.J. Myers, C.J. Sniffen, and T.C. Jenkins. 2005. Feed intake and lactation performance of Holstein cows fed graded amounts of a poultry-based protein and fat supplement (PRO\*CAL). *J. Dairy Sci.* (Suppl. 1) 83:394.
- Grummer, R., and E. Rabelo. 1998. Factors affecting digestibility of fat supplements. Proc. Southeast Dairy Herd Mgmt. Conference, November 9-10, Macon, GA. pp 69-79.
- Holst, J.J. 2000. Gut hormones as pharmaceuticals. From enteroglucagon to GLP-1 and GLP-2. *Reg. Peptides.* 93:45-51.
- Jenkins, T.C. 2002. Lipid transformations by the rumen microbial ecosystem and their impact on fermentative capacity. *Gastrointestinal Microbiology in Animals*, S. A. Martin (Ed.), Research Signpost, Kerala, India. pp 103-117.
- Jenkins, T.C., and C.J. Sniffen. 2004. Fermentation characteristics and fatty acid biohydrogenation in continuous cultures of mixed ruminal microorganisms fed diets containing poultry products and nutrients reclaimed from the process water of processing plants. *J. Dairy Sci.* 87 (Suppl. 1): 211.
- Jenkins, T.C. and P.K. Chandler. 1998. How much fat can cows handle? *Hoard's Dairyman*, Sept 25. p. 648.
- Jenkins, T.C. and B.F. Jenny. 1989. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion, and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 2316-2324.
- Legleiter, L.R., A.M. Mueller, and M.S. Kerley. 2005. Level of supplemental protein does not influence the ruminally undegradable protein value. *J. Anim. Sci.* 83:863-870.
- Litherland, N.B., S. Thire, A.D. Beaulieu, C.K. Reynolds, J.A. Benson, and J.K. Drackley. 2005. Dry matter intake is decreased more by abomasal infusion of unsaturated free fatty acids than by unsaturated triglycerides. *J. Dairy Sci.* 88:632-643.
- National Research Council. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

- Onetti, S.G., and R.R. Grummer. 2004. Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: a meta-analysis of literature. *Anim. Feed Sci. Technol.* 115:65-82.
- Petit, H. 2003. Effects of dietary fat on reproduction. Proceedings 2003 Tri-state Dairy nutrition Conference, April 8-9, Fort Wayne, Indiana. pp 35-48.
- Rouse, R.H. 2003. Feed fats quality and handling characteristics. Multi-state Poultry Meeting, May 20-22, 2003.

## **SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA NUTRICIÓN AVÍCOLA**

Dr. Jeffrey D Firman  
Profesor de Nutrición  
University of Missouri

### **Resumen**

La industria avícola de Estados Unidos tiene una larga historia en cuanto a la utilización de los productos reciclados de origen animal en los alimentos balanceados. Por lo general, las grasas recicladas son más bajas en costo que los aceites vegetales como el aceite de soya, que se usa de manera considerable en otros países. Esto permite tasas de inclusión más altas de grasa y por lo tanto dietas más altas en energía. Estas dietas más altas en energía proporcionan un crecimiento más rápido y una mejor conversión alimenticia lo que brinda una ventaja competitiva a la industria avícola estadounidense. Las fuentes de proteína recicladas son también de gran ayuda para la industria avícola. Hay una gran variedad de productos de alta calidad a disposición, entre las que se encuentran la harina de carne y hueso (HCH), la harina de subproductos avícolas (HSA) y la harina de plumas (HPI). Cada una de estas es una excelente fuente de nutrientes específicos, que por lo general proporcionan una fuente redituable de proteína. La HCH proporciona una excelente fuente de aminoácidos y fósforo. La HSA brinda incluso niveles mayores de proteína y energía, además de que sirve como una excelente fuente de fósforo. La HPI es muy alta en aminoácidos azufrados. En combinación, estos productos se pueden usar para proporcionar ahorros sustanciales a la industria avícola, por lo que el uso de estos productos es bastante alto en esta industria. El uso de estos productos se calcula que le ahorra a la industria hasta \$10 dólares por cada tonelada de alimento balanceado que se produce en Estados Unidos. La fuerte utilización de estos productos por la industria avícola es la norma y se espera que continúe así en el futuro.

### **La industria avícola**

La industria avícola en Estados Unidos y en todo el mundo ha sido testigo de grandes cambios en los últimos 50 años. Al tiempo que el consumo de las aves y de los productos avícolas ha aumentado de forma espectacular en este mismo periodo, los cambios en la estructura de la industria son tal vez más drásticos. La industria ha pasado de los productores a pequeña escala de productos para comidas especiales, a ser un proveedor de una fuente importante de proteína animal consumida en Estados Unidos. En todo el mundo, ha habido también una explosión de la producción avícola. En los países desarrollados, la industria avícola funciona de la misma manera que en Estados Unidos, mientras que en países menos desarrollados, aunque a escala más pequeña, el modelo estadounidense es la meta para el desarrollo de la industria. La producción y el sacrificio de pollo en Estados

Unidos fue de 8,900 millones de aves en 2004 (Watt Poultry, 2004) y continúa en aumento. El sacrificio mundial de pollos también llegó a un récord de más de 46 mil millones de aves al año. La evolución de la industria ha resultado en avances en la formulación de las dietas conforme salen al mercado nuevos productos y tecnología. Conforme se ha ido dando esta evolución, las formulaciones se han hecho más sofisticadas, al pasar de hacerlas a mano a la formulación con computadora, de utilizar como base la proteína total a utilizar como base los aminoácidos digestibles y la incorporación de una gran variedad de fuentes de micronutrientes. Todo esto ha llevado a reducir los costos y a maximizar el desempeño de las aves en la industria avícola estadounidense. La disponibilidad de una gran variedad de subproductos reciclados de origen animal ha sido de gran beneficio para la moderna industria avícola.

### **Uso de subproductos de origen animal reciclados en los alimentos avícolas**

La industria avícola de todo el mundo ha tenido una larga historia con el uso de las proteínas animales y de una gran variedad de grasas recicladas. Básicamente, todas las fuentes de proteínas y grasas han sido y continúan siendo usadas en cantidades importantes en Estados Unidos, en la que el principal problema son los valores relativos en comparación con otras fuentes de proteína, tales como la harina de soya. Los productos que actualmente se utilizan son las harinas de carne de origen rumiante, de origen porcino y de origen avícola, así como los productos de la sangre y los de grasa de cada uno de éstos, y la harina de plumas. Además, hay ahora una producción limitada de harina de gallina entera que se usa como un método de eliminación de las gallinas ponedoras de descarte. Cada uno de estos productos se ha utilizado con éxito en diversos niveles en los alimentos de aves de todo tipo, en donde los más altos van hacia los pollos de engorda y los pavos, debido a sus necesidades relativamente más altas de proteína en comparación con las gallinas ponedoras.

Estos productos de origen animal proporcionan nutrientes necesarios para las aves a precios razonables en comparación con los productos competitivos; de hecho, los precios tienden a fluctuar con base en los precios de estos productos competitivos. Existe también algo de interés en mejorar el desempeño mediante la sustitución de una parte de la harina de soya en los alimentos avícolas con productos de origen animal. La porción de oligosacáridos de la harina de soya ha mostrado que produce algunos efectos perjudiciales en las aves. Se cree que esto se debe a una sustancia en la porción no digerible del producto que irrita el cojinete plantar. La adición de fuentes de proteína animal puede mejorar el desempeño en comparación con las dietas estándar. Aunque estos resultados se pueden deber a los niveles altos de aminoácidos limitantes, puede también explicarse por la reducción de los carbohidratos que se digieren mal en la harina de soya. Los trabajos previos en el laboratorio han indicado que si uno formula correctamente, hasta la mitad de las fuentes de proteína se pueden proporcionar con subproductos mezclados. Aunque cada producto presenta diferente contenido de nutrientes y posibles valores, la mayor parte son excelentes fuentes de energía o de proteína de alta calidad, de fósforo altamente disponible y de otros minerales.

El objetivo de este capítulo es el de proporcionar la información necesaria para utilizar estos productos en la formulación de alimentos, la metodología y las limitantes, así como la economía de su uso. Además, se proporciona una revisión de la literatura pertinente por si se requiere de información más a profundidad. En última instancia, con esta información a mano, se pueden tomar las decisiones adecuadas sobre el uso de estos productos y ahorrar dinero.

### **Uso de grasas recicladas**

El uso de grasas para el alimento para animales tiene muchas ventajas. Algunos de los beneficios de la adición de grasa son:

- Fuente concentrada de energía y el método principal de aumentar el contenido energético de la dieta
- Mayores tasas de crecimiento
- Mayor eficiencia alimenticia
- Disminución del consumo de alimento
- Fuente de ácido linoleico
- Disminución de la polvosidad de los alimentos y reducción de la pérdida por polvo
- Lubricante para el equipo en las plantas de alimentos balanceados
- Aumento de la palatabilidad de los alimentos
- El aumento a la tasa de ganancia puede disminuir la edad al mercado y aumentar la producción en los sistemas intensivos
- Incremento de calor menor durante el estrés por calor que mantiene alto el consumo calórico
- Puede hacer más lento el tránsito intestinal de otros alimentos, lo que resulta en una mayor digestibilidad
- Puede mostrar un efecto “extracalórico”
- Puede ser más redituable que otras fuentes de energía
- Los alimentos concentrados pueden disminuir los costos de transporte al despachar el alimento

Algunas de las preocupaciones que deben hacerse notar con la utilización de la grasa son:

- El uso de niveles más altos de grasa puede invalidar los efectos del peletizado
- Puede ser difícil la medición del contenido de energía metabolizable (EM)
- Existe potencial para la rancidez
- Deben de ser adecuadas las necesidades de equipo con relación a la adición de grasa
- Hay una mala digestibilidad de las grasas saturadas en las aves jóvenes

Hay una serie de diferentes fuentes de grasa para aves de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. Las principales fuentes son grasa avícola, sebo, grasa amarilla, manteca y mezclas. En otros países, existe un uso

considerable de las grasas vegetales, tales como el aceite de girasol, el aceite de soya o el aceite de palma. Generalmente, estas grasas son relativamente caras cuando se comparan con las grasas recicladas, lo que resulta en una utilización más baja de la grasa y por lo tanto, en dietas de EM más baja que en Estados Unidos. Una de las principales preocupaciones con relación al uso de la grasa es el valor real de EM que se le debe asignar a cada fuente de grasa. A menudo, en un sentido práctico es difícil de determinar este número y puede tener poco valor práctico en las formulaciones de las dietas. Cuando se analiza el contenido de energía de la grasa, por lo regular se hace de manera indirecta, mediante la sustitución de una porción del alimento administrado en la determinación de la EM. Además, la grasas puede tener un efecto extracalórico (Jensen et al., 1970, Horani y Sell, 1977), según el cual afecta la disponibilidad de nutrientes de otros ingredientes. Esto se hizo notar en el laboratorio donde se encontró que la adición de grasa resultó en un aumento de la digestibilidad de HCH (Firman y Remus, 1994). Esto explicaría por qué algunos valores de EM que se han dado a conocer son mayores que los valores de energía bruta posibles para la grasa.

Los trabajos iniciales sobre el uso de la grasa en los alimentos avícolas por lo general indican un valor de energía de EM más alto para los aceites vegetales insaturados en comparación con los productos animales o los productos con alto contenido de ácidos grasos libres (Seidler et al., 1955, Young, 1961, Waldroup et al., 1995). Sin embargo, cuando se alimenta como una porción del alimento completo, la mayor parte de los experimentos indicaron que no hubo diferencias en los parámetros de desempeño cuando se alimentaron diferentes fuentes de grasa (Seidler et al., 1955, Young, 1961, Fuller y Rendon, 1979, Fuller y Rendon, 1977, Pesti et al., 2002, Quart et al., 1992). Se pueden postular varias razones del porqué las diferencias que se observan en el valor de energía en un análisis de EM no se traducen en diferencias en el desempeño real cuando se añade a las dietas completas. Uno de éstos es que el mejoramiento en la utilización de los otros componentes de la dieta se mejora igualmente por diferentes fuentes, sin importar el contenido de EM. Una respuesta más obvia puede ser la pequeña diferencia relativa en el contenido de ME de un alimento total a niveles de inclusión típicos de grasa. Dicho de otra forma, si se alimentan dos grasas de 7,000 y 8,000 kcal/kg de EM a 3 por ciento de la dieta, la diferencia en el contenido de EM de la ración completa es solamente 30 kcal/kg, o menos del 1 por ciento, de la energía total de la dieta. Es muy pequeña esta diferencia y sería muy difícil de pescarla experimentalmente. En un estudio de Pesti y colaboradores (2002), se alimentó una gran variedad de fuentes de grasa, en las que se observaron diferencias de más de 4,000 kcal/kg. Sin embargo, cuando estas mismas grasas se alimentaron a aves en un experimento en un corral en piso, no se observaron diferencias en la ganancia o en la proporción de alimento a ganancia, lo que indica que fue similar la energía neta disponible para el ave (Leeson y Ateh, 1995). Se encontraron resultados similares en un estudio reciente del laboratorio, los cuales se muestran en los cuadros 1 y 2 (Leigh y Firman, 2005 sin publicar).

**Cuadro 1. Crecimiento promedio de pollos de engorda alimentados con una gran variedad de fuentes de grasa.**

Fuente de grasa	Semana 0 a 3 (kg/ave/fase)	Semana 0 a 5 (kg/ave/fase)	Semana 0 a 7 (kg/ave/fase)
Aceite de soya	0.77	1.92	2.85
Grasa amarilla	0.76	1.96	2.95
Grasa avícola	0.76	1.93	2.92
Sebo	0.75	1.92	2.99
Mezcla animal y vegetal	0.74	1.89	2.96
Manteca	0.75	1.88	2.97
Aceite de palma	0.75	1.95	2.94

No hubo diferencias estadísticas entre tratamientos.

**Cuadro 2. Proporciones de alimento a ganancia ajustadas para una gran variedad de fuentes de grasa en pollos de engorda.**

Fuente de grasa	Semana 0 a 3	Semana 0 a 5	Semana 0 a 7
Aceite de soya	1.38	1.60	1.87
Grasa amarilla	1.38	1.56	1.85
Grasa avícola	1.38	1.58	1.85
Sebo	1.40	1.61	1.83
Mezcla animal y vegetal	1.42	1.63	1.86
Manteca	1.40	1.52	1.77
Aceite de palma	1.42	1.56	1.88

En general, se cree que las grasas son más digeribles en las aves viejas en relación con las aves jóvenes. Renner y Hill (1960) encontraron una baja utilización del sebo (grasa altamente saturada) en el pollito. Carew y colaboradores (1972) mostraron que la digestibilidad de la grasa se ponía en riesgo en el pollito joven, pero que aumentaba rápidamente conforme avanzaba la edad. Se obtuvieron resultados similares también en el pavo (Sell et al., 1986). Aunque este periodo de mala digestión de las grasas parece ser real, desde un punto de vista práctico es menos significativo, ya que el ave muestra una mejor utilización de la grasa bastante rápidamente.

El aumento en el nivel de energía en las dietas a través de la adición de grasas puede tener un efecto benéfico sobre el desempeño (Fuller y Rendon, 1979). Gran parte de los datos más antiguos sobre el cambio de los niveles de energía, fue en dietas que no estaban completamente balanceadas, lo que hacía que fuera difícil la interpretación de los datos. La adición de las grasas puede resultar en algunos

casos en un mayor peso corporal (Sell et al., 1986), aunque en muchos casos es similar la ganancia de peso corporal, pero con una mejor eficiencia alimenticia (Pesti et al., 2002). El aumento en la grasa de la dieta mejora la eficiencia alimenticia, pero también puede resultar en una mayor acumulación de grasa (Salmon y O'Neil, 1971, Rivas y Firman, 1994). Cuando se alimenta a pavos con energía del 88 al 112 por ciento de los niveles indicados por el National Research Council (NRC), las aves muestran una mayor tasa de crecimiento (11.5 a 13.3 kg o 25.3 a 29.4 lb) y cambios espectaculares en la eficiencia alimenticia (3.41 contra 2.41 en la proporción de alimento a ganancia). Aunque en estos estudios las aves disminuyen el consumo de alimento en respuesta a las dietas de energía más alta, el consumo de energía de todas formas aumenta con el consumo mayor de ésta proveniente de la adición de grasa (Firman, 1995).

Las adiciones de grasa más allá de lo que se requiere en cuanto al ácido linoleico, han tenido resultado mixtos en dietas para ponedoras. Se necesita de un control cuidadoso del consumo de energía en las gallinas ponedoras para garantizar que las aves no estén demasiado terminadas (alto contenido de grasa corporal). Orr y colaboradores (1958) no encontraron beneficio alguno con las adiciones de 2.5 a 5 por ciento de grasa en ponedoras. Reid y Weber (1975) no encontraron cambios en la producción de huevo de ponedoras enjauladas cuando se les alimentaba con dietas de hasta un 15 por ciento de grasa añadida, aunque se mejoró la eficiencia alimenticia. La suplementación de grasa (de 1 a 2 por ciento) al inicio del ciclo de postura mejora el tamaño y la producción del huevo (Jensen, 1983), aunque esto no se vio en un estudio con 2 a 6 por ciento de grasa añadida (Bohnsack et al., 2002).

La grasa también se puede usar en la dieta para reducir el incremento de calor, el calor producido cuando se digiere la dieta. El incremento de calor de la proteína es el más alto, seguido de los carbohidratos y la grasa, que tiene el incremento más bajo. De esta manera, sería lógico que si uno pudiera aumentar la proporción de energía de la grasa, el animal sería capaz de manejar más fácilmente el estrés calórico. Debe de tenerse precaución de que la carga de calor total pueda aumentar si aumenta el contenido de energía de la dieta, aunque por lo general las aves bajo estrés calórico van a comer menos para reducir la carga de calor de la digestión. Los pollos de engorda a los que se les da la elección entre dietas altas en grasa o altas en carbohidratos prefieren las altas en grasa y se desempeñan mejor bajo temperaturas ambiente altas (Dale y Fuller, 1978). La disminución del crecimiento debido al estrés calórico cíclico es menor en pollos alimentados con dietas altas en grasa (Dale y Fuller, 1980).

### **Uso práctico de la grasa en alimentos avícolas**

El uso práctico de la grasa en alimentos avícolas es sencillo, además de que efectos de la adición de la grasa están bien claros. Por lo general se fija en la dieta un nivel mínimo de grasa (regularmente del 1 por ciento) . Esto se debe a varias razones, pero por lo general se hace para garantizar cantidades suficientes del ácido linoleico. También, ayuda a reducir los niveles de polvo del alimento, lubrica el equipo y mejora la palatabilidad del alimento. Este nivel de adición del 1 por ciento por lo regular se hace sin importar el costo de la adición. Los niveles más allá del 1

por ciento de la dieta, por lo general se utilizan para mejorar la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia; están mucho más relacionados con el costo de la dieta total en relación a las ganancias de desempeño que se logran. En Estados Unidos, donde relativamente, la grasa barata es la norma debido a la industria de reciclaje de subproductos de origen animal tan avanzada, es bastante común la adición de niveles más altos de grasa. La grasa en Estados Unidos por lo regular va de US\$200 a US\$400/tonelada, mientras que en muchos países puede tener de dos a cinco veces este precio. Una dieta típica de maíz – harina de soya con 1 por ciento de grasa va a tener un valor energético de aproximadamente 3,000 kcal/kg de EM. Cada adición del 1 por ciento de grasa va a añadir aproximadamente 50 kcal de energía. De esta manera, muchos alimentos en Estados Unidos, incluyen grasa del 1 por ciento al 3 por ciento en el alimento de iniciación y con niveles más altos en los alimentos de finalización de pollos de engorda. Los niveles más altos de adición de grasa por lo general resultan en un mejor desempeño, hasta niveles máximos que pueden añadirse físicamente a las dietas (de ocho a 10 por ciento se considera por lo regular el máximo en un alimento avícola peletizado o en harina). En muchos casos, el nutriólogo utiliza un cálculo de kilocalorías – costo para determinar la adición de energía que sea más redituable. En muchos países, el maíz es menos disponible y la harina de soya es bastante cara, lo que lleva al uso de ingredientes de calidad más baja y por consiguiente de dietas más bajas en energía. Estas dietas más bajas en energía (a veces menos de 2,700 kcal/kg de EM) resultan en tasas de crecimiento más bajas, una alta proporción de alimento a ganancia y una estructura de costos más alta. Es bastante común en muchos casos ver un desempeño general de un 20 a un 30 por ciento más bajo con la misma línea genética de pollos. La grasa económica mejoraría considerablemente el desempeño de estas aves. La utilización de la grasa en alimentos para pavos es por lo regular un poco más alta que en los alimentos para pollos de engorda, debido a los altos niveles de proteína y al bajo nivel de energía que se encuentra en la harina de soya, la cual constituye un componente importante de estas dietas.

Se han expresado una serie de preocupaciones con relación a la utilización de la grasa en un sentido práctico. Éstas principalmente giran en torno a la cantidad relativa de grasa e incluyen la rancidez, los niveles de ácidos grasos libres y MIU (humedad, insolubles e insaponificables). Muchas de estas preocupaciones pueden disiparse a través de los procesos de compra donde se pueden especificar los niveles máximos de estos componentes. La rancidez es algo a lo que se enfrenta de manera rutinaria con la adición de un antioxidante. No se consideran un problema los ácidos grasos libres por debajo del 20 por ciento, y el MIU es en muchos casos bastante bajo. El número relativo de casos de problemas reales de grasas es bastante bajo.

#### **Uso de fuentes de proteínas recicladas**

La utilización de fuentes de proteína recicladas para alimentos para animales presenta muchas ventajas:

- Generalmente, tienen un costo muy competitivo con relación a las fuentes de proteína vegetal

- En la mayoría de los casos su uso reduce el costo total de la dieta
- Es fuente de proteína de alta calidad
- En la mayoría de los casos es altamente digestible
- Puede ayudar a balancear las necesidades de aminoácidos
- En muchos casos, va a proporcionar tasas de crecimiento ligeramente más rápidas que las dietas que solamente tienen proteína de origen vegetal
- Es una excelente fuente de fósforo altamente disponible y de otros minerales

Cabe hacerse notar algunas preocupaciones con respecto al uso de los productos reciclados de proteína:

- Un mal control de calidad podría resultar en una disminución en la digestibilidad de aminoácidos
- Se deben utilizar métodos de formulación adecuados para hacer el uso más eficaz
- Si se maneja incorrectamente, existe el potencial de contaminación microbiana
- Variación en el producto debido a la mezcla de materias primas y a la metodología de procesamiento

El uso de los productos de proteína reciclada se ha limitado en el pasado debido a una gran variedad de razones. Las investigaciones más antiguas indicaban una disminución del crecimiento si se excedían ciertos límites, tales como el 7.5 por ciento de la dieta. Esta disminución en el crecimiento sucedió principalmente a causa de una reducción de la digestibilidad de muchos productos en relación a la harina de soya. Los datos antiguos del laboratorio indican que hay casi un 10 por ciento menos de lisina digestible en la HCH que en la harina de soya (Firman, 1992). De esta manera, conforme se aumentaban los niveles de HCH en la dieta, disminuía el nivel de lisina disponible para que usara el ave. Aunque el factor de seguridad de rutina cubría este déficit hasta cierto punto, tarde o temprano se podía desarrollar una deficiencia de aminoácidos y disminuía la tasa de crecimiento. La formulación con base a digestibilidad elimina este problema, por lo que la tasa de inclusión se ha convertido en algo menos problemático. Además, los productos más recientemente probados se acercan más a la harina de soya en términos de digestibilidad de aminoácidos. Es más probable que la tasa de inclusión máxima se deba a los altos niveles de calcio y fósforo que hay a niveles altos de inclusión, aunque las cuestiones del costo generalmente dictan niveles más bajos.

### **Productos disponibles**

#### *Harina de carne y hueso*

Se ha hecho un trabajo considerable con la HCH, particularmente en el área de proteínas y aminoácidos. Firman (1992) encontró que la digestibilidad de aminoácidos de la harina de carne no difiere en pavos de diferente edad o sexo y

que es similar al modelo de gallo que comúnmente se usa. La lisina y la metionina son altamente disponibles para el metabolismo, pero una cantidad significativa de cistina no está biodisponible (Wang y Parsons, 1998a). Esto es importante porque el triptofano y los aminoácidos azulfurados totales (TSAA) son los más limitantes en la HCH, seguidos de la treonina, isoleucina, fenilalanina + tirosina, lisina, valina e histidina (Wang et al., 1997). En varios informes se ha encontrado que varía mucho la calidad de la proteína de la HCH. Parsons y colaboradores (1997) encontraron que el contenido de cenizas se correlaciona a la calidad de la proteína. Se cree que está causado por la relación de proteína a cenizas en el alimento. Conforme aumentan las cenizas, disminuye la proteína. La digestibilidad de aminoácidos probablemente no disminuye (Shirley y Parsons, 2001). El método para determinar la digestibilidad también puede tener efecto, que por lo general rinde diferentes resultados (Johns et al., 1987). Las adiciones de grasa a los alimentos también han probado ser un factor, ya que se ha mostrado una mayor digestibilidad en presencia de niveles altos de grasa. El aumento en el componente de grasa de la dieta puede disminuir la motilidad intestinal, lo que deja más tiempo para la absorción. Las micelas en sí mismas pueden ayudar también a transportar los aminoácidos a la pared intestinal (Firman y Remus, 1994). La digestibilidad también puede verse afectada por la presencia de otros ingredientes, como la harina de soya (Angkanaporn et al., 1996). Se ha mostrado que la formulación de alimentos con base en los niveles de aminoácidos digestibles o biodisponibles proporciona mejores resultados que cuando se formulan con base en aminoácidos totales (Wang y Parsons, 1998b).

Uno de los factores más importantes que determinan la calidad nutritiva de la HCH es el procedimiento de procesamiento. Con las recientes preocupaciones sobre la encefalopatía espongiforme bovina (BSE), está prohibida en Estados Unidos la alimentación de HCH derivada de mamíferos a rumiantes y en la Unión Europea (EU) está prohibido alimentar todos los productos de origen animal al ganado. Esto deja a la industria avícola y porcina como los principales consumidores de la HCH de rumiantes. Cuando una harina se recicla, puede variar el tiempo, la presión y la temperatura del proceso de reciclaje. La Unión Europea ha ordenado que las harinas de subproductos de origen animal deben de procesarse a 133° C y 3 atmósferas (43.5 psi) durante 20 minutos. Desafortunadamente, la presión puede reducir la disponibilidad de nutrientes para el ave (Shirley y Parsons, 2000). Se ha comprobado también que la temperatura afecta la disponibilidad de nutrientes. La temperatura tiene la misma relación inversamente proporcional a la disponibilidad de nutrientes, como se ha visto con la presión (Johnson et al., 1998), así como con el tiempo de procesamiento (Karakas et al., 2001). El mejoramiento constante en la tecnología del procesamiento, recientemente ha resultado en una mejoría en la disponibilidad de nutrientes, pero también la variación en la calidad todavía es un problema para la industria (Elkin, 2002).

Hay otros estudios han calculado la cantidad ideal de HCH a añadirse al alimento. El nivel de inclusión de HCH en los alimentos comunes ha estado en debate debido a las variaciones en la energía metabolizable, calidad de la proteína y fósforo disponible. A menudo se incluye a un 5 por ciento o menos del alimento.

Sin embargo, Sell (1996) encontró que la HCH se puede añadir con éxito a las dietas para pavos hasta en un 10 por ciento.

Como lo dice su nombre, el hueso es un componente de la HCH. Es una excelente fuente de calcio y fósforo. Drewyor y Waldroup (2000) hicieron notar que debe de monitorearse la inclusión de HCH para garantizar que no sean tan altos los niveles de fósforo que pueda surgir algún problema ambiental. Otros han encontrado que el fósforo en la HCH es altamente disponible para los pavos (Sell y Jeffrey, 1996). Afortunadamente, se han estado desarrollando ecuaciones de predicción del contenido de fósforo, similares a las que se usaban para predecir la energía metabolizable de un ingrediente. Esta rápida determinación ayuda en la formulación de los alimentos que utilizan HCH (Méndez y Dale, 1998).

De importancia fundamental es la energía metabolizable en la HCH. Como se mencionó previamente, la variabilidad de la materia prima hace que sea difícil determinar con precisión un valor estándar. Waring (1969) encontró una EM de 1,988 kcal/kg, más bajo que muchos cálculos. El National Research Council (1994) utiliza un valor de 2,150 kcal/kg. Sin embargo, los primeros trabajos tendían a subestimar la EM de la HCH, que probablemente se encontraba entre 2,300 y 2,500 kcal/kg (Martosiswoyo y Jensen, 1988a, 1988b, Dolz y de Blas, 1992). Las especies también pueden tener efecto. Dale (1997) encontró una EM de 2,449 kcal/kg para la HCH de res y de 2,847 kcal/kg para la HCH de cerdo, mientras que otros no encontraron diferencias en las especies (Karakas et al., 2001). Ha habido también considerables discusiones sobre las metodologías usadas en la determinación de la EM de los productos de HCH. Robbins y Firman (2005) probaron una gran variedad de métodos comunes que actualmente se emplean y encontraron pocas diferencias causadas por la metodología.

#### *Harina de subproductos avícolas*

Es un subproducto de la industria del procesamiento avícola, el cual puede consistir de los residuos y otras partes no comestibles del pollo. Los datos originales sobre el uso de la HSA muestran resultados muy positivos para la época, como una sustitución de la harina de soya o harina de pescado, aunque las formulaciones de la dieta no eran muy sofisticadas (Gerry, 1956, Fuller, 1956, Wiseman et al., 1958). Se recolectaron también datos de mediciones de eficiencia de proteína (Escalona et al., 1986), aunque esto es menos útil hoy en día, dada la capacidad de balancear los perfiles de aminoácidos en computadora. La principal causa de la diferenciación entre la HSA y la harina de carne de aves se basa en la fuente de procesamiento. Una planta puede incluir partes de pollo, tales como canales deshuesadas del procesamiento ulterior, mientras que otras pueden vender principalmente de aves enteras y no reciclar esta parte del ave, por lo que la harina va a tener diferentes niveles de contenido de cenizas. En algunos casos, este producto se ha encarecido, ya que la alta calidad ha llevado a que se use en la industria de alimentos para mascotas en Estados Unidos, de tal manera que el producto de calidad más alta se le designa como grado alimenticio para mascotas. Por lo general se cree que el producto grado alimenticio para mascotas es más consistente con respecto a los valores energéticos, que se encuentran en un intervalo mucho más angosto que los de la HSA grado alimenticio animal (Escalona et al.,

1986, Dozier y Dale, 2005). En el capítulo de alimentos para mascotas de este libro se proporciona más información.

**Cuadro 3. Porcentaje de digestibilidad de la harina de subproductos avícolas.**

<b>Aminoácido</b>	<b>Pollo</b>	<b>Pavo</b>
Arg	93.2	91.2
Ser	85.7	85.0
His	80.8	83.4
Ile	90.6	86.6
Leu	91.1	87.3
Lis	90.9	89.3
Met	92.1	89.3
Cis	77.8	78.1
Fen	90.4	86.8
Tir	93.9	85.5
Tre	86.6	87.3
Trp	95.0	94.8
Val	88.1	85.2
Asp	73.3	82.0
Glu	87.6	87.5
Pro	80.9	85.1
Ala	86.5	87.0
<b>Promedio</b>	<b>87.3</b>	<b>86.5</b>

La composición de nutrientes de la HSA varía ampliamente, dependiendo de la fuente de la muestra (Dozier et al., 2003), en la que el contenido de proteína varía de 49 a 69 por ciento. El contenido de energía también varía (Pesti et al., 1986) y puede predecirse de los valores proximales utilizando la siguiente ecuación de Dale et al. (1993):  $EMVn = (kcal/kg) = 2904 + 65.1 (\text{por ciento de grasa}) - 54.1 (\text{por ciento de cenizas})$ . También varía la digestibilidad de la HSA, pero por lo general se encuentra entre el 80 y el 90 por ciento. Las digestibilidades promedio de una gran variedad de muestras se pueden encontrar a lo largo de las fuentes comerciales, pero en el cuadro 3 se muestra un producto representativo para pavos y pollos (Firman y Remus, 1993).

#### *Harina de plumas*

La HPI consiste de las plumas molidas e hidrolizadas del procesamiento de pollos y pavos. Generalmente, se considera que la HPI es baja en digestibilidad y que tiene un mal equilibrio de aminoácidos, de tal forma que no se usa mucho en la industria avícola. Por lo general, tiene un precio económico, y normalmente se usa de 1 a 3 por ciento del alimento. Se pueden alimentar niveles más altos cuando se usan formulaciones cuidadosas. El uso de la HPI en aves ha demostrado ser eficaz en estudios antiguos, cuando se tomaba en cuenta el equilibrio de aminoácidos, siempre y cuando fuera bajo el nivel de inclusión total (Gerry and Smith, 1954,

Harms y Goff, 1957, Lillie et al., 1956, McKerns y Rittersporn, 1958, Moran et al., 1968, Sullivan y Stephenson, 1957, Wilder et al., 1955). Los datos más recientes indican que la HPI es una excelente fuente de varios aminoácidos, particularmente la cistina, y aunque la cantidad total de la proteína es baja, la HPI a menudo puede ahorrar el uso de metionina sintética (Wessels, 1972).

**Cuadro 4. Digestibilidades de aminoácidos de la harina de plumas.**

<b>Aminoácido</b>	<b>Pollo</b>	<b>Pavo</b>
Arg	84.2*	89.5
Ser	76.4*	89.3
His	84.2	74.4
Ile	82.3	86.8
Leu	76.8*	85.0
Lis	73.3	76.2
Met	77.5	80.3
Cis	58.8*	86.8
Fen	79.6	85.8
Tir	79.8	85.9
Tre	72.9*	84.9
Trp	77.0*	87.4
Val	77.5*	85.3
Asp	58.0*	74.0
Glu	71.8*	82.4
Pro	63.1*	88.5
Ala	72.3	80.0
<b>Promedio</b>	<b>73.6</b>	<b>83.7</b>

<sup>A</sup> Coeficiente de digestibilidad promedio \* Diferencias significativas comparadas con pavos.

El trabajo más reciente ha considerado la metodología del procesamiento y cómo esto contribuye a la digestibilidad de los aminoácidos en la HPI. Morris y Balloun (1971) encontraron un tiempo de procesamiento de 60 minutos a 50 psi que producía los mejores resultados, mientras que otros (Papadopaulos et al., 1985, Moritz y Latshaw, 2001) encontraron que el tiempo y la presión se correlacionaba negativamente para producir una HPI de alta calidad. Sin embargo, Wang y Parsons (1997) no encontraron relaciones significativas entre la temperatura y el tiempo de procesamiento. Ya se ha evaluado la disponibilidad de aminoácidos (Baker et al., 1981, Han y Parsons, 1991, Bielorai et al., 1983, Firman y Remus, 1993) y energía (Dale, 1992) de la HPI. En el cuadro 4 se muestran las digestibilidades de aminoácidos de un ejemplo de HPI para pollos y pavos. La adición de HPI de 4 a 6 por ciento a las dietas de pavos fue la inclusión máxima que no afecta negativamente el desempeño, especialmente cuando estaba en combinación con otros subproductos (Eissler y Firman, 1996). Se hizo notar que una de tasa establecida de inclusión resulta en un aumento de la proporción de la proteína total

que proviene de la HPI, conforme disminúan los niveles de proteína en alimentos para pavos.

#### *Utilización del fósforo*

El fósforo es uno de los nutrientes más valiosos en las proteínas recicladas de origen animal. El contenido altamente disponible de fósforo en un producto dado, es en muchos casos, lo que hace que sea económicamente viable al compararse con otras fuentes de proteína. Los trabajos iniciales en la utilización del fósforo indican que es altamente disponible en los productos de origen animal (Waldroup et al., 1965). Orban y Roland (1992) encontraron que el fósforo que proviene de fuentes de harina de hueso es ligeramente menos disponible que el fosfato dicálcico. Sin embargo, los datos más recientes indican que no hubo diferencias en la utilización del fósforo de proteínas de animales y del fosfato dicálcico (Waldroup y Adams, 1994). Hoy en día, la mayor parte de los nutriólogos da por sentado un porcentaje de disponibilidad del 100 por ciento del fósforo en los subproductos reciclados de origen animal.

#### **Uso de proteínas animales en alimentos balanceados**

Los productos de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal se utilizan mucho en la mayor parte de los alimentos para pollos de engorda y pavos en Estados Unidos. Aunque los productos se pueden utilizar de manera individual, en muchos casos, las adiciones más redituables resultan de permitir a la computadora que seleccione de una amplia variedad de fuentes disponibles. Por lo general, la HCH de origen ruminante es la fuente más redituable, seguida de la HSA grado alimenticio animal y la HPI. La HPI por lo general se añade a niveles muy bajos para ayudar a contrarrestar el costo de los aminoácidos azufrados. La HCH y la HSA se añaden como fuentes de proteína y fósforo; esta última generalmente es más alta en energía y por lo tanto llega a un mayor valor. Las tasas de adición de la HPI por lo general son menores al 2 por ciento, mientras que las de HCH y HSA pueden ser sustancialmente más altas. Desde un punto de vista del crecimiento, cuando se formula con base digestible, el nivel superior de estas adiciones puede fácilmente exceder el 10 por ciento, pero por lo general se basan más en el punto de vista de la eficiencia del costo. Si no se formula con base en aminoácidos digestibles, se debe de todas formas considerar la digestibilidad del producto y establecer una tasa de inclusión máxima, si existen diferencias considerables en la digestibilidad de la harina de soya. Dada la cantidad de datos disponibles, en el futuro todas las dietas avícolas deben de formularse con base digestible.

El problema más importante en el uso de los productos reciclados de origen animal es la variación del producto. Los formuladores deben mantener una base de datos de los análisis de productos y hacer todo esfuerzo por utilizar los mismos proveedores, para reducir la variación del producto.

## Bibliografía

- Angkanaporn, K., V. Ravindran, and W.L. Bryden. 1996. Additivity of apparent and true ileal amino acid digestibilities in soybean meal, sunflower meal, and meat and bone meal for broilers. *Poultry Sci.* 75:1098-1103.
- Baker, D.H., R.C. Blitenthal, K.P. Boebel, G.L. Czarnecki, L.L. Southern, and G.M. Willis. 1981. Protein-amino acid evaluation of steam-processed feather meal. *Poultry Sci.* 60:1865-1872.
- Bielorai, R., Z. Harduf, B. Iosif, and E. Alumot. 1983. Apparent amino acid absorption from feather meal by chicks. *British Journal of Nutrition* 49:395-399.
- Bohnsack, C.R., R.H. Harms, W.D. Merkel, and G.B. Russell. 2002. Performance of commercial layers when fed diets with four levels of corn oil or poultry fat. *J. Appl. Poultry Res.* 11:68-76.
- Carew, L.B., Jr., R.H. Machemer Jr., R.W. Sharp, and D.C. Foss. 1972. Fat absorption by the very young chick. *Poultry Sci.* 51:738-742.
- Dale, N. 1997. Metabolizable energy of meat and bone meal. *J. Appl. Poultry Res.* 6:169-173.
- Dale, N. 1992. True metabolizable energy of feather meal. *J. Appl. Poultry Res.* 1:331-334.
- Dale, N., B. Fancher, M. Zumbado, and A. Villacres. 1993. Metabolizable energy content of poultry offal meal. *J. Appl. Poultry Res.* 2:40-42.
- Dale, N.M., and H.L. Fuller. 1978. Effect of ambient temperature and dietary fat on feed preference of broilers. *Poultry Sci.* 57:1635-1640.
- Dale, N.M., and H.L. Fuller. 1980. Effect of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. II. Constant vs. cycling temperatures. *Poultry Sci.* 59:1434-1441.
- Dolz, S., and C. de Blas. 1992. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. *Poultry Sci.* 71:316-322.
- Dozier, W.A., and N.M. Dale. 2005. Metabolizable energy of feed-grade and pet food-grade poultry by-product meals. *J. Appl. Poultry Res.* 14:349-351.
- Dozier, W.A. III, N.M. Dale, and C.R. Dove. 2003. Nutrient composition of feed-grade and pet-food-grade poultry by-product meal. *J. Appl. Poultry Res.* 12:526-530.
- Drewyor, M.A., and P.W. Waldroup. 2000. Utilization of high levels of meat and bone meal in broiler diets. *J. Appl. Poultry Res.* 9:131-141.
- Eissler, C.R., and J.D. Firman. 1996. Effects of feather meal on the performance of turkeys. *J. Appl. Poultry Res.* 5:246-253.
- Elkin, R.G. 2002. Nutritional components of feedstuffs: a qualitative chemical appraisal of protein. *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*. CAB International, Wallingford. UK.
- Escalona, R.R., G.M. Pesti, and P.D. Vaughters. 1986. Nutritive value of poultry by-product meal. 2. Comparisons of methods of determining protein quality. *Poultry Sci.* 65:2268-2280.
- Firman, J.D. 2003. Diet Formulation Strategies for the Future in Poultry. National Renderers Assn. Johannesburg, South Africa.
- Firman, J.D. 1995. Protein and energy utilization by the turkey. Proceedings of the "Maximizing profits for the poultry and swine industries," conference, Cincinnati, OH, Griffin Industries.
- Firman, J.D. 1992. Amino acid digestibilities of soybean meal and meat meal in male and female turkeys of different ages. *J. Appl. Poultry Res.* 1:350-354.
- Firman, J.D., and J.C. Remus. 1994. Fat additions increase digestibility of meat and bone meal. *J. Appl. Poultry Res.* 3:80-82.

- Firman, J.D., and J.C. Remus. 1993. Amino acid digestibilities of feedstuffs in female turkeys. *J. Appl. Poultry Res.* 2:171-176.
- Fuller, H.L. 1956. The value of poultry by-products as sources of protein and unidentified growth factors in broiler rations. *Poultry Sci.* 35:1143-1144.
- Fuller, H.L., and M. Rendon. 1977. Energetic efficiency of different dietary fats for growth of young chicks. *Poultry Sci.* 56:549-557.
- Fuller, H.L. and M. Rendon. 1979. Energetic efficiency of corn oil and poultry fat at different levels in broiler diets. *Poultry Sci.* 58:1234-1238.
- Gerry, R.W., and J.R. Smyth. 1954. The value of feather meal in rations for poultry. *Poultry Sci.* 33:1089.
- Gerry, R.W. 1956. The use of poultry by-products in poultry rations. *Poultry Sci.* 35:1144.
- Han, Y., and C.M. Parsons. 1991. Protein and amino acid quality of feather meals. *Poultry Sci.* 70:812-822.
- Harms, R.H., and O.E. Goff. 1957. Feather meal in hen nutrition. *Poultry Sci.* 36:358-361.
- Horani, F. and J.L. Sell. 1977. Effect of feed grade animal fat on laying hen performance and on metabolizable energy of rations. *Poultry Sci.* 56:1972-1980.
- Jensen, L.S. 1983. *Feedstuffs* 55(25):15.
- Jensen, L.S., G.W. Schumaier, and J.D. Latshaw. 1970. Extra caloric effect of dietary fat for developing turkeys as influenced by calorie-protein ratio. *Poultry Sci.* 49:1697-1704.
- Johns, D.C., C.K. Low, J.R. Sedcole, M.P. Gurnsey, and K.A.C. James. 1987. Comparison of several *in vivo* digestibility procedures to determine lysine digestibility in poultry diets containing heat treated meat and bone meals. *Br. Poultry Sci.* 28:397-406.
- Johnson, M.L., C.M. Parsons, G.C. Fahey Jr., N.R. Merchen, and C.G. Aldrich. 1998. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 76:1112-1122.
- Karakas, P., H.A.J. Versteegh, Y. van der Honing, J. Kogut, and A.W. Jongbloed. 2001. Nutritive value of the meat and bone meals from cattle or pigs in broiler diets. *Poultry Sci.* 80:1180-1189.
- Leeson, S., and J.O Atteh. 1995. Utilization of fats and fatty acids by turkey poults. *Poultry Sci.* 74:2003-2010.
- Leigh, H., and Firman, J.D. 2005. Comparison of fat sources in diets of broilers. Unpublished.
- Lillie, R.J., J.R. Sizemore, and C.A. Denton. 1956. Feather meal in chick nutrition. *Poultry Sci.* 35:316-318.
- Martosiswoyo, A.W., and L.S. Jensen. 1988a. Available energy in meat and bone meal as measured by different methods. *Poultry Sci.* 67:280-293.
- Martosiswoyo, A.W., and L.S. Jensen. 1988b. Effect of formulating diets using differing meat and bone meal energy data on broiler performance and abdominal fat content. *Poultry Sci.* 67:294-299.
- McKerns, K.W., and E. Rittersporn. 1958. The nutritional significance of processed keratin in poultry feeding. *Poultry Sci.* 37:433-436.
- Mendez, A., and N. Dale. 1998. Rapid assay to estimate calcium and phosphorus in meat and bone meal. *J. Appl. Poultry Res.* 7:309-312.
- Moran, E.T., Jr., J.D. Summers, and S.J. Slinger. 1966. Keratin as a source of protein for the growing chick. *Poultry Sci.* 45:1257-1266.
- Moritz, J.S., and J.D. Latshaw. 2001. Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. *Poultry Sci.* 80:79-86.
- Morris, W.C., and S.L. Balloun. 1971. Effect of processing methods on the utilization of hydrolyzed feather meal by broilers. *Poultry Sci.* 50:1609-1610.

- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9<sup>th</sup> rev ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Orban, J.I., and D.A. Roland Sr. 1992. The effect of varying bone meal sources on phosphorus utilization by 3-week old broilers. *J. Appl. Poultry Res.* 1:75-83.
- Orr, H.L., E.S. Snyder, and S.J. Slinger. 1958. Effect of animal fat, arsonic acid and range vs. confinement rearing on egg quality. *Poultry Sci.* 37:212-214.
- Parsons, C.M., F. Castanon, and Y. Han. 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poultry Sci.* 76:361-368.
- Pesti, G.M., L.O. Faust, H.L. Fuller, N.M. Dale, and F.H. Benoff. 1986. Nutritive value of poultry by-product meal. 1. Metabolizable energy values as influenced by method of determination and level of substitution. *Poultry Sci.* 65:2258-2267.
- Pesti, G.M., R.I. Bakalli, M. Qiao, and K.G. Sterling. 2002. A comparison of eight grades of fat as broiler feed ingredients. *Poultry Sci.* 81:382-390.
- Quart, M.D., B.L. Damron, F.G. Martin, R.B. Christmas and D.R. Sloan. 1992. Effects of poultry fat and yellow grease on broiler performance and profitability. *Poultry Sci.* 71:821-828.
- Reid, B.L., and C.W. Weber. 1975. S supplemental dietary fat and laying hen performance. *Poultry Sci.* 54:422-428.
- Renner, R., and F.W. Hill. 1960. The utilization of corn oil, lard and tallow by chickens of various ages. *Poultry Sci.* 39:849-854.
- Rivas, F, and J.D.0 Firman. 1994. Performance and carcass traits of turkeys fed diets varying energy and protein content during a three week finisher period. *J. Appl. Poultry Res.* 4:327-335.
- Robbins, D.H., and Firman, J.D. 2005. Evaluation of the metabolizable energy of meat and bone meal for chickens and turkeys by various methods. *International J. Poultry Sci.* 4 (9): 633-638.
- Salmon, R.E., and J.B. O'Neil. 1971. The effect of the level and source of dietary fat on the growth, feed efficiency, grade and carcass composition of turkeys. *Poultry Sci.* 50:1456-1467.
- Sell, J.L. 1996. Influence of dietary concentration and source of meat and bone meal on performance of turkeys. *Poultry Sci.* 75:1076-1079.
- Sell, J.L., and M.J. Jeffrey. 1996. Availability for poult of phosphorus from meat and bone meals of different particle sizes. *Poultry Sci.* 75:232-239.
- Sell, J.L., A. Krogdahl, and N. Hanyu. 1986. Influence of age on utilization of supplemental fats by young turkeys. *Poultry Sci.* 65:546-554.
- Seidler, A.J., H.E. Scheid, and B.S. Schweigert. 1955. Effects of different grades of animal fats on the performance of chicks. *Poultry Sci.* 34:411-414.
- Shirley, R.B., and C.M. Parsons. 2000. Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. *Poultry Sci.* 79:1775-1781.
- Shirley, R.B., and C.M. Parsons. 2001. Effect of ash content on protein quality of meat and bone meal. *Poultry Sci.* 80:626-632.
- Sullivan, T.W., and E.L. Stephenson. 1957. Effect of processing methods on the utilization of hydrolyzed poultry feathers by growing chicks. *Poultry Sci.* 36:361-365.
- Waldroup, P.W., C.B. Ammerman, and R.H. Harms. 1965. The utilization of phosphorus from animal protein sources for chicks. *Poultry Sci.* 44:1302-1306.
- Waldroup, P.W., and M.H. Adams. 1994. Evaluation of the phosphorus provided by animal proteins in the diet of broiler chickens. *J. Appl. Poultry Res.* 3:209-218.
- Waldroup, P.W., S.E. Watkins, and E.A. Saleh. 1995. Comparison of two blended animal-vegetable fats having low or high free fatty acid content. *J. Appl. Poultry Res.* 4:41-48.
- Wang, X., and C.M. Parsons. 1,998a. Bioavailability of digestible lysine and total sulfur amino acids in meat and bone meals varying in protein quality. *Poultry Sci.* 77:1003-1009.

- Wang, X., and C.M. Parsons. 1997. Effect of processing systems on protein quality of feather meals and hog hair meals. *Poultry Sci.* 76:491-496.
- Wang, X., and C.M. Parsons. 1998b. Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. *Poultry Sci.* 77:1010-1015.
- Wang, X., F. Castanon, and C.M. Parsons. 1997. Order of amino acid limitation in meat and bone meal. *Poultry Sci.* 76:54-58.
- Waring, J.J. 1969. The nutritive value of fish meal, meat and bone meal and field bean meal as measured by digestibility experiments on the adult colostomised fowl. *Br. Poultry Sci.* 10:155-163.
- Wessels, J.P.H. 1972. A study of the protein quality of different feather meals. *Poultry Sci.* 51:537-541.
- Wilder, O.H.M., P.C. Ostby, and B.R. Gregory. 1955. The use of chicken feather meal in feeds. *Poultry Sci.* 34:518-524.
- Young, R.J. 1961. The energy value of fats and fatty acids for chicks. I. Metabolizable energy. *Poultry Sci* 40:1225-1233.

## **SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LA NUTRICIÓN PORCINA**

Dr. Gary L. Cromwell  
Profesor de Ciencias Animales  
University of Kentucky

### **Resumen**

En las dietas porcinas se pueden usar numerosos productos reciclados de origen animal. En general, estos subproductos de la industria del empaque de carne y del reciclaje son buenas fuentes de aminoácidos, calcio, fósforo y otros minerales, así como de vitaminas del complejo B. Los principales subproductos de origen animal usados en dietas porcinas son la harina de carne, harina de carne y hueso, harina de pescado, productos deshidratados de sangre (harina de sangre, plasma secado por aspersión y glóbulos sanguíneos secados por aspersión) harina de hueso al vapor y grasas animales recicladas (sebo, grasa y mezclas de grasas animales). También se usan pequeñas cantidades de harina de subproductos avícolas y harina de plumas hidrolizadas, pero en un menor grado. Este capítulo es una revisión de la composición de estos productos y su valor nutritivo para los cerdos.

### **Introducción**

La producción porcina representa un importante segmento de la industria de animales para consumo humano en Estados Unidos y en todo el mundo. La carne de cerdo es una importante fuente de proteína para el ser humano, además de que hoy en día es la carne más ampliamente consumida en el mundo. La carne de cerdo actual es magra y suministra muchos nutrientes esenciales al consumidor.

Muchos tipos de explotaciones porcinas producen cerdos, desde pequeñas granjas hasta empresas enormes y altamente integradas. La carne de cerdo de hoy en día la producen menos productores que antes y las explotaciones son mucho más grandes de lo que eran en el pasado. En el cuadro 1 se ilustra que aproximadamente el 78 por ciento de la carne de cerdo en Estados Unidos la producen únicamente el 1.5 por ciento de las granjas porcinas, cuyo tamaño es bastante grande, con una producción anual de al menos 10,000 cerdos al mercado, y para algunas meggranjas, más de 500,000 cerdos anuales.

**Cuadro 1. Número de explotaciones porcinas en Estados Unidos por tamaño y participación en el mercado de los cerdos que se producen en dichas granjas, 2003<sup>a</sup>.**

No. de cerdos comercializados al año	No. de granjas porcinas	Porcentaje de todas las granjas porcinas	% de participación en el mercado
Menos de 1,000	59,950	85.5	1
1,000 a 3,000	6,630	9.5	8
3,000 a 5,000	950	1.4	4
5,000 a 10,000	1,526	2.2	9
10,000 a 50,000	915	1.3	19
50,000 a 500,000	134	0.2	19
Más de 500,000	25	0.04	40

<sup>a</sup> National Pork Board, 2006.

Sin importar el tamaño de las explotaciones o los tipos de instalaciones en los que se crían los cerdos, es necesario tener una nutrición sana y un buen programa de alimentación para que la operación sea rentable. Debido a que el alimento representa del 65 al 75 por ciento del costo total de producción, los poricultores deben de conocer muy bien los requerimientos de nutrientes de los cerdos, tener un buen conocimiento de los ingredientes que se van a usar en el alimento porcino, y una apreciación de un buen manejo de alimentación para producir cerdos de manera eficiente y económica.

Los cerdos son únicos en el sentido de que tienen la capacidad de obtener nutrientes de una amplia variedad de ingredientes para alimentos. Los cerdos son omnívoros, es decir, consumen tanto fuentes de alimentos vegetales como animales. En las explotaciones de hoy en día, los principales ingredientes son vegetales por naturaleza (predominantemente granos y harinas de oleaginosas), en los que el maíz y la harina de soya representan el 80 por ciento o más del total de ingredientes alimentados a los cerdos. Sin embargo, comúnmente también se incluyen ingredientes de fuentes animales en las dietas comerciales porcinas. La mayoría de estos ingredientes derivados de animales son subproductos de la industria del empaque de carne y del reciclaje. Muchos de los subproductos tienen propiedades especiales que mejoran el programa alimenticio porcino.

### **Revisión general de la nutrición porcina**

La revisión de los aspectos fundamentales de la nutrición y alimentación porcina van a ayudar a entender y a tener una mejor apreciación del uso de los productos reciclados de origen animal y de otros ingredientes en las dietas porcinas.

Los cerdos requieren más de 40 nutrientes individuales en su dieta para poder mantener la vida, crecer rápidamente, reproducirse y lactar de manera

eficiente. Algunos de estos nutrientes se encuentran presentes en cantidades adecuadas en los ingredientes comúnmente consumidos (granos, harinas de oleaginosas, etc.), y aquéllos que son deficientes se pueden suplementar con facilidad con fuentes concentradas o sintéticas. Los mejores estimados de los requerimientos cuantitativos de todos estos nutrientes se pueden encontrar en la publicación *Nutrient Requirements of Swine*, publicada por el National Research Council (NRC, 1998).

Los nutrientes tradicionalmente se agrupan en seis clases: agua, carbohidratos, grasas, proteínas, minerales y vitaminas. El agua a menudo se considera el nutriente más importante, porque los animales no pueden vivir mucho tiempo sin ella. Los carbohidratos, las grasas y la proteína proporcionan energía para los animales. Además, la proteína suministra aminoácidos que son esenciales para el crecimiento, la reproducción y la lactancia. Los minerales y las vitaminas tienen numerosos papeles importantes en el organismo.

### *Energía*

La energía se requiere para todas las funciones del proceso de la vida. Para los cerdos, la energía se deriva principalmente de los carbohidratos y las grasas, y hasta cierto punto, de la proteína. La energía se clasifica en energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) o energía neta (EN). El contenido de ED del alimento representa la energía que se digiere (energía del alimento menos energía en las heces). El contenido de EM del alimento representa la ED menos cualquier energía que se pierda en la orina y en los gases de fermentación. La EN de un alimento es la EM menos el calor consumido por la digestión y la utilización de los alimentos. La ED y la EM son más fáciles de determinar que la EN, y debido a que hay una base de datos más grande, en Estados Unidos es más común que se use la ED y la EM.

Los cerdos son animales monogástricos, por lo que dependen de alimentos que tengan carbohidratos fácilmente digeribles, tales como el almidón y los azúcares, para cubrir las necesidades de energía. Los animales rumiantes dependen de los microorganismos en el rumen para degradar la celulosa, hemicelulosa y otros carbohidratos complejos que se encuentran en los forrajes a productos fermentados que se pueden absorber y utilizar. Sin embargo, los cerdos no pueden hacer esto de forma eficiente. Hay algo de fermentación en el intestino posterior de los cerdos más maduros, pero el proceso es mucho menos eficiente que en los rumiantes.

Los granos son altos en almidón y constituyen la parte principal de las dietas modernas de los cerdos. Los cerdos digieren casi todos los almidones en el maíz y otros granos. El producto final de la digestión del almidón es la glucosa que es fácilmente absorbible y utilizable como fuente de energía. Los azúcares, tales como la lactosa en la leche y los productos lácteos, representan una importante fuente de energía para los cerdos al destete. El cerdo utiliza también muy bien el azúcar o sacarosa de la caña de azúcar y la remolacha, pero estas fuentes de alimento no se usan ampliamente en Estados Unidos.

Las grasas y los aceites son fuentes de energía altamente digerible para los cerdos. Además, la energía en las grasas y los aceites es aproximadamente 2.3 veces más concentrada que la energía en una cantidad equivalente de carbohidratos.

De esta manera, la grasa suplementaria representa una forma eficiente de aumentar la concentración de energía de la dieta. Debido a que los cerdos tienden a comer una cantidad de alimento que vaya a cubrir sus necesidades de energía, la adición de grasa a la dieta va a reducir el consumo del alimento y va a mejorar sustancialmente la proporción de alimento a ganancia. La grasa suplementaria también tiene otras propiedades benéficas (reducción de la polvosidad, etcétera), que se van a analizar posteriormente en este capítulo.

La proteína en la dieta que sobrepasa la del requerimiento de varios de los aminoácidos se puede usar como fuente de energía, pero es muy costosa para alimentarse solamente para este fin. La contribución de la energía de varios productos de origen animal reciclados se muestra en el cuadro 2.

### *Proteína*

La proteína corporal consiste de 22 aminoácidos. Alrededor de la mitad de la proteína corporal se encuentra en los tejidos musculares y el resto en los órganos, vísceras, sangre y pelo. Una pequeña cantidad se encuentra en forma de enzimas y otras secreciones digestivas, así como hormonas del organismo. Para que se lleve a cabo la síntesis de proteína (es decir, el crecimiento), la dieta debe suministrar cantidades suficientes de 10 de los 22 aminoácidos, los cuales se llaman aminoácidos “esenciales”. Los otros 12 aminoácidos, llamados “no esenciales”, los puede sintetizar el cerdo siempre y cuando tengan suficiente nitrógeno en la dieta.

Debido a los cerdos son monogástricos, ellos se basan en los aminoácidos de la dieta para cubrir los requerimientos de aminoácidos esenciales. Dicho con otras palabras, los cerdos no pueden depender de los microbios para sintetizar los aminoácidos esenciales, como en el caso de los rumiantes. Por lo tanto, la proteína de la dieta debe estar de tal forma que sea fácilmente digestible (para poder liberar los aminoácidos de la proteína), mientras que el patrón de aminoácidos liberados debe suministrar cantidades adecuadas de los 10 aminoácidos esenciales. Una deficiencia de cualquiera de los 10 aminoácidos va a limitar el desempeño del cerdo.

El aminoácido que más probablemente sea deficiente en la mayoría de las dietas que consisten de varias combinaciones de ingredientes es la lisina. Esto se debe a dos razones: en primer lugar, ya que la lisina es el más abundante de todos los aminoácidos en el organismo (alrededor del 7% de lisina en toda la proteína corporal), y en segundo lugar, porque muchos de los ingredientes (especialmente los granos) son sumamente bajos en este aminoácido.

**Cuadro 2. Materia seca, energía, y composición de grasa de los subproductos reciclados de origen animal y la harina de soya descascarillada<sup>a</sup>.**

<b>Materia prima</b>	<b>Materia seca %</b>	<b>Energía digestible kcal/lb</b>	<b>Energía metabolizable kcal/lb</b>	<b>Energía neta kcal/lb</b>	<b>Grasa, %</b>
Harina de carne	94	1,224	1,178	987	12.0
Harina de carne y hueso	93	1,108	1,010	615	10.9
Harina de subproductos avícolas	93	1,403	1,298	883	12.6
Harina de plumas, hidrolizada	93	1,357	1,128	1,022	4.6
Harina de pescado, menhaden	92	1,712	1,525	1,060	9.4
Harina de sangre, secada con anillo	93	1,530	1,337	940	1.3
Plasma, secado por aspersión	91	--	--	--	2.0
Glóbulos sanguíneos, secados por aspersión	92	--	--	--	1.5
Harina de hueso al vapor					
Grasa animal					
Sebo de res		3,632	3,487	2,236	
Grasa blanca de primera		3,764	3,612	2,313	
Manteca		3,761	3,609	2,315	
Grasa avícola		3,868	3,714	2,374	
Grasa de restaurante		3,882	3,725	2,381	
Harina de soya, descascarillada	90	1,673	1,535	917	3.0

<sup>a</sup> NRC, 1998.

Las fuentes de proteína para cerdos generalmente se caracterizan con base en la “calidad de la proteína,” que se refiere a los aminoácidos en ella. Las proteínas lácteas tienen la calidad más alta, en el sentido de que su perfil de aminoácidos se parece mucho al de las necesidades de los cerdos. La proteína en algunas harinas de oleaginosas y subproductos reciclados de origen animal se considera con una calidad de proteína intermedia alta, pero la calidad de la proteína es baja en otras fuentes. La proteína de los granos es de calidad muy baja debido a las bajas concentraciones de lisina, triptófano y treonina. Curiosamente, la harina de soya en sí misma es baja en metionina, pero cuando se combina con los granos

(que son relativamente más altos en metionina), se mejora mucho la calidad de la proteína.

Los aminoácidos en la proteína de alimento no se absorben ni digieren totalmente en los cerdos, dicho de otra forma, la biodisponibilidad de los aminoácidos en la proteína intacta no es del 100 por ciento. Sin embargo, la disponibilidad de la mayoría de los aminoácidos se encuentra entre el 70 y 90 por ciento. La disponibilidad de los aminoácidos en los ingredientes individuales para el animal está determinada por la desaparición de los aminoácidos al final del intestino delgado en cerdos canulados en el íleon, que se le conoce como “digestibilidad ileal.” La digestibilidad se puede expresar como digestibilidad ileal “aparente” o “verdadera”. Esta última tiene una corrección de los aminoácidos endógenos (fuentes no alimenticias de aminoácidos, tales como las enzimas, moco, células epiteliales erosionadas, etc.). El sistema de “aminoácidos digestibles” es lo que comúnmente se usa hoy en la industria de alimentos balanceados de Estados Unidos.

#### *Minerales y Vitaminas*

Los cerdos requieren de 14 minerales en la dieta. Algunos de estos (azufre, magnesio, potasio, cromo) se proporcionan en cantidades suficientes en los ingredientes naturales, pero se tienen que suplementar otros. El calcio, el fósforo, la sal (cloruro de sodio) y los minerales traza cobre, hierro, manganeso, zinc, yodo y selenio comúnmente se añaden a la mayoría de las dietas de granos y harina de soya, pero se pueden proporcionar cantidades significativas de estos minerales parcial o incluso totalmente con los subproductos reciclados de origen animal.

El calcio y el fósforo se requieren en mayores cantidades que cualquier otro mineral. Los cerdos requieren cantidades significativas de minerales para la formación de huesos y para muchos otros propósitos. La mayor parte de los ingredientes vegetales son sumamente bajos en calcio y gran parte del fósforo se encuentra orgánicamente ligado en una forma que se le conoce como ácido fítico (o fitato) que es no es disponible para los cerdos. Debido a la baja biodisponibilidad de fósforo en los ingredientes vegetales (Cromwell y Coffey, 1993), las dietas a base de granos y oleoginosas necesitan más bien grandes cantidades de calcio altamente disponible (por lo regular como cal molida) y fósforo (como fosfato mono o dicálcico, fosfato defluorinado y harina de hueso al vapor) para poder cubrir el requerimiento. Mucho, o casi todo el requerimiento de calcio y fósforo se pueden proporcionar por ciertas fuentes de proteína derivadas de animales (analizadas más adelante en este capítulo).

La sal común, añadida del 0.25 al 0.50 por ciento, va a cubrir los requerimientos de sodio y cloruro de los cerdos. Los otros minerales importantes: magnesio, potasio y azufre, se proporcionan en cantidades suficientes mediante los ingredientes naturales. Los materiales traza comúnmente se incluyen en las dietas en forma de una premezcla de minerales traza.

Los cerdos requieren de trece vitaminas. Las vitaminas A, D, E, K y B<sub>12</sub> junto con la riboflavina, ácido pantoténico y niacina comúnmente se adicionan a las dietas porcinas. A menudo se añaden a las dietas de cerdas tres vitaminas adicionales: biotina, ácido fólico, y colina. Las otras dos vitaminas esenciales, la

tiamina y la piridoxina (vitamina B<sub>6</sub>), se proporcionan en cantidades suficientes mediante los ingredientes naturales y no tienen que suplementarse. La adición de vitaminas de complejo B es menos crítica cuando los subproductos reciclados de origen animal constituyen una porción del suplemento de proteína, ya que las fuentes de proteína animal contienen niveles mucho mayores de estas vitaminas, así como de minerales traza, que las harinas de oleaginosas. Antes, varios alimentos altos en proteína se mezclaban con productos de leguminosas como suplementos para granos para cubrir las necesidades de vitaminas y minerales traza de los cerdos. Hoy en día, comúnmente se incluyen vitaminas producidas sintéticamente y minerales traza inorgánicos (u orgánicos) como premezclas para suplementar estos importantes micronutrientes a los alimentos porcinos.

### **Fuentes recicladas de proteína de origen animal para cerdos**

En general, los suplementos de proteína animal son buenas fuentes de lisina y de otros aminoácidos. Además, contienen niveles más altos de minerales y de vitaminas del complejo B que las fuentes de proteínas vegetal. Sin embargo, los suplementos de proteína animal tienden a ser más variables en contenido de nutrientes y están sujetas a altas temperaturas de secado durante el procesamiento para la deshidratación y esterilización. A menos que se controlen con cuidado, las altas temperaturas pueden reducir a biodisponibilidad y otros aminoácidos.

En el cuadro 3 se muestra la composición típica de aminoácidos de las fuentes de proteína de origen animal más comunes para cerdos y en los cuadros 4 y 5 los estimados de la digestibilidad ileal aparente y verdadera de los aminoácidos en estas fuentes proteínicas. Los niveles de calcio, fósforo y fósforo biodisponible de estos ingredientes se muestran en el cuadro 6. En estos cuadros también se proporcionan los niveles de nutrientes en la harina de soya descascarillada para propósitos de comparación. Todos los valores provienen de la publicación de *Nutrient Requirements of Swine* del National Research Council (NRC, 1998).

**Cuadro 3. Composición de proteína y aminoácidos de subproductos reciclados de origen animal y la harina de soya descascarillada<sup>a</sup> (por ciento).**

<b>Materia prima</b>	<b>Prot.</b>	<b>Lis</b>	<b>Tre</b>	<b>Trp</b>	<b>Met</b>	<b>Cis</b>	<b>Ile</b>	<b>Val</b>
Harina de carne	54.0	3.07	1.97	0.35	0.80	0.60	1.60	2.66
Harina de carne y hueso	51.5	2.51	1.59	0.28	0.68	0.50	1.34	2.04
Harina de subproductos avícolas	64.1	3.32	2.18	0.48	1.11	0.65	2.01	2.51
Harina de plumas, hidrolizada	84.5	2.08	3.82	0.54	0.61	4.13	3.86	5.88
Harina de pescado, menhaden	62.3	4.81	2.64	0.66	1.77	0.57	2.57	3.03
Harina de sangre, secada con anillo	88.8	7.45	3.78	1.48	0.99	1.04	1.03	7.03
Plasma, secado por aspersión	78.0	6.84	4.72	1.36	0.75	2.63	2.71	4.94
Glóbulos sanguíneos, secados por aspersión	92.0	8.51	3.38	1.37	0.81	0.61	0.49	8.50
Harina de soya, descascarillada	47.5	3.02	1.85	0.65	0.67	0.74	2.16	2.27

<sup>a</sup> NRC, 1998.

**Cuadro 4. Digestibilidad ileal aparente de aminoácidos en subproductos reciclados de origen animal y harina de soya descascarillada<sup>a</sup>.**

<b>Materia prima</b>	<b>Lis</b>	<b>Tre</b>	<b>Trp</b>	<b>Met</b>	<b>Cis</b>	<b>Ile</b>	<b>Val</b>
Harina de carne	83	79	73	85	55	82	79
Harina de carne y hueso	74	70	60	79	55	74	74
Harina de subproductos avícolas	78	72	74	74	70	77	74
Harina de plumas, hidrolizada	54	74	63	65	71	81	80
Harina de pescado, menhaden	89	85	79	88	73	87	85
Harina de sangre, secada con anillo	91	86	88	85	81	71	90
Plasma, secado por aspersion	87	82	92	64	--	85	86
Glóbulos sanguíneos, secados por aspersion	--	--	--	--	--	--	--
Harina de soya, descascarillada	85	78	81	86	79	84	81

<sup>a</sup> NRC, 1998.

**Cuadro 5. Digestibilidad ileal verdadera de aminoácidos en subproductos reciclados de origen animal y harina de soya descascarillada<sup>a</sup>.**

<b>Materia prima</b>	<b>Lis</b>	<b>Tre</b>	<b>Trp</b>	<b>Met</b>	<b>Cis</b>	<b>Ile</b>	<b>Val</b>
Harina de carne	83	82	79	87	58	84	80
Harina de carne y hueso	80	80	78	83	63	82	79
Harina de subproductos avícolas	80	77	--	77	72	81	74
Harina de plumas, hidrolizada	67	82	86	74	73	88	84
Harina de pescado, menhaden	95	88	90	94	88	94	93
Harina de sangre, secada con anillo	94	94	94	96	91	88	91
Plasma, secado por aspersión	--	--	--	--	--	--	--
Glóbulos sanguíneos, secados por aspersión	--	--	--	--	--	--	--
Harina de soya, descascarillada	90	87	90	91	87	89	88

<sup>a</sup> NRC, 1998.

**Cuadro 6. Composición de calcio, fósforo y fósforo biodisponible de subproductos reciclados de origen animal y harina de soya descascarillada<sup>a</sup>.**

Materia prima	Calcio %	Fósforo %	Fósforo , disponibilida d <sup>b</sup> %	Fósforo disponible <sup>c</sup> %
Harina de carne	7.69	3.88	90 <sup>d</sup>	3.49
Harina de carne y hueso	9.99	4.98	90	4.48
Harina de subproductos avícolas	4.46	2.41	90 <sup>d</sup>	2.17
Harina de plumas, hidrolizada	0.33	0.50	31	0.16
Harina de pescado, menhaden	5.21	3.04	94	2.86
Harina de sangre, secada con anillo	0.41	0.30	92	0.28
Plasma, secado por aspersión	0.15	1.71	95 <sup>d</sup>	1.62
Glóbulos sanguíneos, secados por aspersión	0.02	0.37	95 <sup>d</sup>	0.35
Harina de hueso al vapor	29.80	12.50	85	10.63
Harina de soya, descascarillada	0.34	0.69	23	0.16

<sup>a</sup> NRC, 1998.

<sup>b</sup> Porcentaje de fósforo que está biodisponible para los cerdos.

<sup>c</sup> Fósforo total por el por ciento de fósforo que está biodisponible.

<sup>d</sup> Estimado.

Hay otras revisiones de las fuentes de proteína animal escritas por Cunha (1977), Thacker y Kirkwood (1990), Knabe (1991), Chiba (2001), Cromwell (2002) y McGlone and Pond (2003).

*Harina de carne, harina de carne y hueso*

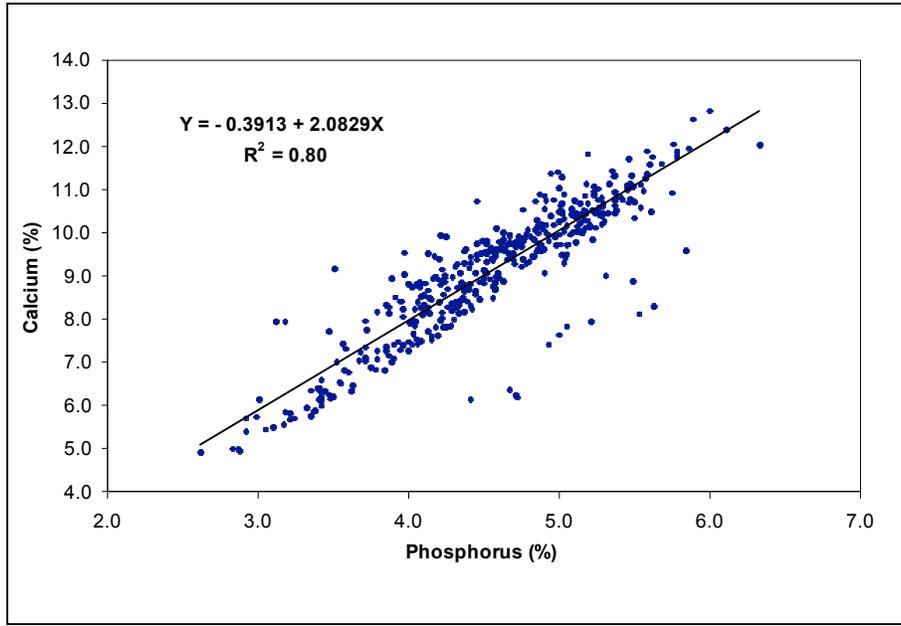
La harina de carne y la harina de carne y hueso son las dos fuentes de proteína de origen animal que más comúnmente se usan en las dietas porcinas. Durante muchos años se han usado ampliamente ambos subproductos en alimentos porcinos (Franco y Swanson, 1996). Estos productos se describen oficialmente como subproductos reciclados de tejidos de mamíferos que incluyen huesos pero

excluyen cualquier adición de sangre, pelo, pezuñas, cuernos, recortes de cuero, estiércol, estómago y contenido ruminal, excepto aquellas cantidades que puedan darse inevitablemente en las buenas prácticas de procesamiento (AAFCO, 2006). La cantidad de fósforo es el principal criterio para distinguir ambos productos. Si el nivel de fósforo es del 4.0 por ciento o mayor, el producto se designa como harina de carne y hueso. Si el nivel de fósforo es menor al 4.0%, el producto se designa como harina de carne. De acuerdo con la definición oficial, el nivel de calcio no debe de ser de más de 2.2 veces el nivel de fósforo. Aunque no se incluye en la definición oficial, la proteína cruda de la harina de carne y hueso es de aproximadamente el 50 por ciento y de la harina de carne es de aproximadamente de tres a cinco por ciento unidades más alto en proteína. El tankage de la harina de carne y el de la harina de carne y hueso es similar a la harina de carne y a la harina de carne y hueso, respectivamente, excepto que también contienen sangre o harina de sangre.

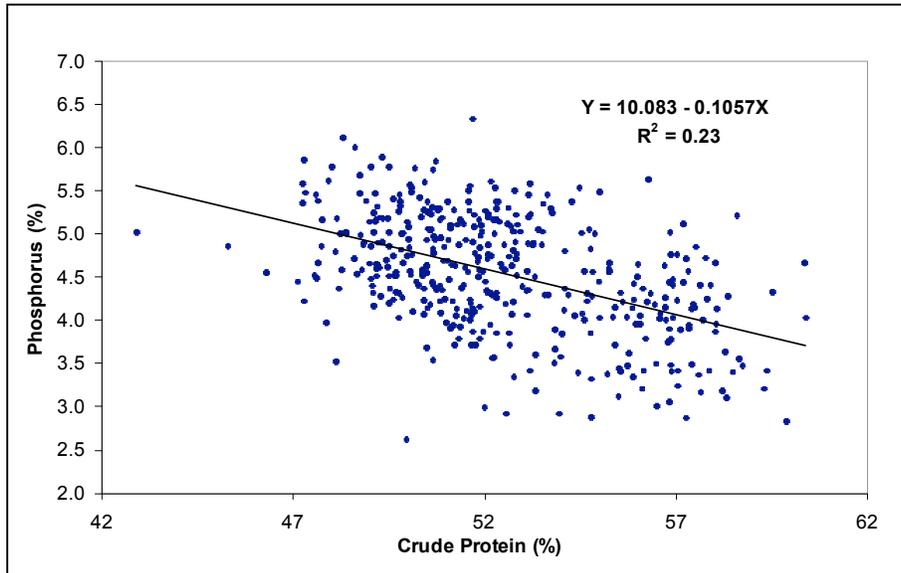
Para la mayor parte de los ingredientes de alimentos balanceados, los porcentajes de varios aminoácidos tienden a aumentar conforme aumenta el nivel de proteína cruda en dicho ingrediente; sin embargo, a menudo es relativamente mala la correlación entre las dos. Un análisis de 73 muestras de harina de carne y de harina de carne y hueso (Knabe, 1995), muestra que la lisina aumenta en 0.06 por ciento por cada uno por ciento de aumento en la proteína cruda ( $R^2 = 0.47$ , figura 3).

La lisina en la harina de carne es tan alta, o incluso ligeramente más alta, que la lisina en la harina de soya (cuadro 3). Sin embargo, la biodisponibilidad de la lisina es ligeramente menor que en la harina de soya (cuadros 4 y 5). Tanto la harina de carne como la harina de carne y hueso son relativamente bajas en triptofano; algunas investigaciones han mostrado que la biodisponibilidad (es decir, la digestibilidad ileal) del triptofano y de algunos otros aminoácidos es un poquito más baja (Knabe, 1987; NRC, 1998). El bajo contenido de triptofano se debe al hecho de que el colágeno es una de las principales proteínas en huesos, tejido conectivo, cartílagos y tendones (Eastoe e Eastoe, 1954), y que el colágeno está prácticamente desprovisto del triptofano (Eastoe y Long, 1960).

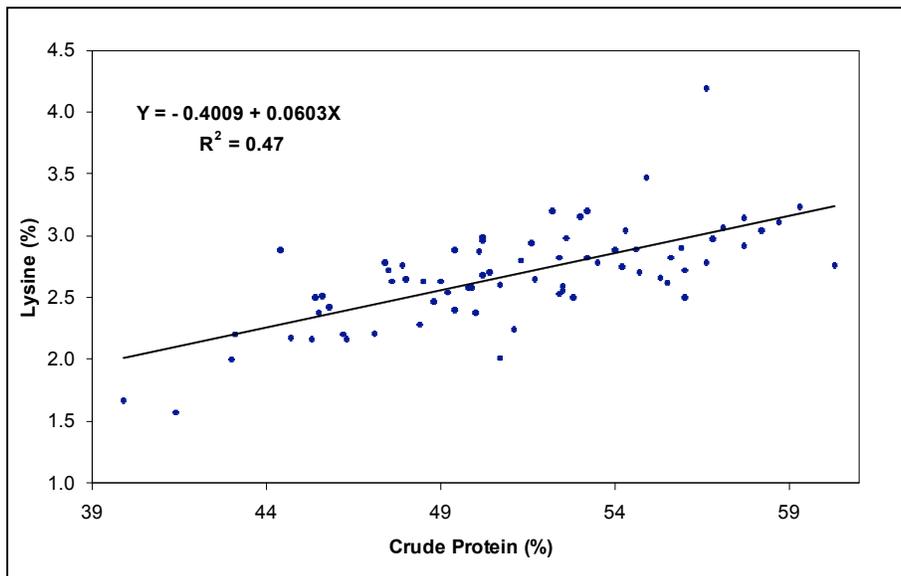
**Figura 1. Relación del calcio y fósforo en 426 muestras de harina de carne y de harina de carne y hueso (adaptado de Knabe, 1995).**



**Figura 2. Relación de proteína cruda y fósforo en 426 muestras de harina de carne y de harina de carne y hueso (adaptado de Knabe, 1995).**



**Figura 3. Relación de proteína cruda y lisina en 73 muestras de harina de carne y de harina de carne y hueso (adaptado de Knabe, 1995).**



Knabe (1995) resumió la composición de 426 muestras de harina de carne y harina de carne y hueso en las que encontró que promediaban 52.4 por ciento de proteína, 9.07 por ciento de calcio y 4.54 por ciento de fósforo (cuadro 7). El promedio de contenido de grasa de 113 muestras fue de 10.68 por ciento. Un análisis de regresión de los datos resumidos por Knabe (1995) indica una relación lineal muy fuerte entre el calcio y el fósforo en la harina de carne y la harina de carne y hueso ( $R^2 = 0.80$ ), en la que el calcio aumentaba 2.08 por ciento por cada uno por ciento de aumento en el fósforo (figura 1). Un análisis posterior de los datos resumidos por Knabe (1995) indica que el fósforo disminuye en 0.106 por ciento por cada uno por ciento de aumento en la proteína cruda ( $R^2 = 0.23$ , figura 2).

**Cuadro 7. Composición de la harina de carne y la harina de carne y hueso analizada por tres diferentes fabricantes de alimentos balanceados <sup>a</sup>.**

<b>Materia prima</b>	<b>No. de muestras</b>	<b>Proteína cruda %</b>	<b>Calcio %</b>	<b>Fósforo %</b>	<b>Grasa cruda <sup>b</sup> %</b>
Harina de carne	171	54.0 ±2.93	7.69 ±1.16	3.88 ±0.41	10.72 ±1.55
HCH	255	51.4 ±2.64	9.99 ±1.01	4.98 ±0.38	10.70 ±1.61
Todas las harinas	426	52.4 ±3.04	9.07 ±1.56	4.54 ±0.67	10.68 ±1.58

<sup>a</sup> Knabe, 1995. Con base a cómo se alimentó. Todas las muestras se vendieron como harina de carne y hueso. En este resumen, la harina de carne representa muestras que tenían < 4.0% fósforo.

<sup>b</sup> La grasa cruda se basó en 35 muestras de harina de carne y 78 muestras de harina de carne y hueso.

Algunos de los primeros experimentos de alimentación con harina de carne y hueso indican que el desempeño del crecimiento se reduce en los cerdos en crecimiento y finalización cuando los niveles crecientes de harina de carne y hueso se sustituyen con harina de soya en las dietas a base de maíz (Peo y Hudman, 1962, Evans y Leibholz, 1979). Estos primeros estudios indican que la cantidad máxima de harina de carne o de harina de carne y hueso no debería de exceder el dos o tres por ciento de la dieta. Sin embargo, los estudios más recientes en la Universidad de Kentucky han mostrado que se pueden incluir niveles más altos de harina de carne o harina de carne y hueso en dietas de crecimiento y finalización para cerdos sin reducir el desempeño si también se suplementa triptofano (Cromwell et al., 1991). Los estudios muestran que cuando se añade 0.03 por ciento de triptofano por cada 10 por ciento de adición de harina de carne y hueso en la dieta, el desempeño es casi tan bueno como el de los cerdos alimentados con dietas a base de maíz y harina de soya (cuadro 8). Los estudios involucraron a 24 cerdos por tratamiento de 24 a 93 kg (53 a 205 lb) de peso corporal en el Experimento 1 y 20 cerdos por tratamiento de 45 a 94 kg (99 a 207 lb) de peso corporal en el Experimento 2. Los niveles relativamente altos de calcio y fósforo en la harina de carne y la harina de carne y

hueso permiten formular las dietas para cerdos sin tener que incluir suplementos inorgánicos de calcio y fósforo. Los estudios recientes en la Universidad de Kentucky indican que el fósforo en la harina de carne y hueso es de 85 a 91 por ciento tan biodisponible como el fósforo del fosfato mono y dicálcico (Traylor et al., 2005ab). La inclusión de cantidades suficientes de harina de carne y hueso para cubrir los requerimientos de calcio y fósforo de los cerdos en crecimiento y finalización en el estudio resultaron en un desempeño y una integridad ósea óptimas (cuadro 9).

**Cuadro 8. Niveles de harina de carne y hueso en dietas de maíz y harina de soya sobre el desempeño de cerdos en crecimiento y finalización<sup>a</sup>.**

Variable	Harina de carne y hueso en la dieta, por ciento				
	0	5	5	10	10
	Tryptófano añadido,%				
	-	-	0.015	-	0.030
-----					
Experimento 1					
Ganancia diaria, lb	1.51	1.38	1.47	1.05	1.43
Alimento diario, lb	4.97	4.80	4.93	3.96	4.93
Alimento/ganancia	3.30	3.50	3.37	3.79	3.45
Experimento 2					
Ganancia diaria, lb	1.89	-	-	1.10	1.80
Alimento diario, lb	6.89	-	-	5.10	6.51
Alimento/ganancia	3.65	-	-	4.67	3.60

<sup>a</sup> Cromwell et al., 1991.

**Cuadro 9. Desempeño de cerdos en finalización alimentados con dietas en la que el calcio y fósforo suplementario la suministraban el fosfato dicálcico o la harina de carne y hueso<sup>a</sup>.**

	Fuente de fósforo			
	Fosfato dicálcico		Harina de carne y hueso	
Calcio de la dieta, %	0.50	0.65	0.55	0.65
Fósforo de la dieta, %	0.45	0.55	0.45	0.55
Ganancia diaria, lb	1.87	1.94	1.96	1.96
Alimento/ganancia	3.10	3.15	3.05	3.03
Ganancia magra, g/día	330	337	333	332
Fuerza del hueso, kg <sup>b</sup>	178	194	182	194
Canal magra, %	53.1	52.6	52.6	52.4

<sup>a</sup> Traylor et al., 2005a. El estudio involucró a 25 cerdos por tratamiento de 45 a 110 kg (99 a 242 lb) de peso corporal. Estos niveles de calcio y fósforo se alimentaron durante la primera mitad del periodo de finalización, luego se redujo el calcio de 0.45 a 0.55% y el fósforo se redujo a 0.40 o 0.50%, respectivamente.

<sup>b</sup> Efecto principal del nivel de fósforo ( $P < 0.05$ ).

Con frecuencia se hacen preguntas con respecto a qué factores pueden afectar el valor nutritivo de la harina de carne y la harina de carne y hueso en cerdos. Desde luego, el sobrecalentamiento de las harinas durante el procesamiento ha mostrado que reduce la biodisponibilidad de varios de los aminoácidos (Batterham et al., 1986, Knabe, 1987). Sin embargo, el calor en exceso de las harinas no parece reducir la biodisponibilidad del fósforo de acuerdo a los estudios de Traylor et al. (2005b). De la misma forma, el tamaño de partícula de la harina dentro de los límites que comúnmente se usan en la industria no afectan la disponibilidad del fósforo (Traylor et al., 2005b). Por otro lado, el fósforo en una harina de carne hueso de alta contenido de cenizas de origen bovino encontraron estos investigadores que es más biodisponible que el fósforo de una harina de origen porcino de bajo contenido de cenizas, una diferencia de aproximadamente 15 unidades porcentuales. Los investigadores propusieron que la diferencia en la biodisponibilidad del fósforo se pudo haber debido a una mayor proporción del fósforo en la harina alta en cenizas suministrada por el hueso, mientras que la mayoría del fósforo en la dieta de bajo contenido de cenizas lo suministraban las partes blandas.

#### *Harina de subproductos avícolas*

La harina de subproductos avícolas es un producto reciclado del sacrificio y de las plantas de procesamiento avícola. Oficialmente se describe como las partes molidas, recicladas o limpias de aves sacrificadas, tales como las cabezas, patas, huevos sin desarrollar e intestinos, sin incluir a las plumas excepto en aquellas cantidades en que inevitablemente sucedan en las buenas prácticas de procesamiento (AAFCO, 2006). Debido a que la mayor parte de la industria avícola

está tan verticalmente integrada, este producto por lo general regresa al alimento avícola propio de las compañías y mucho menos de este producto se utiliza en alimentos porcinos en comparación con la harina de carne o la harina de carne y hueso. La composición de aminoácidos de las harinas de subproductos avícolas no es muy diferente de la de la harina de carne o harina de carne y hueso, pero es un poco más baja en calcio y fósforo que los productos de mamíferos. Con respecto a los estudios de alimentación de cerdos, se ha hecho muy poca investigación con la harina de subproductos avícolas.

#### *Harina de plumas hidrolizadas*

La harina de plumas tiene una composición similar a las plumas de las aves. Este producto es muy alto en proteína (85 por ciento de proteína cruda), pero su calidad es baja, debido al alto contenido de cistina con relación a otros aminoácidos. Es necesaria la hidrólisis de las plumas para romper la gran cantidad enlaces de azufre y liberar a los aminoácidos. Incluso así, la digestibilidad ileal aparente y verdadera de la lisina y otros aminoácidos es baja comparada con otros subproductos reciclados. Gran parte de la harina de plumas va de regreso a los alimentos avícolas. Algunas investigaciones han mostrado que los cerdos pueden usar una cantidad limitada de harina de plumas hidrolizadas en las dietas, pero es relativamente poco común su uso en la industria porcina. Chiba (2001) hizo una revisión de varios estudios de investigación con cerdos que involucran la alimentación de la harina de plumas hidrolizadas.

#### *Harina de pescado*

La harina de pescado se describe oficialmente como los tejidos limpios, secos y molidos de pescados enteros o recortes de pescados no descompuestos, o de ambos, con o sin extracción parcial del aceite (AAFCO, 2006). La harina de pescado es una excelente fuente de proteína para cerdos; sin embargo, el alto costo de ésta en Estados Unidos limita su uso en la mayoría de las dietas. Los principales productores de harina de pescado son Perú y Chile. La mayoría de la harina de pescado en los alimentos para cerdos se usa en las dietas de iniciación para cerdos al destete. Las harinas de pescado son bastante variables en composición dependiendo del tipo de pescado que se use y del tipo de métodos de procesamiento. Algunas harinas se hacen de residuos y otras se hacen del pescado completo. La harina de pescado menhaden es una harina de pescado alta en aceite y es una de las más comúnmente usadas en las dietas de iniciación. La inclusión de harinas seleccionadas de pescado menhaden o de solubles de pescado en las dietas de iniciación ha mostrado en varios estudios que mejoran el desempeño de los lechones con destete temprano (Stoner et al., 1990; Seerley, 1991). Ciertos ácidos grasos de cadena larga en el aceite de pescado pueden causar un sabor a “pescado” en la carne de cerdo, por lo que el nivel de la harina de pescado no debe exceder el 6 o 7 por ciento. En las dietas de finalización, incluso los niveles más bajos pueden resultar en un sabor no deseable a “pescado” en los productos de carne de cerdo.

## **Productos de sangre para cerdos**

### *Harina de sangre deshidratada*

La harina de sangre deshidratada es muy alta en proteína (85 a 90 por ciento) y en lisina (7 a 8 por ciento). Algunos de los métodos más antiguos que se usaban para deshidratar la harina de sangre destruía gran parte la lisina y algunos de los otros aminoácidos, y reducían su palatabilidad (Chiba, 2001); por eso, antes no se usaba la harina de sangre mucho en las dietas porcinas. Sin embargo, los métodos mejorados de secado, que incluyen el secado de anillo y el secado rápido ha resultado en un producto muy mejorado con un alto nivel de lisina disponible y de otros aminoácidos (Parsons et al., 1985, Miller, 1990). La harina de sangre es muy baja en isoleucina, el primer aminoácido limitante en una mezcla de maíz y harina de sangre. Debido al alto nivel de hemoglobina en la harina de sangre, el contenido de hierro es muy alto (1,900 a 2,900 ppm, NRC, 1998).

Varios estudios han mostrado que la harina de sangre adecuadamente deshidratada es una buena fuente de proteína cuando se usa en niveles bajos en dietas porcinas (Miller, 1990, Hansen et al., 1993, Kats et al., 1994). Generalmente, se recomienda que la harina de sangre deshidratada se limite de 1 a 4 por ciento de la dieta porcina (Cunha, 1977, Wahlstrom y Libal, 1977 y Miller, 1990), aunque se han indicado niveles más altos (6 a 8 por ciento) (Seerley, 1991).

### *Plasma animal deshidratado y glóbulos sanguíneos deshidratados*

Dos productos relativamente nuevos que se están usando ampliamente en dietas de preiniciación e iniciación para lechones con destete temprano se hacen a partir de la sangre de plantas de sacrificio de cerdos y ganado. La sangre se trata con un anticoagulante (citrato de sodio), se almacena bajo refrigeración, se separa en plasma y glóbulos sanguíneos, y se liofiliza cuidadosamente. El plasma animal secado por aspersión es una excelente fuente de proteína para los lechones con destete temprano. Aparte de su magnífico perfil de aminoácidos (cuadro 3), los niveles altos de proteínas globulares (que incluyen a los inmunoglobulinas) del plasma animal deshidratado estimulan el crecimiento y el consumo de alimento durante la etapa crítica posterior al destete. Un estudio reciente en la Universidad de Kentucky (Pierce et al., 2005) verificó que las inmunoglobulinas, principalmente inmunoglobulina G, son el principal componente del plasma que estimula el crecimiento en los lechones con destete tempranos. Además, el plasma de la sangre del ganado o de los cerdos parece ser igualmente efectivo en producir esta respuesta (Pierce et al., 2005). El plasma animal secado por aspersión, aunque es relativamente caro, se usa ahora comúnmente a niveles de tres a seis por ciento en iniciadores de cerdos Fase I en las primeras 1 o 2 semanas después del destete. Una revisión de Coffey y Cromwell (2001) resume el valor de este producto en las dietas para cerdos al destete.

Los glóbulos sanguíneos deshidratados, el producto que queda después de eliminar el plasma de la sangre también es un excelente ingrediente para las dietas de iniciación de cerdos. Por lo general, este producto se usa en niveles de dos a cinco por ciento en dietas Fase II de cerdos al destete, después de la eliminación del plasma deshidratado más caro de la dieta. Los glóbulos sanguíneos son muy altos

en lisina, pero relativamente bajos en isoleucina. Además, el contenido de hierro de glóbulos sanguíneos deshidratados es bastante alto (2,700 ppm, NRC, 1998) debido a la alta concentración de hemoglobina en el producto. Coffey y Cromwell (2001) escribieron una revisión de los estudios de alimentación con glóbulos sanguíneos deshidratados.

#### **Harina de hueso al vapor: fuente mineral para cerdos**

La harina de hueso al vapor es uno de los varios suplementos de minerales que se usan en la industria de alimentos balanceados como fuentes de calcio y fósforo. Este producto se hace de los huesos cocidos bajo presión al vapor, que después se secan y muelen. Los niveles de calcio y fósforo en la harina de hueso se encuentran en la misma proporción que la que tiene el hueso (cuadro 6). Debido a su costo más alto y a la biodisponibilidad ligeramente más baja de fósforo para cerdos (82 a 85 por ciento contra 95 a 100 por ciento del fosfato dicálcico, Cromwell y Coffey, 1993), comúnmente no se usa la harina de hueso al vapor como un suplemento de fósforo para cerdos como el fosfato mono o dicálcico o el fosfato defluorinado.

#### **Grasas recicladas de origen animal: fuente de energía para cerdos**

Las grasas de origen animal se usan ampliamente en los alimentos para cerdos. Las grasas recicladas de origen animal, es decir, el sebo no comestible, grasa no comestible y la grasa avícola, representan aproximadamente el 60 por ciento de las grasas y aceites que se alimentan al ganado y a las aves, mientras que la grasa de restaurantes, aceites vegetales y los aceites de pescado constituyen el otro 40 por ciento (comunicación personal, Ray Rouse, 2000, Rouse Marketing, Cincinnati, OH).

Como se mencionó previamente, las grasas y los aceites representan una fuente de energía altamente concentrada. Como resultado, el consumo voluntario de alimento de los cerdos es menor cuando se incluye grasa en la dieta. Este hecho, junto con tal vez un incremento ligero en la tasa de crecimiento significa que la eficiencia de la conversión alimenticia (o la relación de alimento - ganancia) se mejora marcadamente cuando se incluye grasa en las dietas porcinas. En promedio, cada uno por ciento de inclusión de grasa reduce la cantidad de alimento requerido por unidad de ganancia en los cerdos en aproximadamente dos por ciento. Esto significa que el productor tiene que manejar menos alimentos. El cuadro 10 muestra las respuestas típicas de los cerdos en crecimiento y finalización a la adición de grasas a la dieta. En algunos casos, la grasa dosal de la canal puede aumentarse ligeramente en los cerdos que se alimentan con grasa.

La adición de grasa al alimento mejora las propiedades físicas de éste. Cuando el alimento se peletiza, la grasa adicional hace que sea más fácil la peletización. También reduce el desgaste y rotura del equipo de manejo del alimento. Además, una de las principales ventajas de utilizar grasa en los alimentos balanceados es que reduce mucho el polvo del alimento en las plantas y en el alojamiento porcino. Ya que los microorganismos tienden a viajar a las partículas

de polvo, una menor cantidad de polvo significa que habrá menores problemas respiratorios en los cerdos que se crían en confinamiento así como de las personas que trabajan en estos lugares (Curtis et al., 1975). Los estudios han mostrado menos lesiones pulmonares en los cerdos que se producen en confinamiento en los que el alimento contiene de tres a cinco por ciento de grasa (Gordon, 1963).

Las adiciones de grasa a las dietas de las cerdas lactantes han mostrado que aumentan el rendimiento de leche, aumentan el contenido de grasa en la leche, y resultan en una mayor supervivencia y pesos al destete de los cerdos (Pettigrew, 1981).

**Cuadro 10. Efectos de la grasa suplementaria sobre el desempeño de cerdos en crecimiento - finalización.**

Variable	Estudio 1 <sup>a</sup>		Estudio 2 <sup>b</sup>	
	Grasa añadida, por ciento			
	0	5	0	6
Ganancia diaria, lb	1.68	1.77	1.93	1.99
Consumo diario de alimento, lb	5.44	5.22	5.31	5.03
Alimento/ganancia	3.24	2.95	2.75	2.53
Grasa dorsal promedio de la canal, pulgadas	1.20	1.31	-	-
Grasa dorsal en la décima costilla de la canal, pulg.	-	-	0.74	0.76
Porcentaje de jamón lomo	43.40	42.30	-	-

<sup>a</sup> Cromwell, 2002. Resumen de cinco experimentos, con 88 cerdos por tratamiento de 26 a 94.5 kg (57 a 208 lb) de peso corporal. Investigación de la Universidad de Kentucky y de la Universidad de Nebraska.

<sup>b</sup> Investigación de Akey, 2001. Cortesía de Ken Bryant, Akey Inc., Lewisburg, OH, EUA.

**Bibliografía**

AAFCO. 2006. Official publication of the Association of American Feed Control Officials. (updated annually).

Batterham, E. S., R. R. Lowe, R. E. Darnell, and E. J. Major. 1986. Availability of lysine in meat meal, meat and bone meal, and blood meal as determined by the slope-ratio assay with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br. J. Nutr.* 55:427-440.

Chiba, L. I. 2001. Protein supplements. *Swine Nutrition*, Lewis, A. J., and L. L. Southern, Eds. CNS Publishing, Boca Roton, FL. pp. 803-837.

Coffey, R. D., and G. L. Cromwell. 2001. Use of spray-dried animal plasma in diets for weanling pigs. *Pig News and Information.* 22 (2): 39N-48N.

Cromwell, G. L. 2002. Feeding Swine. *Livestock Feeds and Feeding*, 5<sup>th</sup> ed., Kellems, R. O., and D. C. Church, Eds. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. pp. 248-290.

- Cromwell, G. L., T. S. Stahly, and H. J. Monegue. 1991. Amino acid supplementation of meat meal in lysine-fortified, corn-based diets for growing finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 69:4898-4906.
- Cromwell, G. L., and R. D. Coffey. 1993. An assessment of the bioavailability of phosphorus in feed ingredients for nonruminants. Proc. Maryland Nutr. Conf., Baltimore. University of Maryland, College Park. pp. 146-158.
- Cunha, T. J. 1977. *Swine Feeding and Nutrition*, Academic Press, New York.
- Curtis, S. E., J. G. Drummond, D. J. Grunloh, P. B. Lynch, and A. H. Jensen. 1975. Relative and quantitative aspects of aerial bacteria and dust in swine houses. *J. Anim. Sci.* 41:1512-1520.
- Eastoe, J. E., and B. Eastoe. 1954. The organic constituents of mammalian compact bone. *Biochem. J.* 57:453-459.
- Eastoe, J. E., and J. E. Long. 1960. The amino acid composition of processed bones and meat. *J. Sci. Food Agric.* 11:87-92.
- Evans, D. F., and J. Leibholz. 1979. Meat meal in the diet of the early-weaned pig. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 4:33-38.
- Franco, D. A., and W. Swanson. 1996. *The Original Recyclers*. National Renderers Association, Alexandria, VA.
- Gordon, W.A.M. 1963. Environmental studies in pig housing. IV. The bacterial content of air in piggeries and its influence on disease incidence. *Br. Vet. J.* 119:263-273.
- Hansen, J. A., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, and T. L. Weeden. 1993. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1853-1862.
- Kats, L. J., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, T. L. Weeden, S. S. Drits, J. A. Hansen, and K. G. Friesen. 1994. The effects of spray-dried blood meal on growth performance of the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.*, 72:2860-2869.
- Knabe, D. A. 1987. Apparent ileal digestibility of protein and amino acids in protein feedstuffs of animal origin by swine. Proc. 15<sup>th</sup> Annu. Symp. For the Feed Industry. National Renderers Association, Washington, D.C.
- Knabe, D. A. 1991. Utilizing rendered products: swine. *The Original Recyclers*, Animal Protein Prod. Ind., Fats and Proteins Research Foundation, and National Renderers Assoc., Alexandria, VA. pp. 175-202.
- Knabe, D. A. 1995. Survey of the content and digestibility of protein and amino acids in animal protein coproducts. Proc. Carolina Swine Nutrition Conf., Raleigh, NC. N. Carolina State Univ., Raleigh. pp. 15-37.
- McGlone, J. J., and W. G. Pond. 2003. *Pig Production: Biological Principles and Applications*. Thomson Delmar Learning, Clifton Park, NY.
- Miller, E. R. 1990. Blood meal: flash-dried. *Nontraditional Feed Sources for Use in Swine Production*, Thacker, P. A., and R. N. Kirkwood, Eds., Butterworths, Boston.
- National Pork Board. 2006. [www.pork.org/newsandinformation/QuickFacts/stats8.aspx](http://www.pork.org/newsandinformation/QuickFacts/stats8.aspx). Des Moines, IA (accessed 7/27/06).
- National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*, 10<sup>th</sup> ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Parsons, M. J., P. K. Ku, and E. R. Miller. 1985. Lysine availability in flash-dried blood meals for swine. *J. Anim. Sci.*, 60:1447-1453.
- Peo, E. R., Jr., and D. B. Hudman. 1962. Effect of levels of meat and bone scraps on growth rate and feed efficiency of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 21:787-790.
- Pettigrew, J. E., Jr. 1981. Supplemental dietary fat for periparturient sows: A review. *J. Anim. Sci.* 53:107-117.
- Pierce, J. L., G. L. Cromwell, M. D. Lindemann, L. E. Russell, and E. M. Weaver. 2005. Effects of spray-dried animal plasma and immunoglobulins on performance of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 83:2876-2885.

Lo imprescindible del reciclaje—Nutrición porcina—Cromwell

- Seerley, R. W. 1991. Major feedstuffs used in swine diets. *Swine Nutrition*, Miller, E. R., D. E. Ullrey, and A. J. Lewis, Eds., Butterworth-Heinemann, Boston, MA
- Stoner, G. R., G. L. Allee, J. L. Nelssen, M. E. Johnston, and R. D. Goodband. 1990. Effect of select menhaden fish meal in starter diets for pigs. *J. Anim. Sci.* 68:2729-2735.
- Thacker, P. A., and R. N. Kirkwood. 1990. *Nontraditional Feed Sources for Use in Swine Production*, Butterworths, Boston.
- Traylor, S. L., G. L. Cromwell, and M. D. Lindemann. 2005a. Bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. *J. Anim. Sci.* 83:1054-1061.
- Traylor, S. L., G. L. Cromwell, and M. D. Lindemann. 2005b. Effects of particle size, ash content, and processing pressure on the bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. *J. Anim. Sci.* 83:2554-2563.
- Wahlstrom, R. C., and G. W. Libal. 1977. Dried blood meal as a protein source in diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 44:778-783.

**Audiencia del Congreso de EUA de 1948 sobre los precios bajos  
solicitada por la NRA.**

**INEDIBLE FATS, OILS, GREASE, AND TALLOW**

**HEARINGS**

BEFORE

**SUBCOMMITTEE NO. 1 OF THE  
SELECT COMMITTEE ON SMALL BUSINESS  
HOUSE OF REPRESENTATIVES**

**EIGHTIETH CONGRESS**

**SECOND SESSION**

**ON THE MATTER OF**

**INEDIBLE FATS AND OILS**

Printed for the use of the Select Committee on Small Business

**INDEX OF WITNESSES IN THE ORDER OF THEIR APPEARANCE BEFORE THE COMMITTEE**

	Page
John T. LaForge, Freeport, Ill. ....	1
M. A. Ross, Tulsa, Okla. ....	3
R. A. Sloan, Midwest Packing Co., Des Moines, Iowa .....	4
Mark W. Coursey, Parsons, Kans. ....	7
R. C. LaForge, National By-Products Co., Des Moines, Iowa .....	9
Frank B. Wise, secretary, National Renderers Association, Washington, D. C. ....	10
Dr. John Lee Coulter, consulting economist, National Renderers Association .....	27
Wilbur La Roe, Jr., on behalf of the National Independent Meat Packers Association and Eastern Meat Packers Association .....	33
L. Blaine Liljenquist, on behalf of the Western States Meat Packers Association, Inc., San Francisco, Calif. ....	35
F. T. Heisemann, executive secretary, National Association of Meat Processors and Wholesalers .....	41
Hon. Carl T. Curtis, Member of Congress from the State of Nebraska, First District .....	42
Jon Cavanaugh .....	43
A. W. Gilliam, Washington Representative of the American Meat Institute .....	43
Andrew P. Federline, association secretary, Soap and Detergent Manufacturers Association, Washington representative .....	46
Loring K. Macy, Chief of the Food Branch, Office of International Trade, Department of Commerce, Washington, D. C. ....	50
Charles E. Lund, Chief, Fats and Oils Section of the Food Branch, Office of International Trade, Department of Commerce, Washington, D. C. ....	51
George L. Pritchard, Director of Fats and Oils Branch, Production and Marketing Administration, Department of Agriculture, Washington, D. C. ....	52

## **SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN LOS ALIMENTOS PARA MASCOTAS**

Dr. Greg Aldrich  
Presidente, Pet Food and Ingredient Technology, Inc.

### **Resumen**

A nivel mundial, en 2005, los alimentos y productos para mascotas representaron una industria de \$53 mil millones de dólares, y el mercado sigue creciendo. En Estados Unidos, solamente las ventas de alimento para perros y gatos representan \$14,500 millones de dólares, con exportaciones de casi \$1,000 millones. El total mundial de alimentos e insumos para todas las mascotas se está acercando ahora a los \$40 mil millones de dólares al año. Estas ventas en aumento están impulsadas, en parte, por la creciente cantidad de mascotas con más de 140 millones de perros y gatos y un estimado de 200 millones de mascotas especiales, tales como peces, mascotas de bolsillo y animales exóticos. También está impulsado por la tendencia de que más gente considera a sus mascotas como miembros de la familia, como lo demuestran todas las cosas que hay, desde celebraciones de cumpleaños y vacaciones, fotos familiares, seguro de salud, cementerios y alimentos de preparación especial. Los alimentos para mascotas son ahora más que nunca considerados como bienes empacados que se mezclan con otros artículos alimenticios de la familia. Las cinco principales compañías de alimentos para mascotas, que representan más del 65 por ciento del mercado, son propiedad de nombres tan comunes como Mars, Nestlé, Procter & Gamble, Colgate-Palmolive y Del Monte. Los puntos de venta al menudeo tradicionales, tales como los supermercados y las tiendas de insumos agropecuarios y de alimentos, han perdido parte del mercado por las tiendas de grandes volúmenes, clubes de precios y tiendas de especialidad de mascotas, aunque los supermercados siguen siendo el principal punto de venta.

La selección de alimentos para mascotas se ha hecho casi ilimitada, con opciones para los diferentes puntos de precio, etapas de la vida, formas y tamaños, tipo de empaque, preferencias de ingredientes, razas, tamaños y estado de la enfermedad. Los alimentos para mascotas se están también haciendo más “humanizados” y están siguiendo las tendencias de los alimentos para consumo humano. La investigación en nutrición está mostrando que los animales de compañía tienen requerimientos de nutrición especiales, por ejemplo, la arginina para perros y gatos, la aminosulfona taurina y la vitamina A preformada para los gatos. Los beneficios nutricionales que han surgido de los ácidos grasos omega 3, los carotenoides, la fibra de la dieta, el balance de minerales y cómo las proteínas y grasas de la carne están conectadas con una nutrición óptima, están bajo una activa investigación. Las harinas recicladas de proteína como la harina de carne y hueso, harina de subproductos avícolas y la harina de pescado prácticamente se usan en todos los alimentos para mascotas. En general, proporcionan proteína de alta calidad con un buen equilibrio de aminoácidos. La disponibilidad de nutrientes y la

utilización de la dieta se pueden ver obstaculizados por el tratamiento térmico excesivo, la dilución de aminoácidos esenciales con tejido conectivo, niveles altos de cenizas y la oxidación. Las grasas recicladas y los aceites como el sebo, la manteca, la grasa de aves y el aceite de pescado proporcionan una fuente suplementaria de energía, sabor, textura y nutrientes para el alimento para mascotas.

El balanceo de ácidos grasos esenciales y condicionalmente esenciales se ha convertido en un impulsor clave para la selección de grasas específicas en la dieta. Los problemas de aplicación y de oxidación son los desafíos más comunes a los que se enfrenta su uso. Gran parte de la información de los ingredientes para alimento para mascotas se ha recolectado de la investigación en nutrición de animales y humana. Existe la necesidad fundamental de desarrollar estas bases de datos específicas para mascotas, para poder enfocarse hacia las idiosincrasias nutricionales especiales y para apoyar esta industria que continuamente crece y se segmenta. Las fuentes de proteína crudas, frescas, comestibles para el ser humano y alternativas compiten para suministrar las necesidades de proteína y grasa en alimentos para mascotas. Serán bienvenidas las oportunidades de diversos ingredientes reciclados de origen animal, especialmente aquéllos que pueden retener la identidad de la especie y mantener el control sobre las condiciones del procesamiento, al tiempo que se mantiene la calidad de los nutrientes.

### **La industria de las mascotas y de los alimentos para mascotas**

#### *Tamaño, crecimiento y datos demográficos*

A nivel global, las ventas de alimento para mascotas y de productos de cuidados para las mascotas fueron casi de \$53 mil millones de dólares en 2005 (Kvamme, 2006). En Estados Unidos, las ventas de alimento para mascotas llegaron a un total de \$14,400 millones de dólares en 2005, de las cuales 54 por ciento fue de alimentos de perros y 32 por ciento de alimentos para gatos (Euromonitor, 2005), con un crecimiento esperado anual de tres por ciento a cuatro por ciento. Las exportaciones estuvieron justo arriba de los \$900 millones de dólares en 2005 (U.S. Bureau of the Census Trade Data, 2006). Las mascotas viven en 70 por ciento de los hogares estadounidenses, de los cuales el 15 por ciento de éstos poseen un perro y un gato (Pet Food Institute, 2003).

Específicamente, hay un cálculo de 81.4 millones de gatos en 37.7 por ciento de los hogares y 63 millones de perros en 43.5 por ciento de los hogares en Estados Unidos en 2005 (Euromonitor, 2005). Otras especies de mascotas, definidas como mascotas especiales, tales como roedores, reptiles, conejos, hurones, aves exóticas y peces, representan casi 200 millones más de mascotas hogareñas. Además, para mucha gente el caballo se considera como una mascota, con una cantidad total en Estados Unidos de 9.2 millones y con bienes y servicios afiliados que representan un estimado de \$39 mil millones de dólares (American Horse Council, 2002).

Cada vez más gente considera a las mascotas como miembros de la familia, al celebrarle sus cumpleaños, al incluirlos en los rituales de las vacaciones, proporcionarles programas especiales de televisión, incluirlos en las fotos de las familias y prepararles comidas especiales. Muchos propietarios de mascotas gastan

grandes cantidades de dinero para los cuidados veterinarios, seguro de salud de mascotas, medicamentos, cremación e incluso entierros. Un número cada vez mayor de dueños de mascotas las incluyen en los testamentos y las tratan como su segunda familia después de que los hijos crecen y se van de casa, las consienten con alimentos especiales y premium, premios y juguetes, como si fueran nietos caprichosos. Pero no todo es exceso frívolo; las mascotas se están convirtiendo cada vez más en algo valioso como los animales de servicio, como ayudas de terapia y como una liberación emocional y del estrés en un mundo cada vez más complejo. Hay un vínculo y una interdependencia entre el hombre y los animales de compañía que no va a disminuir en el futuro cercano.

#### *Compañías de alimentos para mascotas*

La industria de los alimentos para mascotas en Estados Unidos está dominada por cinco principales compañías que representan más del 65 por ciento del mercado. Estas cinco grandes compañías son propiedad de conglomerados multinacionales que tienen un énfasis principal en el cuidado personal, bienes y otros consumibles (Kvamme, 2006). Entre estas compañías se incluye a: Mars (Pedigree, Whiskas y Royal Canin), Nestlé (Purina, Friskies), Procter & Gamble (Iams, Eukanuba), Colgate-Palmolive (Hills Science Diet, Hills Prescription Diet) y Del Monte (9-Lives, Gravy Train, Kibbles ‘N Bits, Nature’s Recipe, Meow Mix y Milk Bone). El 35 por ciento restante del mercado está constituido por compañías exclusivas de alimento para mascotas, numerosas marcas regionales y nuevas marcas y compañías pequeñas. Algunas de estas últimas están suministradas por un fuerte cuadro de fabricantes y maquiladores de alimentos para mascotas de marcas privadas. Las consolidaciones, fusiones y adquisiciones continúan siendo parte de la evolución de la industria; sin embargo, a diferencia de otros sectores de alimentos para consumo humano, no es la única forma que queda para crecer. En pocas palabras, la industria de alimentos para mascotas es una industria muy dinámica, en crecimiento y maduración, en la que continúan surgiendo nuevas ideas de los sectores no tradicionales y continúa habiendo nuevas oportunidades para el mercado.

#### *Canales para comercializar*

La disponibilidad al menudeo de alimentos para mascotas se ha expandido a lo largo de una serie de plataformas. Las tiendas de comercialización en masa de grandes volúmenes, clubes de precios y las tiendas de especialidad de mascotas se han convertido en los canales de comercialización, además de los puntos de venta tradicionales, tales como los supermercados y las tiendas de alimentos para animales e insumos agrícolas. La participación en el mercado calculada de cada categoría en 2002 fue de supermercados (37.4 por ciento), mercado de masas (16.4 por ciento), especialidad de mascotas (17.2 por ciento), tiendas de alimentos y para granjas (5.4 por ciento), veterinarias (5.0 por ciento) y otras (18.6 por ciento) (Knudson, 2003). También se han convertido en algo importante los canales alternativos al mercado a través de los puntos de venta no tradicionales: mercadeo directo, por catálogo y ventas por internet de alimentos para mascotas. Las ventas a través de estos canales alternativos representan aproximadamente el 12 por ciento

del mercado total, con un crecimiento anual en 2004 de un poco más del 8 por ciento (Packaged Facts, 2006). La actividad en este segmento está bastante fragmentada y generalmente es fuerte, por lo que se espera que continúe creciendo.

### **Tendencias en los productos para animales de compañía y prácticas de alimentación**

Hay una serie de diferentes factores que motivan al consumidor a elegir ciertos alimentos para sus mascotas. Algunos de ellos están impulsados por el costo, otros por la nutrición y otros por el desempeño, y aún otros por la preferencia de la mascota. Parecen no tener límite las selecciones. Hoy en día, hay alimentos para diferentes etapas de la vida (por ejemplo, mantenimiento, gestación y lactancia, crecimiento o cachorros, gatitos, adultos, viejos), puntos de precio (por ejemplo, valor, premium, súper premium), formatos (por ejemplo, pelets, alimentos húmedos y suaves, húmedos, crudos) y estilos de empaque (por ejemplo, latas, bolsas esterilizables, bolsas con base, bolsas de plástico de papel, bolsas resellables, bandejas). Los dueños de mascotas deciden los alimentos de acuerdo a sus propios sesgos con respecto a los ingredientes (es decir, natural, sin trigo, hipoalergeno), la raza y el tamaño de la mascota que tienen (por ejemplo, la raza miniatura (toy), las razas grandes, dálmatas, persas), factores de molestia (por ejemplo, bolas de pelos, multigatos) y la predisposición de la mascota a las enfermedades (por ejemplo, salud de las articulaciones, vejez, estruvita, pérdida de peso, nefropatías). Los alimentos para mascotas también se están convirtiendo en algo más “humanizado” (es decir, gourmet, para calentar y comer, frutas y verduras) y están siguiendo las tendencias de los alimentos para humanos (por ejemplo, crudos, orgánicos, holísticos, bajo en carbohidratos). Aunque el número de marcas y los segmentos del mercado parecen casi no tener límite y la diferenciación no se detiene, hay algunos principios generales por los que se evalúan todos. Éstos son la palatabilidad, que sean digestibles y la consistencia de las heces fecales, así como la influencia de la dieta sobre la apariencia general de la mascota (es decir, piel y pelambre) y comportamiento (es decir, vigor).

Con toda esta variedad, la búsqueda de nuevas materias primas con la mezcla correcta de apariencia y atractivo de nombre, nutrición, propiedades funcionales, disponibilidad y costo puede ser un gran desafío para el fabricante de alimentos para mascotas, que va a seguir en aumento. En muchos casos, la declaración de ingredientes es la que está impulsando el proceso de toma de decisión. Esto se ejemplifica probablemente mejor en la promoción de algunas compañías de alimentos para mascotas de que sus alimentos están hechos con ingredientes “grado consumo humano”. Aunque no existe una definición de tal afirmación, nos está diciendo la humanización por la que está pasando el mercado de alimentos para mascotas y lo que están haciendo los fabricantes para satisfacer la percepción de calidad del dueño de la mascota.

## **Nutrición de los animales de compañía**

### *Nutrición de perros y gatos*

El perro no es un cerdo con pelos, ni una rata de tamaño grande, ni el gato es un perro pequeño. Aunque hay algunas similitudes entre las especies, desde una perspectiva puramente de nutrición, los requerimientos de los perros y los gatos presentan algunas diferencias especiales. Aunque estas diferencias se resumen brevemente a continuación, se le refiere al lector a los recientes textos y revisiones de literatura específicamente sobre nutrición de perros y gatos, y fisiología digestiva para que obtenga un conocimiento más completo del tema (Smeets-Peeters et al., 1998, Case et al., 2000, Morris, 2002, Zoran, 2002, NRC 1985, 1986 y 2006).

Aunque el perro se considera omnívoro, tiende muy de cerca a tener una dieta carnívora e inclinaciones nutricionales del gato. Se considera al gato como un carnívoro obligado; tiene un requerimiento considerable de proteínas de alta calidad y de aminoácidos predominantemente de la carne. Por ejemplo, además del conjunto estándar de aminoácidos, los perros y los gatos tienen un requerimiento de arginina. Los gatos tienen un requerimiento elevado de aminoácidos azufrados como la metionina y requerimiento de la aminosulfona taurina. Curiosamente, hace poco se descubrió que algunos perros pueden requerir también de la taurina en la dieta (Fascetti et al., 2003). Además, las dietas comerciales tanto de perros como de gatos a menudo son limitantes en triptofano a menos de que se proporcionen cantidades adecuadas de proteínas de carne.

Además del requerimiento del ácido linoleico, como el perro y muchas otras especies, los gatos también requieren de ácido araquidónico. Más recientemente se ha observado que los perros y gatos tienen un requerimiento condicional de formas de ácidos grasos omega-3 de la dieta, tales como los ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico. Los gatos también tienen un requerimiento de vitamina A preformada, ya que no cuentan con los sistemas enzimáticos necesarios para dividir el  $\beta$ -caroteno en vitamina A. Irónicamente, se ha informado que tanto gatos como perros montan una respuesta mejorada del sistema inmunológico cuando se suplementan con carotenoides tales como  $\beta$ -caroteno y luteína (Chew y Park, 2004). Los gatos requieren de biotina de la dieta, pero los perros no, y ninguno tiene un requerimiento en la dieta de inositol o vitamina C.

Ni el perro ni el gato tienen un requerimiento verdadero de carbohidratos de la dieta, pero ambas especies tienen una necesidad de glucosa metabólica. Esta necesidad de glucosa metabólica se puede cubrir a través de la conversión de aminoácidos en la vía gluconeogénica. Debido a su constitución carnívora, el gato se encuentra en un estado casi constante de conversión de proteína de la dieta a glucosa a través de esta vía. Aunque los carbohidratos no son absolutamente requeridos, se pueden utilizar en la dieta si están bien adecuadamente cocidos, si bien es cierto que de forma más eficiente por parte del perro que del gato. La mayor parte de los carbohidratos de la dieta provienen de granos y en un menor grado, de tubérculos. Estos carbohidratos también forman parte esencial de la fabricación del pelet o kibble. Aunque los perros y los gatos no requieren fibra, hay una creciente evidencia de que la adición de niveles moderados (de 3 por ciento a 7 por ciento) de fibra soluble y fermentable, brinda beneficios a la salud del tubo gastrointestinal

bajo del animal y para el dueño esto resulta en heces más consistentes y menos olorosas.

Además del requisito estándar de minerales macro y traza en la dieta, la nutrición de minerales se puede convertir en una cuestión de importancia para perros, y especialmente para gatos, si el animal está predispuesto a nefropatías o enfermedades de las vías urinarias. Específicamente, la eliminación de minerales de la dieta en exceso por parte de la mascota puede exacerbar las condiciones tales como la insuficiencia renal o la urolitiasis. Por esta razón, se han desarrollado dietas bajas en cenizas, bajas en magnesio y bajas en fosfatos. Esta área probablemente va a continuar evolucionando conforme entendamos mejor la relación entre la nutrición de minerales en exceso y la etiología de la enfermedad.

Más allá de cubrir las deficiencias nutricionales, la investigación está activa en áreas tales como la nutrición de perros atletas o de trabajo, obesidad y diabetes, envejecimiento, insuficiencia de los órganos (por ejemplo, nefropatías), enfermedades inflamatorias como la osteoartritis y dermatitis, y muchas, muchas otras. Un área de creciente interés es la investigación en nutrición del atleta canino. Los perros de trabajo en ocupaciones tales como búsqueda y rescate, olfateo de bombas, olfateo de drogas, guía y arreo de ganado, deben de tener una nutrición que sustente este propósito para poder desarrollarse con eficacia óptima. Los perros de deportes, tales como los de trineos, los galgos de carreras, los perros de caza y los de agilidad tienen demandas de nutrientes tremendas en su actividad pico. Esta nutrición está mucho más allá del mínimo. De estas investigaciones, se ha aprendido que el atleta canino tiene una tremenda capacidad oxidativa y beneficios de dietas que incluyen proteínas de origen animal y ácidos grasos de fuentes animales y marinas (Reynolds, 1996). Además de los beneficios para el perro o el gato, ha sido benéfica también la gran cantidad de investigación en nutrición de animales de compañía para la nutrición y medicina humanas.

#### *Lo requerido contra lo óptimo y las necesidades contra los deseos*

Cuando se formulan dietas, las guías a cumplir son los requerimientos de nutrientes de las publicaciones *Nutrient Requirements of Dogs* del National Research Council de 1985, *Nutrient Requirements of Cats* del National Research Council de 1986 y los recientemente publicados *Nutrient Requirements of Dogs and Cats* también del National Research Council de 2006, así como los perfiles de nutrientes de 2006 de la Association of American Feed Control Officials (AAFCO) 2006 para perros y gatos. Cada uno está publicado con valores con excedentes tomados en cuenta para representar la amplia variedad entre animales y los ingredientes de la dieta. Además, la mayoría de los dueños de mascotas se preocupan más con asuntos de la longevidad y la salud, que con ahorrar unos centavos para cumplir solamente con el mínimo. De esta forma, los alimentos para mascotas no están formulados con el “mínimo” como es costumbre en los alimentos para la ganadería; en lugar de esto, la mayoría están “optimizados” a algún nivel de apoyo nutricional que cumpla o sobrepase la noción percibida de la compañía de alimentos para mascotas de la “mejor nutrición” para el perro o el gato. Existen enormes diferencias de opinión entre las compañías debido a sus propios hallazgos de investigación, filosofías nutricionales y la inversión en ciertas “posiciones” de

franquicias. Por dar sólo un ejemplo, hay una gran disparidad entre si un perro viejo debe alimentarse con una cantidad baja, media o alta de proteína. Cada compañía tiene una fuerte opinión respaldada por investigación tanto interna como externa, que apoya su posición en particular, pero hay poco consenso, muy parecido a lo que hay en alimentos para consumo humano en donde compiten marcas como Weight Watchers, Jenny Craig y la Dieta de Atkins.

#### *Otras especies de animales de compañía*

Los caballos, conejos, hurones, roedores, pájaros y otras numerosas especies de animales de compañía se alimentan de alimentos comerciales. Aparte de los caballos y los conejos, éstas se consideran como mascotas especiales. La formulación de dietas para estas especies, si es justo agruparlos en una sola categoría, está impulsado principalmente por la comodidad y el sesgo de los ingredientes más que por el costo más bajo. Aunque el costo de producción de los caballos de desempeño y de los conejos de producción puede ser una cuestión de costo de producción, para los animales que se consideran como mascotas no representa un problema. Los alimentos para caballos y conejos son principalmente vegetarianos en naturaleza (es decir, es una dieta hecha de granos, proteínas, grasa, mezcla de vitaminas y minerales destinadas a complementar la dieta del forraje). El hurón es una excepción de este grupo. Nutricionalmente es muy parecido al gato y tiene un requerimiento muy alto de proteínas de calidad y prácticamente poco o nada de fibra. De esta manera, los ingredientes reciclados de origen animal, tienen una parte destacada en la dieta. En las casas de hoy en día se encuentran numerosas mascotas de bolsillo o roedores (por ejemplo, ratas, ratones, gerbos, hámsters y cuyos), y muy a menudo los alimentos comerciales están hechos a base de granos y proteínas vegetales. Las consideraciones de las fórmulas de estas mascotas con frecuencia se basan en las recomendaciones de nutrientes de animales de laboratorio de investigación. Se utiliza solamente una cantidad limitada de ingredientes reciclados en estas dietas para roedores. Las aves exóticas y aves de mascotas, tales como las guacamayas, pericos y pinzones, etc., con regularidad se les alimenta con alimentos comerciales. Tienen requerimientos de nutrientes muy parecidos al ave domesticada (es decir, el pollo y el pavo), sin la necesidad de una eficiencia del costo. El asunto aquí, como con los perros y los gatos, estriba en la longevidad y la salud. La dieta debe de ser visualmente atractiva para el dueño y el ave, y debe de ser completa desde el punto de vista de nutrición. Con frecuencia se añaden pigmentos (por ejemplo, xantofilas) para mantener el color del plumaje. Los ingredientes reciclados de origen animal no forman parte regular de la mezcla de ingredientes para estas aves.

#### *Nivel general de investigación*

Comparado con el financiamiento para la investigación de la nutrición del ganado o humana, la nutrición de perros y gatos, en el mejor de los casos, es una consideración secundaria. En su mayoría, no hay un financiamiento gubernamental directo para la investigación de la nutrición de animales de compañía. La mayor parte de esta investigación está financiada, ya sea por las compañías de alimentos para mascotas, los proveedores de ingredientes o los grupos de intereses especiales,

tales como las asociaciones y las fundaciones de razas. Indirectamente, el financiamiento se ha proporcionado a través del interés en usar el perro y el gato como un modelo de investigación para la nutrición humana. Existen beneficios comprobados en un número limitado de casos. Los grupos activistas han tenido una influencia negativa en el nivel de burocracia necesaria para iniciar la investigación, y por lo tanto ha disminuido el financiamiento para la investigación de animales de compañía. Esto no ocurre como resultado de la incapacidad financiera, sino más bien por el “temor” a represalias de los grupos radicales y de cómo pueden distraer de las relaciones públicas y las campañas de publicidad de los multiconglomerados de compañías de alimentos para mascotas de hoy en día. Para contrarrestar esto, ha habido un incremento general en el financiamiento de los proveedores de ingredientes y de los grupos comerciales. Aunque se ha logrado un avance sustancial en los últimos años, todavía hay una necesidad de investigación fundamental con respecto a la composición de ingredientes, disponibilidad de nutrientes y los efectos de ambas cosas cuando se combinan en un alimento procesado para mascotas (Fahey, 2004).

### **Producción y procesos de los alimentos para mascotas**

Hablar de los alimentos para mascotas sin hacer un breve análisis de los procesos por los que se fabrican, sería sólo dar una fracción del panorama con respecto a estos alimentos y la nutrición de mascotas. Hoy en día, muchos alimentos para mascotas se procesan no sólo por la nutrición de la mascota, sino por la comodidad también del dueño de la mascota. Esta comodidad es la culminación de varios factores: (1) alimentos que están balanceados nutricionalmente por expertos para dueños de mascotas que tengan o no conocimientos de nutrición de perros o gatos, (2) alimentos en una forma y formato que sean fáciles de usar, (3) alimentos que prácticamente sean libres de desperdicios y (4) alimentos que minimizan los inconvenientes de almacenamiento, deterioro, infestación, etc. En muchos sentidos, la popularidad de la propiedad moderna de mascotas es el producto de alimentos balanceados comerciales con mucho éxito, sanos y cómodos de usar.

Hay tres formatos básicos en los alimentos para mascotas y premios: horneados, enlatados húmedos (que incluyen los empaques esterilizados) y extruídos. Excepto por los alimentos para mascotas pequeñas y exóticas y caballos de compañía, se venden muy pocos alimentos peletizados o granulados comerciales. Algunos de los primeros alimentos para mascotas que se vendían comercialmente (alrededor de 1860) se producían en un proceso de horneado similar a lo que todavía se usa para la producción de galletas saladas y de bizcochos de hoy en día (Corbin, 2003). El proceso involucra la mezcla de una masa rígida que se basaba principalmente en harina de trigo. La masa se prensaba en una “forma” en un molde giratorio. Las piezas moldeadas se transportaban a través de un horno de túnel largo en una banda transportadora, y se cocinaban por aplicación directa de calor. El producto resultante al final del horneado era un bizcocho, pellet o galleta seca (caliente) y quebradiza. La producción de un producto que mantuviera su forma dependía de una cantidad alta de harina de granos como el trigo, que contiene la proteína gluten. La proteína gluten actúa como pegamento que mantiene la forma

de la pieza y ayuda a resistir el quebrado. A través del proceso de cocción, la pieza no se expande, pero se crea algo de textura mediante los enlaces cruzados de las proteínas. El proceso, relativo a otros métodos estándar de producción de alimentos para mascotas, es lento y costoso. Desde el punto de vista positivo, el horneado crea sabores a horneado que a muchos perros les gusta, pero en general, el horneado no produce alimentos buenos para los gatos. El proceso puede usar carnes frescas o congeladas y harinas de proteína de carne y harinas de proteínas vegetales como fuentes de proteína.

Las carnes y pescados enlatados eran la manera en la que empezaron muchas compañías prominentes de alimentos para mascotas de hoy en día. El primer alimento enlatado para mascotas se introdujo en la década de 1920 y desde entonces ha sido una parte destacada de la industria. El alimento para mascotas cocido en autoclave (esterilizado) y sellados herméticamente en una lata, en bolsas o en bandejas proporcionan un alimento cómodo, fácil de servir y atractivo, o un premio para muchos perros y gatos, aunque actualmente el término “enlatado” no se usa mucho en comercialización. Los detractores citan que el precio de comprar altas cantidades de agua, el potencial de que se eche a perder y en la acumulación dental como partes negativas. A la inversa, los alimentos enlatados comúnmente se recomiendan como parte del régimen de tratamiento de la urolitiasis (obstrucción de las vías urinarias) en gatos, para poder hacer que consuman más agua. Los alimentos enlatados para mascotas dependen de las carnes frescas o congeladas, y de cantidades limitadas de granos. Se utilizan pequeñas cantidades de grasas animales, pero sólo bajo circunstancias especiales se emplean harinas recicladas de origen animal.

A mediados de la década de 1950, se produjeron los primeros alimentos extruidos para mascotas. Esto fue un gran avance tecnológico para los alimentos para mascotas de aquella época, que eran “harinas” granulares sueltas de calidad y contenido nutritivo inconsistentes. El proceso de extrusión permite la formación de una pieza texturizada que fue rápidamente aceptada por el perro y simultáneamente mantiene los nutrientes juntos, por lo que se proporciona en cada bocado un complemento completo de los nutrientes. También proporciona la cocción (gelatinización) del almidón en los granos (Riaz, 2003), que mejoran la digestibilidad y disminuyen la diarrea y flatulencia recurrentes que se relacionan con el almidón no digerido en los intestino bajo. Además, el proceso sirve para esterilizar los ingredientes que de otra manera estarían altamente inoculados de bacterias patógenas. La desventaja era el efecto que la cocción adicional tenía sobre las proteínas, vitaminas y otros nutrientes termolábiles, especialmente los ingredientes como las harinas recicladas de proteínas de origen animal que ya habían estado procesadas térmicamente (Murray et al., 1998). Además, estos ingredientes previamente tratados con calor perdían la mayor parte de sus propiedades funcionales y no contribuían a la expansión de la pieza a la salida del extrusor. Para compensar, se pueden añadir almidones especializados, proteínas vegetales o proteínas secadas por aspersión para lograr la forma, textura y densidad deseadas. Los otros puntos negativos se han resuelto mediante la formulación correctiva, tecnologías de protección especial (por ejemplo, encapsulación), selección de ingredientes especializados que resisten los efectos del proceso de

extrusión (por ejemplo, vitamina C fosforilada) y controles de procesamiento más refinados. Las harinas recicladas de proteínas animales, a menudo representan la mayoría de la proteína que se utilizan los alimentos extruídos para mascotas, mientras que las grasas, aceites, sabores y otros ingredientes termolábiles, pueden aplicarse en la superficie después de la extrusión y el secado.

La mayoría de los alimentos extruídos para mascotas se venden con un contenido de humedad de menos del 12%; sin embargo, hay un mercado importante de productos de humedad más alta (de 20 a 28 por ciento). Estos alimentos suaves húmedos o semihúmedos se cuecen como una masa antes de la extrusión y simplemente se “forman” en el extrusor. No se secan para controlar el crecimiento microbiano, sino que más bien el control fúngico se controla mediante el manejo de la actividad acuosa con humectantes y conservadores inhibidores de hongos (Rokey, 2003). Los humectantes, tales como la dextrosa, propilenglicol, glicerina y emulsificantes (por ejemplo, lecitina) ligan al agua, lo que previene que lo usen las esporas de los hongos. Los conservadores de ácidos orgánicos, como el sorbato de potasio, el ácido sórbico, el benzoato y otros, han mostrado ser muy seguros y que inhiben el crecimiento de los hongos a dosis muy bajas. Además de las carnes frescas y congeladas, las harinas recicladas de origen animal y las grasas animales forman parte importante de estos productos de humedad intermedia.

### **Utilización de ingredientes reciclados de origen animal en los alimentos para mascotas**

#### *Mercado, volumen y tendencias*

No hay cifras que se obtengan con facilidad para brindar aspectos específicos de la cantidad de subproductos de origen animal que se utilizan en los alimentos para mascotas. Sin embargo, a través de algunos cálculos y suposiciones, es posible determinar un volumen razonable. Si uno fuera a dar por sentado que el costo promedio de todos los alimentos para mascotas vendidos es de de US\$0.60/libra, entonces con base en las ventas totales de alimentos para mascotas (\$14,500 millones de dólares en 2005), las toneladas totales producidas cada año estarían alrededor de los 12 millones. Si los ingredientes reciclados de origen animal constituyeran el 20 por ciento de estos 12 millones de toneladas de todos los productos (harinas de proteína, grasas, otros), entonces la industria de alimentos para mascotas estaría consumiendo alrededor de 2.4 millones de toneladas al año. Esto representa aproximadamente el 25 por ciento de la producción total de Estados Unidos de materiales reciclados de origen animal durante el mismo periodo (Swisher, 2005). Esto indica una dependencia sustancial y una conexión entre la industria de alimentos para mascotas y la industria de reciclaje de subproductos de origen animal. Esta dependencia de la industria de alimentos para mascotas es de un suministro vital de proteínas y grasas de origen animal para cubrir las demandas de sus clientes; para la industria del reciclaje es una salida importantes de sus productos con un tremendo valor agregado con tendencia a la alza. El aumento en el conocimiento de las oportunidades y limitantes entre las dos industrias va a proporcionar un aumento en el valor de ambas, en donde los ganadores al final son los dueños de las mascotas y sus mascotas.

### *Harinas de proteína*

Las compañías de alimentos para mascotas detallan requerimientos de compra muy específicos de sus ingredientes, entre los que se incluyen los subproductos de origen animal. Las definiciones de la AAFCO son “punto de partida” de estas especificaciones.

Harina de carne y hueso y harina de carne: La harina de carne y hueso ha sido la proteína básica en los alimentos para mascotas y todavía muchos la usan hasta el día de hoy. Sin embargo, su popularidad ha disminuido en los últimos años debido a varias cuestiones. Probablemente la más importante es que la harina de carne y hueso ya no se le considera como “apta para la etiqueta”. Lo que esto significa específicamente, es que la nomenclatura es demasiado genérica para el cliente exigente de hoy en día. Los consumidores han sido enseñados para no confiar en algo que simplemente se le llama “carne”. Una harina de carne y hueso estrictamente de res o de cerdo probablemente sería mucho más aceptable para los consumidores, pero hasta hace poco no se encontraban fácilmente a disposición. Estas harinas están ahora a disposición a un precio mayor y se usan ampliamente en alimentos para mascotas. Para añadir algo más a los desafíos, se encuentran también su relación con los alimentos para ganadería más que con los alimentos para consumo humano, los recurrentes asuntos con la encefalopatía esponjiforme bovina (BSE), inspecciones y mantenimiento de registros de todas las harinas de rumiantes y las preocupaciones de brotes de enfermedades tales como la fiebre aftosa. Estos problemas continúan presionando hacia abajo la popularidad de la harina de carne y hueso.

Nutricionalmente, la harina de carne y hueso sigue siendo una buena fuente de proteínas de origen animal con un nivel de proteína bastante consistente del 50 por ciento (Parsons et al., 1997, Pearl, 2004). Esto es nivel adecuado para las dietas tradicionales de alimentos para mascotas con niveles de proteína entre el 18 por ciento y el 26 por ciento. Como muchas otras proteínas de origen animal, es probable que la metionina, la cistina y los aminoácidos azufrados sean los primeros en ser limitantes. La composición de grasa va del 10 por ciento hasta un nivel alto del 25 por ciento, dependiendo del proveedor. El perfil de ácidos grasos puede variar algo y se parece a la composición del animal del que se originó la harina, por ejemplo, los ácidos grasos de res son proporcionalmente más saturados que los del cerdo. A propósito, con frecuencia se encuentran cantidades mensurables de ácidos grasos omega 3 en la harina de carne y hueso de origen rumiante. Debido a la naturaleza más saturada de los ácidos grasos en la harina de carne y hueso es intrínsecamente más resistente a la oxidación que muchas otras de las harinas de carne recicladas. El nivel más alto de cenizas (alrededor del 25 por ciento) en la harina de carne y hueso puede representar un desafío al formular en comparación con otras harinas de proteínas. Las especificaciones de la AAFCO restringen indirectamente las cenizas al establecer límites en los niveles de calcio y fósforo y su relación. Los niveles típicos de calcio y fósforo en la harina de carne y hueso son de 7.5 por ciento y 5.0 por ciento, respectivamente, y están fácilmente disponibles. Sin embargo, este nivel de minerales se hace problemático cuando se

formulan alimentos con proteínas más altas (mayores al 30%) y bajo contenido de cenizas, como los que se hacen para gatos.

El aumento de los niveles de las cenizas en la harina de carne y hueso no ha mostrado que baje la digestibilidad de la proteína (Johnson et al., 1998, Shirley y Parsons, 2001). Sin embargo, tal vez esto no se deba directamente al efecto de las cenizas sobre la digestibilidad (Johnson y Parsons, 1997), sino más bien, se debe a la cantidad y calidad del tejido conectivo presente. El colágeno de baja calidad afecta la calidad de la proteína en la que una proporción más baja de aminoácidos esenciales y una proporción más alta de aminoácidos no esenciales, tales como la hidroxiprolina (Eastoe y Long, 1960) pueden ser los culpables de una digestibilidad más baja. El requerimiento (AAFCO) de residuo de pepsina indigestible de menos del 12 por ciento sirve parcialmente para controlar esto. Los sistemas de procesamiento y las temperaturas excesivas han mostrado también que afectan negativamente la digestibilidad de aminoácidos de la harina de carne y hueso (Wang y Parsons, 1998, Batterham et al., 1986). Pero en general, la digestibilidad de la harina de carne y hueso para animales de compañía es comparable a la de la harina de cordero y la harina de subproductos avícolas (Johnson et al., 1998). En las dietas para perros y gatos, no se ha notificado que la harina de carne y hueso afecte negativamente la flora intestinal, la consistencia de las heces o el volumen de éstas. Sin embargo, a menudo se culpa a la carne de res por la hipersensibilidad de alimentos por lo que la harina de carne y hueso es uno de los primeros ingredientes que se eliminan en un régimen de dieta por “eliminación”. Sin importar esta circunstancia especial, la palatabilidad, la aceptabilidad y la utilización de las dietas que contienen harina de carne y hueso en perros y gatos es bastante buena.

Harina de cordero: La harina de cordero ha sido un ingrediente popular en las dietas de perros y gatos en buena parte de los últimos 15 años. Inicialmente se consideraba como un ingrediente novedoso en las dietas para animales con alergias de origen alimentario (hipersensibilidad). Las dietas de harina de cordero y arroz fueron uno de los productos de crecimiento más rápido ofrecidos en el pasillo de alimentos para mascotas, al punto de que la oferta de harina de cordero fue sobrepasada por la demanda. Se rumoraba que habían entrado al mercado “análogos de harina de cordero” hechos de otras harinas de proteína, pero los fuertes controles debido a los problemas de BSE y scrapie, y la nueva tecnología de tipificación de ADN (Krcmar y Rencova, 2003) han hecho que esto sea ya un asunto del pasado.

Hay algo de harina de cordero a disposición, sin embargo, la mayor parte de esta harina que se utiliza en alimentos para mascotas se deriva de la industria de la carne de cordero de Australia y Nueva Zelanda. La mayor parte de esta harina de cordero se elabora en un proceso de reciclaje de “baja temperatura”. Teóricamente, la calidad de la harina puede ser mejor porque se minimiza el daño térmico a las proteínas. Sin embargo, faltan datos que apoyen o refuten esta hipótesis. La harina de cordero es una categoría específica de especies de harina de carne, pero hay muy pocos datos del dominio público del ingrediente en sí. Analíticamente, la harina de cordero se asemeja a la composición de nutrientes a la harina de carne (y hueso). De la misma forma, se ha notificado que la calidad de la proteína de la harina de cordero es aproximadamente comparable a la de la harina de carne y hueso y

alrededor del 75 por ciento de la harina de subproductos avícolas (Johnson y Parsons, 1997, Johnson et al., 1998). En el estudio de Johnson et al. (1998), la digestibilidad ileal de los aminoácidos esenciales lisina y treonina y de los aminoácidos azufrados no esenciales cistina fueron bastante bajos en las dietas que contenían harina de cordero. Esto se pudo haber debido a la contaminación de la harina de cordero con altos niveles de lana. La lana es alta en aminoácidos azufrados como la cistina, pero su disponibilidad nutricional es baja. La baja disponibilidad de cistina, un precursor de la taurina, puede explicar la miocardiopatía dilatada relacionada con este aminoácido en ciertas razas de perros que se alimentan de una dieta que, por lo demás, es nutricionalmente completa, que se basa en harina de cordero y arroz (Fascetti et al., 2003).

En la literatura hacen falta datos sobre los efectos de la harina de cordero en las dietas para perros y gatos sobre la palatabilidad, la vida de anaquel y la apariencia. Como anécdota, la harina de cordero no se considera que sea la más palatable de las harinas de carne debido al aroma de “grasa de carne de ovino”. Los gatos prefieren otras harinas de carne que la harina de cordero. Existen preocupaciones por la rancidez y la corta vida de anaquel de los productos de harina de cordero que puede resultar del largo viaje desde Australia y Nueva Zelanda y los prooxidantes inherentes a la carne de cordero reciclada. Además, los altos niveles de la harina de cordero en un producto pueden conducir a un color gris. Si la harina contiene niveles considerables de contaminación de lana, podrán haber quejas de los clientes por los “pelos”, especialmente en los productos horneados como los bizcochos y los premios.

Harinas de proteína de subproductos avícolas: Las harinas de proteínas avícolas son una fuente de proteína de alta calidad que goza de popularidad, que se utilizan en los alimentos para mascotas. La industria de alimentos para mascotas consume un estimado del 23 por ciento de las proteínas avícolas recicladas que se producen cada año (Pearl, 2003). Sin embargo, la capacidad de hacer una declaración homogénea sobre este ingrediente termina aquí. Debido a algunas reglas inconsistentes con respecto a la nomenclatura de ingredientes, una creciente base de clientes de alimentos para mascotas y las presiones dentro de la industria avícola, están surgiendo una serie de nombres y clasificaciones para las harinas de proteínas avícolas. Para empezar, la AAFCO define a las proteínas avícolas recicladas de forma diferente a las harinas de carne. Esto ha creado algo de controversia en la industria de alimentos para mascotas y ha resultado en un nivel completo de confusión y mal encauzamiento de los clientes. Por definición la harina de subproductos avícolas (Sección 9.10) difiere de la harina avícola (Sección 9.71) sólo por la inclusión de “cabezas, patas y menudencias” (AAFCO, 2006). Además, se pueden etiquetar de manera específica a su “tipo” o clase y muchos recicladores lo han adaptado. De esta manera, existen numerosos productos disponibles en el mercado bajo este grupo: harinas de subproductos avícolas, harina de subproductos de pollo, harina de pollo, harina de subproductos de pavo y harina de pavo. No se sabe que se hayan desarrollado harinas de pato o de ganso cuando se escribió este capítulo. Para confundir más, existen diferentes calidades de productos avícolas reciclados en el mercado. La harina de subproductos avícolas “grado alimenticio animal” se utiliza de vez en cuando en los alimentos para

mascotas, porque contiene un nivel más alto de cenizas y un contenido más bajo de proteínas. La harina de subproductos avícolas grado mascotas estándar contiene menos del 14 por ciento de cenizas y la harina avícola o la harina de subproductos avícolas bajas en cenizas contienen menos del 11 por ciento de cenizas. Ésta última se encuentra en cantidades limitadas a un precio premium y por lo general se reserva para las fórmulas de gatos de bajo contenido de cenizas. Una división más ha sido la solicitud de ciertos clientes de harinas de proteína avícola que se conservan contra la oxidación con compuestos naturales (sistemas antioxidantes naturales) más que con antioxidantes sintéticos tradicionales.

Entre los diversos nombres, clasificaciones e inferencias con respecto a la calidad o a la falta de ésta, existe muy poco en lo que respecta a las comparaciones directas entre “harina” y “harina de subproductos” que haya a disposición en la literatura. De los estudios que hay, los resultados están muy mezclados. Por ejemplo, Bednar et al. (2000) informaron que la digestibilidad de proteína fue mejor para la harina avícola que para la harina de subproductos avícolas. Sin embargo, en un estudio hecho con pollitos, la calidad de la proteína de la harina de pollo grado mascotas no difirió de la harina de subproductos de pollo (Aldrich y Daristotle, 1998). De este informe, los datos sobre las piezas de pollo individuales indicaron que la calidad de la proteína de las patas, hueso y cartilago fue menor que de otras partes utilizadas en la harina de subproductos avícolas reciclada. Esto parece ser independiente del nivel de cenizas (Johnson et al., 1998, Johnson y Parsons, 1997, Yamka et al., 2003) e indicaría que sin importar si el calificador de “subproducto” esté presente o no, la cantidad de cartilago y tejido conectivo tuvo un impacto mayor sobre la calidad de la proteína. Además de esto, mientras más se procese la harina de proteínas en el reciclaje, más se va a socavar la calidad (Wang, 1997). Para complicar más las cosas, hay una variación sustancial en la composición de nutrientes de las harinas de proteína avícola (Locatelli y Hoehler, 2003). El control de esta variación constituye algo que las compañías de alimentos para mascotas deben manejar de manera activa para garantizar un producto terminado consistente. La mayoría maneja esto estableciendo relaciones fuertes con proveedores seleccionados.

En general, las harinas de proteína avícolas las utilizan muy bien perros y gatos y constituyen una proporción más grande de proteínas en muchos de los alimentos para mascotas premium. El perfil de ácidos grasos complementa muy bien los requerimientos de nutrientes del perro y del gato. Además, contiene un nivel enriquecido del ácido linoleico esencial. La palatabilidad de las harinas de proteína avícola es muy buena tanto en perros como en gatos, y en muchos casos sirve de norma con los que se miden otros ingredientes.

Harinas de proteína de subproductos de pavo: Los alimentos para mascotas que contienen harinas de proteínas de pavo se están generalizando, de tal manera que el ingrediente merece una descripción separada. Sin embargo, no se obtiene fácilmente la información nutricional sobre el pavo reciclado ni es un ingrediente que haya a disposición de manera constante. La mayor parte del pavo que se recicla se agrupa con el pollo y luego se procesa y etiqueta como harina de subproductos avícolas. Sólo hay unas cuantas compañías que producen o comercializan harinas de proteínas de pavo. Las harinas de proteína de pavo tienen un color café dorado

un poco más oscuro, con un aroma "más rico" cuando se comparan con las harinas de proteína de pollo.

La composición de nutrientes de la harina de proteína de pavo generalmente se considera como un poco mejor que la harina de carne y hueso, lo que ha permitido que algunas compañías de alimentos para mascotas utilicen esta harina como un mejorador modesto de la harina de carne y hueso como fuente principal de proteína. El perfil de nutrientes de la harina de pavo es ligeramente menos favorable que el de la harina de proteína de pollo grado mascota. Por ejemplo, la harina de proteína de pavo tiene del 62 por ciento al 65 por ciento de proteína y los niveles de cenizas van del 18 por ciento al 25 por ciento, mientras que la harina de proteína de pollo grado mascota por lo general sobrepasa el 65 por ciento de proteína con menos del 17 por ciento de cenizas. Esto se puede deber a la eliminación más eficiente de la carne y otros materiales suaves para los mercados de consumo humano y de las salchichas, esto es, 78 por ciento del pavo termina en la carne para consumo, mientras que en el pollo sólo el 72 por ciento. De esta manera, la materia prima que llega al reciclaje en general es más baja en proteína y grasa y más alta en hueso (es decir, cenizas). El perfil de aminoácidos y ácidos grasos de la harina de pavo es muy similar a la de la harina de pollo. Contrario a lo que comúnmente se piensa, el nivel de triptofano en la harina de pavo no es mayor que el que se encuentra en la harina de pollo, por lo que tal vez no tenga el efecto calmante o inductor del sueño como a menudo se ha rumoreado. En la literatura no hay pruebas de alimentación directas de harina de pavo en perros o en gatos. Sin embargo, la digestibilidad *in vitro* y los perfiles de aminoácidos son lo suficientemente similares a la harina de subproductos de pollo, como para indicar que sería similar la utilización nutricional de la harina de pavo. La palatabilidad, aceptabilidad, utilización y la calidad de las heces de las dietas que contienen harina de proteína de pavo es muy buena cuando se alimenta ya esa a perros o a gatos. Sin embargo, el ingrediente no parece tener ninguna característica nutricional particular diferente a la de las harinas de proteína avícola o de pollo, aparte de su nombre en las campañas publicitarias.

Harina de pescado: La harina de pescado es un ingrediente cada vez más común en alimento para mascotas. Aunque hay algunas excepciones en las que la harina de pescado es el ingrediente proteínico regular, en su mayoría se añade sólo de forma secundaria como fuente de proteína. La harina de pescado en relación a las otras harinas principales de proteína, tiene un alto nivel de proteína con su correspondiente alta digestibilidad. Las harinas de pescado típicas contienen más del 19 por ciento de cenizas, lo cual puede ser problemático para los gatos, los cachorros, las razas grandes o las dietas terapéuticas. Aparte de que es una fuente de proteína de alta calidad, la harina de pescado también contiene entre el 8 por ciento a 12 por ciento de grasa que es rica en ácidos grasos omega 3, que incluye al ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5n3) y el ácido docosahexanoico (DHA, 22:6n3). De esta manera, en la mayoría de las dietas su principal propósito es servir como vehículo para proporcionar ácidos grasos. Existen indicaciones de que puedan ser necesarios estos omega 3 de cadena más larga. Aunque el método más directo de inclusión de estos ácidos grasos sería a través de los aceites de pescado, el uso de la harina de pescado sirve para un propósito adicional. La estabilización de aceites

más altamente insaturados, como el aceite de pescado, puede ser bastante difícil, especialmente cuando se aplican en la superficie de los alimentos para mascotas. Sin embargo, por razones que aún no se entienden del todo, los ácidos grasos volátiles omega 3 que se encuentran en la harina de pescado parecen ser más fáciles de estabilizar en una aplicación en alimentos para mascotas que en el aceite que se aplica en la superficie. Esto es doblemente cierto para aquellas compañías que intentan utilizar aceites marinos junto con la aseveración de que están naturalmente conservados. Como seguro y para cumplir con las leyes marítimas, los conservadores antioxidantes se pueden usar cuando lo garantice la situación.

Las harinas de pescado predominantes que existen y que usa la industria de alimentos para mascotas en Estados Unidos, son las harinas de menhaden del Golfo y del Atlántico, las harinas de capelín y arenque del Atlántico Norte y las harinas de macarela de Chile. En algunos alimentos para mascotas también se encuentran harinas de pescados de agua dulce, como el bagre de la región del delta del Mississippi. Existen diferencias sustanciales de composición en el perfil de ácidos grasos, estabilidad y niveles de cenizas entre las diferentes especies de pescados (Palstinen et al., 1985, Pike y Miller, 2000). Además, las diferentes harinas de pescado no necesariamente son intercambiables, ya que pueden afectar drásticamente la palatabilidad. El gato parece ser más sensible que el perro a los cambios en el origen de la harina. Hay muy pocos datos en la literatura sobre la utilización de nutrientes de la harina de pescado en perros y gatos. Éste es un caso en el que tal vez sea adecuado y aplicable utilizar datos de disponibilidad de nutrientes de la acuicultura y porcicultura. Los resultados de estas especies indicarían que la harina de pescado es una fuente de proteína de calidad muy alta para perros y gatos con pocos aspectos negativos, aparte de las consideraciones de la composición como las cenizas y la estabilidad.

#### *Grasas y aceites*

En la dieta, la grasa proporciona una fuente concentrada de energía, ácidos grasos esenciales y una vía para la absorción de vitaminas liposolubles, textura, aroma y sabor. La grasa, en sí misma, incrementa la palatabilidad de la dieta hasta un cierto punto en gatos y sin ningún límite en perros. La adición de grasa a la dieta para cumplir la legislación de la etiqueta, garantiza que a menudo se llegue al 10 por ciento de la fórmula. Aunque la energía y los ácidos grasos esenciales son una preocupación de nutrición, el mantenimiento de la estabilidad del alimento es una cuestión muy importante. La grasa oxidada de la dieta se ha relacionado con valores de energía metabolizable más bajos (Pesti, 2002), un crecimiento más lento de los cachorros, una disminución de la inmunidad y concentraciones en la dieta y en el suero más bajas de ácido linoleico (Turek et al., 2003). Son muy importantes la elección de la fuente de grasa correcta y el método para retener su frescura.

Sebo: El sebo era una de las grasas originales que se aplicaron en los primeros alimentos comerciales para mascotas; todavía hay varias compañías que actualmente la siguen usando. La mayor parte de la grasa animal que se vende como sebo proviene de plantas y animales inspeccionados federalmente y tienen una calidad y composición reglamentada, algo que muchas otras grasas y aceites no pueden afirmar. Aunque se pueden encontrar otras grasas animales en el sebo,

desde el punto de vista práctico se deriva de la res porque es la carne dominante en Estados Unidos y Europa. Debido a la naturaleza saturada de los ácidos grasos (es decir, las grasas saturadas son sólidas a temperaturas altas) en la grasa de los bovinos, muy a menudo cumple con la definición de sebo: un título de 40 y un punto de fusión de 40° C.

Para muchos, las grasas “más duras” como el sebo tienen una connotación nutricional baja debido a la relación negativa de las grasas saturadas con el transporte de lipoproteínas, colesterol y la cardiopatía coronaria. En realidad, esto es una cuestión nutricional del ser humano, ya que la cardiopatía coronaria no es un problema de salud prevalente en perros y gatos. Los perros y gatos se consideran como “especies HDL”, lo que significa que tienen preponderancia por los lípidos de alta densidad “buenos” en su circulación. Los ácidos grasos en el sebo de res son alrededor de 50 por ciento saturados, con una pequeña cantidad de ácido linoleico (AL, 3.0%) y ácido linoléico (ALA, 0.6%) y ninguno de los ácidos grasos omega 3 de cadena más larga (EPA o DHA). El sebo de carne de cordero tiene un nivel similar de saturación (47 por ciento), pero con un nivel ligeramente más alto de AL (5.5 por ciento) y ALA (2.3 por ciento). Ya que el sebo de res se considera como grasa “saturada” y es una fuente de grasa común para perros y gatos, a menudo sirve como punto de partida o tratamiento “control” en la investigación de ácidos grasos.

La digestibilidad del sebo es alta (es decir, digestibilidad aparente de la grasa de 97 por ciento o mejor) y comparable a otras fuentes de grasa, como la grasa de pollo o la manteca. Entre las diferentes fuentes de grasa, el sebo de res es bien conocido por ser uno de los más palatables. El sebo de cordero no es tan palatable, posiblemente debido al aroma. La grasa animal del sebo ha mostrado incluso ser de beneficio para las “calificaciones de agudeza olfatoria” (Altom et al., 2003), que se puede traducir a efectos benéficos durante la caza. El sebo también se considera ser más estable que las grasas menos saturadas y requiere de menos adición de antioxidantes para lograr la meta de vida de anaquel. El sebo contiene también un pequeño nivel de ácido linoleico conjugado que ha mostrado ahora ser prometedor como un potente elemento natural de lucha contra el cáncer. El sebo es una buena “plataforma” para proporcionar energía y sabor, pero una dieta balanceada puede requerir de la adición de aceite complementario enriquecido con ácido linoleico y ácidos grasos omega 3.

Manteca y grasa blanca de primera: La manteca y la grasa blanca de primera también son grasas animales comunes que se utilizan en los alimentos para mascotas. Se derivan principalmente del cerdo y muy comúnmente se etiquetan de manera genérica como grasa animal. Al igual que el sebo, la mayor parte de la manteca utilizada en los alimentos para mascotas proviene de plantas con inspección federal, además de que una porción del suministro disponible es apto para el consumo humano. De esta manera, las compañías de alimentos para mascotas pueden competir parcialmente por este ingrediente en el mercado de consumo humano. Debido a su abundancia, el costo típicamente no es mayor que el de otras fuentes de grasa.

La proporción de ácidos grasos esenciales, tales como el ácido linoleico, pueden variar entre el 3 por ciento y el 16 por ciento (Firestone, 1999). Hasta cierto

grado, esto se puede ver influenciado por las dietas con las que los cerdos se alimentan antes del sacrificio. La manteca es relativamente fácil de estabilizar debido a su preponderancia de ácidos palmítico y oleico. La manteca y la grasa blanca de primera van de semisólidas a un líquido viscoso a temperatura ambiente. Pueden solidificarse durante el clima más frío, por lo que pueden ser un problema el transporte y el manejo. Además, se pueden utilizar para recubrir alimentos cuando estén calientes para que haya una penetración adecuada. La digestibilidad de la manteca es alta, comparable a otras grasas. La palatabilidad es buena tanto para gatos como para perros.

Grasa avícola: La grasa de las aves, y más específicamente la del pollo, se ha convertido en una fuente de grasa muy común en alimentos para mascotas. La cantidad de grasa de aves que se utiliza en alimentos para mascotas probablemente es más del 10 por ciento al 20 por ciento de los 403,000 toneladas (888 millones de lb) de grasa avícola producidas en 2003 (U.S. Census Bureau)

Hay diferentes fuentes de las que se puede obtener grasa avícola: reciclada, reciclada y refinada y blanqueada a baja temperatura. Difieren con respecto a la calidad, consistencia y costo, y también pueden diferir incluso ligeramente en nutrientes menores (por ejemplo, carotenoides), palatabilidad y estabilidad. La estabilización de la grasa de pollo en el almacenamiento a granel no representa un gran desafío; sin embargo, cuando se añaden a alimentos para mascotas, la estabilidad se puede convertir en un problema. La potencia de la aplicación del conservador debe considerar el alimento, así como su manejo y empaque. Además, la condición de la grasa al momento en que se añadan los conservadores es crítica, es decir, mientras más bajo sea el contenido de humedad, el valor del peróxido, el nivel de ácidos grasos libres y las impurezas, es mejor. La compensación de esto es el costo, la disponibilidad, el sabor y el aroma.

La grasa de pollo es una buena fuente de ácido linoléico esencial (19.5 por ciento, USDA-ARS, 2006) y alrededor del doble del de la manteca. La grasa de pollo va muy bien en las dietas de perros y gatos porque está muy aceptada por ambos tipos de animales, ya que tiene un sabor que lo prefieren en comparación con muchas otras grasas. La grasa de pollo es comparable a otras fuentes de grasa, tales como el sebo y la grasa de cerdo en cuanto a digestibilidad y contribución general de energía metabolizable a la dieta.

Aceite de pescado: La mayoría de la investigación de los ácidos grasos omega 3 en perros y gatos se ha realizado con los omega 3 de cadena más larga del aceite de pescado (por ejemplo, EPA y DHA). Estos aceites se derivan principalmente de los peces pelágicos, tales como menhaden, anchoveta, arenque y macarela. Esta familia de peces típicamente se encuentra en costas templadas de latitud más baja a las subtropicales. Son conocidos por tener un fuerte sabor y aroma aceitoso que no es del gusto de la mayoría de la gente, pero aunque esto no parece ser problema para los perros, algunos gatos pueden mostrar preferencias por un aceite de pescado comparado con otro. La mayoría de los aceites de pescado se añaden a la superficie de los alimentos para mascotas después de la extrusión y del secado. La aplicación de aceite de pescado para cumplir con el nivel deseado de ácidos grasos omega 3 por lo general es menor al dos por ciento de la fórmula. Esta pequeña cantidad puede ser un desafío para medirla de manera precisa sin un equipo

bien diseñado. La aplicación en la superficie también puede conducir a preocupaciones por la palatabilidad.

El perfil de ácidos grasos de los diferentes aceites de pescado puede variar sustancialmente. La mayor parte del aceite de pescado que se utiliza en la industria de alimentos para mascotas se obtiene por presión en frío y por refinación. Aunque mientras más procedado sea el aceite, más es el costo, la compensación es un mejor manejo, aceptación del animal y vida de anaquel. La estabilización del aceite de pescado a granel contra la oxidación requiere de muy poco a prácticamente nada de conservadores; lo mismo sucede con el aceite en los alimentos para mascotas enlatados. Sin embargo, la aplicación en la superficie de un alimento extruido seco se puede convertir en un problema de oxidación. El conservador antioxidante más eficaz es la etoxiquina; sin embargo, pueden ser eficaces los sistemas antioxidantes naturales basados en tocoferoles.

Una vez ingerido, la utilización de aceite de pescado es similar a otras fuentes de grasa. Los ácidos grasos omega 3 aparecen en la circulación a las pocas horas de ingerirlos y sus beneficios duran varias semanas.

#### *Otros ingredientes reciclados*

Ha habido numerosos intentos de utilizar la harina de gallinas de descarte en los alimentos para mascotas. Sin embargo, no se ha desarrollado ningún nombre que sea "apto para la etiqueta". Hasta que se encuentre un método apto, es poco probable que se vaya a usar la harina de gallinas de descarte recicladas. La harina de plumas, aunque es rica en aminoácidos deseables, como la metionina y cistina, rara vez se encuentra en los alimentos para mascotas, si es que se llega a usar. Esto es probable que se deba a problemas de etiquetado y a la traducción para el dueño de la mascota. Además, no es adecuada la digestibilidad y la utilización de los aminoácidos azufrados como para justificar su uso. Las investigaciones recientes indicarían que aunque la harina de sangre es una buena fuente de proteína, desde la perspectiva de la calidad de la proteína existen problemas de palatabilidad en perros (Dust et al., 2005). Esto puede limitar su uso para cualquier otra cosa que una aplicación muy especializada como dietas de prescripción enteral o parenteral. El cartílago de las articulaciones y los huesos típicamente representan materiales que no son deseables, debido a su alto grado de tejido conectivo y al nivel bajo de aminoácidos esenciales. Sin embargo, hay un par de aplicaciones en la industria de alimentos para mascotas que pueden beneficiarse de estas fracciones. Específicamente, ha habido esfuerzos por introducir fuentes más "naturales" de condroprotectores, como la glucosalina y el sulfato de condroitina en la dieta. Éstos tradicionalmente se han obtenido de China de extractos de tráquea de bovino (sulfato de condroitina) y conchas de crustáceos (glucosamina). Se pueden encontrar niveles naturales y mensurables en el cartílago del hueso, el cual lo ha comercializado al menos una compañía. Además, existe un movimiento, si bien es cierto que pequeño, de desarrollar alimentos que se basen en ingredientes más holísticos: para este propósito, la harina de hueso al vapor proporciona calcio, fósforo y una serie de otros minerales traza.

Es probable que haya más oportunidades para extraer nutrientes específicos de materiales reciclados de origen animal. La dependencia va a recaer

en la creatividad de los desarrolladores de productos y de los incentivos económicos que presenten estas oportunidades.

## Bibliografía

- AAFCO. 2006. Association of American Feed Control Officials. Official Publication.
- Aldrich, C.G., and L. Daristotle. 1998. Petfood and the economic impact. Proc. California Animal Nutrition Conference, Fresno, CA. pp. 140-148.
- Altom, E.K., G.M. Davenport, L.J. Myers, and K.A. Cummins. 2003. Effect of dietary fat source and exercise on odorant-detecting ability of canine athletes. *Res. Vet. Sci.* 75:149-155.
- American Horse Council. 2005. National Economic Impact of the U.S. Horse Industry.
- APPMA. 2006. Industry statistics and trends. [www.appma.org/press\\_industrytrends.asp](http://www.appma.org/press_industrytrends.asp). Consultado el 16 de marzo de 2006.
- Batterham, E.S., R.E. Darnell, L.S. Herbert, and E.J. Major. 1986. Effect of pressure and temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by slope-ratio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br. J. Nutr.* 55:441-453.
- Bauer, J.E. 2004. Fatty acid research review. Proc. Petfood Forum 2004, Chicago, IL. Petfood Industry, Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL. pp. 116 – 140
- Bednar, G.E., S.M. Murray, A.R. Patil, E.A. Flickinger, N.R. Merchen, and G.C. Fahey Jr. 2000. Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal characteristics of ileally cannulated dogs. *Arch. Anim. Nutr.* 53:127-140.
- Brown, S.A., C.A. Brown, W.A. Crowell, J.A. Barsanti, C. Kang, T. Allen, C. Cowell, and D.R. Finco. 2000. Effects of dietary polyunsaturated fatty acid supplementation in early renal insufficiency in dogs. *J. Lab. Clin. Med.* 135:275-286.
- Case, L.P., D.P. Carey, D.A. Hiraikawa, and L. Daristotle. 2000. *Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals*. 2<sup>nd</sup> ed. Mosby Inc., St. Louis.
- Chew, B.P., and J.S. Park. 2004. Carotenoid action on the immune response. *J. Nutr.* 134:257S-261S.
- Corbin, J. 2003. The history of petfood. *Petfood Technology*. J.L. Kvamme and T.D. Phillips, ed. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL. pp. 514-516.
- Davenport, G., R. Kelley, E. Altom, and A. Lepine. 2001. Effect of diet on hunting performance of English pointers. *Vet. Therapeutics*. 2:1-14.
- Dust, J.M., C.M. Griseshop, C.M. Parsons, L.K. Karr-Lilienthal, C.S. Schasteen, J.D. Quigley III, N.R. Merchen, and G.C. Fahey Jr. 2005. Chemical composition, protein quality, palatability, and digestibility of alternative protein sources for dogs. *J. Anim. Sci.* 83:2414-2422.
- Eastoe, J.E., and J.E. Long. 1960. The amino-acid composition of processed bones and meat. *J. Sci. Food Agric.* 11:87-92.
- Euromonitor. 2005. The petfood report: New products are coming from the premium segment with a promise of healthcare benefits. *Petfood Industry*, November 2005. pp. 41-43.
- Fahey, G.C., Jr. 2004. Research needs in pet nutrition. Proc. Petfood Forum 2004. Chicago, IL. pp. 69-75.
- Fascetti, A.J., J.R. Reed, Q.R. Rogers, and R.C. Backus. 2003. Taurine deficiency in dogs with dilated cardiomyopathy: 12 cases (1997-2001). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 223:1137-1141.
- Firestone, D. 1999. *Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, and Waxes*. AOCS Press.

- Freeman, L.M., J.E. Rush, J.J. Kehayias, J.N. Ross Jr., S.N. Meydani, D.J. Brown, G.G. Dolnikowski, B.N. Marmor, M.E. White, C.A. Dinarello, and R. Roubenoff. 1998. Nutritional alterations and the effect of fish oil supplementation in dogs with heart failure. *J. Vet. Intern. Med.* 12:440-448.
- Fuller, H.L. 1996. Utilizing rendered products: poultry. *The Original Recyclers*. D.A. Franco and W. Swanson, ed. The Animal Protein Producers Industry, The Fats and Proteins Research Foundation, and The National Renderers Association. pp. 107-128.
- Johnson, M.L., and C.M. Parsons. 1997. Effects of raw material source, ash content, and assay length on protein efficiency ratio and net protein ratio values for animal protein meals. *Poult. Sci.* 76:1722-1727.
- Johnson, M.L., C.M. Parsons, G.C. Fahey Jr., N.R. Merchen, and C.G. Aldrich. 1998. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 76:1112-1122.
- Kearns, R.J., M.G. Hayek, J.J. Turek, M. Meydani, J.R. Burr, R.J. Greene, C.A. Marshall, S.M. Adams, R.C. Borgert, and G.A. Reinhart. 1999. Effect of age, breed and dietary omega-6 (n-6):omega-3 (n-3) fatty acid ratio on immune function, eicosanoid production, and lipid peroxidation in young and aged dogs. *Vet. Immuno. Immunopath.* 69:165-183.
- Kilpatrick, J.S. 2003. Fish processing waste: Opportunity or liability. *Advances in Seafood Byproducts: 2002 Conference Proceedings*. P. J. Bechtel, ed. Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks. pp. 1-10.
- Knudson, W.A. 2003. The pet food report. Consultado el 16 de marzo de 2006. [www.aec.msu.edu/Product/documents/working\\_1-12031.pdf](http://www.aec.msu.edu/Product/documents/working_1-12031.pdf).
- Krcmar, P., and E. Rencova. 2003. Identification of species-specific DNA in feedstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 51:7655-7658.
- Kvamme, J. 2006. Top 10 profiles of petfood leaders. *Petfood Industry*, January. pp. 6-15.
- Locatelli, M.L., and D. Hoehler. 2003. Poultry byproduct meal: Consider protein quality and variability. *Feed Management.* 54(7):6-10.
- Morris, J.G. 2002. Idiosyncratic nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations. *Nutr. Res. Rev.* 15:153-168.
- Murray, S.M., A.R. Patil, G.C. Fahey Jr., N.R. Merchen, and D.M. Hughes. 1998. Raw and rendered animal by-products as ingredients in dog diets. *J. Anim. Sci.* 75:2497-2505.
- National Research Council. 1985. *NRC Nutrient Requirements of Dogs*. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1986. *NRC Nutrient Requirements of Cats*. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 2006. *NRC Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. National Academy Press, Washington, DC.
- Packaged facts. 2006. [www.packagedfacts.com/pub/1087709.html](http://www.packagedfacts.com/pub/1087709.html). Consultado el 31 de marzo de 2006.
- Palstinen, T., K. Punnonen, and P. Uotila. 1985. The fatty acid composition of 12 North-European fish species. *Acta. Med. Scand.* 218:59-62.
- Parsons, C.M., F. Castanon, and Y. Han. 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poult. Sci.* 76:361-368.
- Pearl, G. 2003. President, Fats and Protein Research Foundation, comunicación personal.
- Pearl, G. 2004. Tech Topics: Meat and bone meal usage in modern swine diets. *Render.* 33(2):50-53,57.
- Pesti, G.M., R.I. Bakalli, M. Qiao, and K.G. Sterling. 2002. A comparison of eight grades of fat as broiler feed ingredients. *Poult. Sci.* 81:382-390.
- Pet Food Institute. 2003. [petfoodinstitute.org/reference\\_pet\\_data.cfm](http://petfoodinstitute.org/reference_pet_data.cfm). Consultado el 25 de marzo de 2006.

- Pike, I.H., and E.L. Miller. 2000. Fish Advantages: Fish meal and oil as a source of omega-3 fatty acids in petfood. *Petfood Industry*, October. pp. 18-22.
- Riaz, M.N. 2003. Extrusion Basics. *Petfood Technology*. J.L. Kvamme and T.D. Phillips, ed. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL. pp. 347-360.
- Reynolds, A.J., C.R. Taylor, H. Hoppelar, E. Wiebel, P. Weyand, T. Roberts, and G. Reinhart. 1996. The effect of diet on sled dog performance, oxidative capacity, skeletal muscle microstructure, and muscle glycogen metabolism. Recent Advances in Canine and Feline Nutritional Research. Proc. of the 1996 Iams International Nutrition Symposium. D.P. Carey, S.A. Norton, and S.M. Bolser, ed. Orange Frazer Press, Wilmington, OH. pp. 181-198.
- Rokey, G. 2003. Semi-moist/semi-expanded petfoods. *Petfood Technology*. J.L. Kvamme and T.D. Phillips, ed. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL. pp. 376-379.
- Scott, D.W., W.H. Miller Jr., G.A. Reinhart, H.O. Mohammed, and M.S. Bagladi. 1997. Effect of an omega-3/omega-6 fatty acid-containing commercial lamb and rice diet on pruritus in atopic dogs: Results of a single-blinded study. *J. Vet. Intern. Med.* 61:145-153.
- Shirley, R.B., and C.M. Parsons. 2001. Effect of ash content on protein quality of meat and bone meal. *Poult. Sci.* 80:626-632.
- Smeets-Peeters, M., T. Watson, M. Minekus, and R. Havenaar. 1998. A review of the physiology of the canine digestive tract related to the development of in vitro systems. *Nutr. Res. Rev.* 11:45-69.
- Swisher, K. 2005. Market Report 2004: A roller coaster year and hope for the future. *Render.* 34(2):10-16.
- Turek, J.J., B.A. Watkins, I.A. Schoenlein, K.G.D. Allen, M.G. Hayek, and C.G. Aldrich. 2003. Oxidized lipid depresses canine growth, immune function, and bone formation. *J. Nutr. Biochem.* 14:24-31.
- USDA-ARS. 2006. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. [www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/). Consultado el 25 de marzo de 2006.
- U.S Bureau of the Census Trade Data. 2006. U.S. exports of pet foods. [www.fas.usda.gov](http://www.fas.usda.gov). Consultado el 25 de marzo de 2006.
- Waldron, M.K., A.L. Spencer, and J.E. Bauer. 1998. Role of long-chain polyunsaturated n-3 fatty acids in the development of the nervous system of dogs and cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 213:619-622.
- Wang, X. 1997. Effect of processing methods and raw material sources on protein quality of animal protein meals. Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana, IL.
- Wang, X., and C.M. Parsons. 1998. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poult. Sci.* 77:834-841.
- Yamka, R.M., U. Jamikorn, A.D. True, and D.L. Harmon. 2003. Evaluation of low-ash poultry meal as a source in canine foods. *J. Anim. Sci.* 81:2270-2284.
- Zoran, D. 2002. The carnivore connection to nutrition in cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 221:1559-1567.

## Historia de la National Renderers Association de principios de la década de 1980.

### HISTORY AND PURPOSE

The NRA was organized in 1933 by a small group of renderers who believed there was a need for a cooperative effort to deal with the current problems of the industry. In 1955, NRA moved its headquarters from Washington, D.C. to the Chicago area. Today, NRA has member companies in all continents and celebrated its 50th anniversary as an association in 1983.

NRA's purpose is to collectively deal with current industry problems and to promote a larger consumption of rendered products, both domestically and overseas. It sponsors research in order to discover new and better applications and disseminates information resulting from this research, thus developing new markets for animal fats and proteins.

### ORGANIZATION

The management of the National Renderers Association is conducted by its professional staff reporting to an elected board of directors who decide the organization's policies and direction. Services for the betterment of the rendering industry are proposed by members through the standing committees to the board of directors. Recommendations for action are brought about by a combination of the efforts of volunteer industry representatives and a professional staff, all committed to implementing association programs.

NRA is made up of nine regional areas which elect their own officers and directors and function as individual entities. One of the nine regional areas is based on a non-geographical area designated for packer-renderer members. The NRA board of directors consists of representatives from these regional areas.

### ACTIVITIES

Activities dealing in current industry problems, domestic and overseas marketing, research and education play major roles in NRA's day-to-day programs.

The broad spectrum of NRA marketing activities includes organizing of industry teams and consultants who travel overseas frequently on market development trips. In conjunction with the USDA's Foreign Agricultural Service, NRA develops, plans and implements these programs to increase demand for rendered products.

NRA also serves its members by providing important technical findings affecting the rendering industry; by producing an industry and a marketing newsletter for its membership; and by publishing a trade magazine, *RENDER*, as a public service to the entire industry. Close liaison is maintained with state and federal regulatory agencies to assist in developing reasonable and practical standards for the industry.

Area meetings, regional workshops, two meetings of the board of directors and an annual national convention are held during the year to conduct association business, discuss common problems and gain new information from others in the industry.

### LOCATION

Headquarters of the National Renderers Association are located in Des Plaines, Illinois, a suburb of Chicago just a short distance from O'Hare International Airport.

Overseas regional offices operated with the support of the Foreign Agricultural Service are located in London, Singapore and Seoul. Their marketing, research and educational activities are carried out with the support of overseas poultry and livestock associations, feed manufacturers, soap makers, bakers, universities and laboratories in roughly 35 countries world-wide. In addition to these offices and their respective directors and staff, NRA has 11 contract representatives working to promote renderers' products in countries throughout the world.

NRA facilitates and encourages contacts between its members and individuals interested in exchanging information on the use of animal by-products.

---

## **PRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN ALIMENTOS ACUÍCOLAS PARA PECES**

Dr. Dominique P. Bureau  
Fish Nutrition Research Laboratory  
Department of Animal and Poultry Science  
University of Guelph

### **Resumen**

La acuicultura es una industria sumamente diversa que se expande de manera rápida. Un segmento siempre en crecimiento de esta industria utiliza alimentos balanceados de alta calidad, pero que son caros. La mayoría de las explotaciones de piscicultura se enfrentan a los desafíos de mejorar la rentabilidad y la sustentabilidad económica. Los estudios claramente han mostrado también que se pueden formular alimentos para peces con niveles muy bajos de harina y aceite de pescado mediante el uso de fuentes de proteína y lípidos más económicas.

Durante varias décadas se han usado las proteínas y grasas recicladas de origen animal en alimentos acuícolas. Los primeros estudios de investigación indicaban que las proteínas y lípidos reciclados de origen animal eran de una calidad relativamente baja, además de mal digeridos por los peces. No obstante, la gran cantidad de estudios publicados en los últimos años ha demostrado que los subproductos reciclados de origen animal que hay hoy en día son de una calidad mucho más alta que los que se producían hace 20 o 30 años. La mayoría de los productos reciclados de origen animal son una fuente costeable de proteína y energía digestible, de aminoácidos esenciales biodisponibles, ácidos grasos y minerales para la mayoría de las especies acuícolas. Las proteínas y las grasas recicladas son especialmente valiosas para la formulación de alimentos acuícolas, ya que se formulan con niveles mucho más altos de proteína y lípidos que los de otras especies de animales de producción. Los alimentos formulados con niveles altos de proteínas recicladas, solas o en combinación, sustentan un alto desempeño y una excelente conversión alimenticia. Los estudios han mostrado que la harina de sangre es una excelente fuente de lisina altamente biodisponible que se compara con ventaja con la lisina sintética. También, se pueden usar cantidades importantes de grasas recicladas (sebo, manteca, grasa avícola) en alimento para peces, siempre y cuando se formule para contener cantidades suficientes de ácidos grasos mono y poliinsaturados que promuevan la digestibilidad de los ácidos grasos saturados y presenten niveles adecuados de ácidos grasos esenciales para cubrir los requerimientos de los animales.

### **La industria acuícola**

La acuicultura es uno de los sectores de producción de alimentos para consumo humano de más rápido crecimiento en el mundo. La Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura calculó que en 2003 la producción total del cultivo de peces de escama, mariscos y plantas acuáticas fue de 51 millones de toneladas (112 mil millones de libras) valuadas en \$60 mil millones de dólares. Asia representó más del 80 por ciento de la producción mundial. China, el productor líder, contribuyó con más del 50 por ciento de la producción mundial. Hoy en día, alrededor de una tercera parte del pescado consumido por el ser humano es producto de la acuicultura, proporción que crece cada año. Productos de la acuicultura, tales como el camarón, salmón, trucha, bagre, tilapia, mejillones y ostras son en la actualidad productos “convencionales” en los supermercados estadounidenses.

La acuicultura es una industria sumamente diversa, tanto en términos de especies cultivadas como de sistemas de producción usados. Se calcula que en todo el mundo se cultivan más de 200 especies de peces, crustáceos y moluscos. La mayor parte de la producción mundial, especialmente en Asia, consiste de especies de valor más bajo (carpa, sabalote, bagre y lisa) que se producen semiintensivamente. En este tipo de sistema de producción, el crecimiento se base en alimentos que se encuentran de manera natural en el ambiente de crianza (estanque). La producción de alimento natural generalmente se estimula mediante la fertilización (forrajes, estiércol, fertilizantes inorgánicos) y también se usan alimentos suplementarios de bajo valor (tales como subproductos de granos, tortas de oleaginosas, tubérculos, residuos avícolas y desperdicios de cocina) para mejorar la producción piscícola. No obstante, la industria acuícola se encuentra en una rápida evolución, al tiempo que la producción de peces y otros animales acuáticos se hace mediante prácticas cada vez más intensivas (mayores densidades, menor contribución del alimento natural a la nutrición de los organismos cultivados). En las últimas tres décadas se ha observado un aumento sustancial en el uso de alimentos balanceados formulados, como resultado de la intensificación progresiva del cultivo de especies de valor más bajo, y el cultivo cada vez más extenso de especies de valor más alto (como el camarón, anguila, robalo, pargo, mero, corvina, salmón y tortuga).

### **Alimentos balanceados formulados acuícolas**

Se calcula que el uso de alimentos balanceados en acuicultura es cercano a los 20 millones de toneladas (Tacon, 2004). Los alimentos acuícolas generalmente son mucho más costosos que los de otras especies de animales de producción. El costo típico de los alimentos acuícolas varía de \$300 a \$1,500 dólares por tonelada. Los alimentos acuícolas se caracterizan también por la amplia composición nutritiva con la que se formula. El contenido de proteína, lípidos y almidón de los alimentos varía muchísimo, no sólo en función de las especies o etapas de la vida para los que fueron formulados (alimento de trucha comparado con tilapia o camarón, alimento para larvas comparado con un iniciador o de engorda), sino también en función de una miríada de otros factores tales como restricciones de producción o ambientales, preferencias del mercado o del fabricante, y condiciones económicas (tales como el precio del pescado y acceso al financiamiento). En las últimas dos o tres décadas también ha cambiado de manera espectacular la composición de estos

alimentos para algunas especies. El ejemplo más sorprendente de esto es el espectacular aumento en el contenido de grasa de los alimentos usados para la producción del salmón del Atlántico en los últimos 30 años. En la década de 1970, los alimentos del salmón del Atlántico se formulaban de manera rutinaria con ocho a 10 por ciento de lípidos, mientras que actualmente se formulan para que contengan de 35 a 40 por ciento de lípidos.

Parte del alto costo de los alimentos acuícolas formulados se debe al hecho de que tienen, por lo general, una alta densidad de nutrientes y están fabricados por medio de procesos costosos (extrusión, peletización con vapor). Su alto costo se puede también en gran parte atribuir al uso de niveles altos de ingredientes caros (harina de pescado, aceite de pescado, pigmentos, eufasiáceos (krill) , harina de calamar, colesterol y lecitina). La harina y aceite de pescado aún se consideran ingredientes clave en la formulación de alimentos balanceados para especies acuícolas. Combinados, la harina y el aceite de pescado actualmente representan del 30 al 80 por ciento del peso de la mayor parte de los alimentos para salmón, trucha, peces marinos y camarón que se venden en todo el mundo. La mayoría de las explotaciones de piscicultura se enfrentan a los desafíos de mejorar la rentabilidad y la sustentabilidad económica. Los estudios claramente han mostrado también que se pueden formular los alimentos para peces con niveles muy bajos de harina y aceite de pescado mediante el uso de fuentes de proteína y lípidos más económicas.

Los alimentos para peces progresistas están formulados para contener niveles más bajos de subproductos de la industria pesquera y niveles más altos de productos agropecuarios más económicos. Sin embargo, las fuentes más económicas de proteína y lípidos (harina de soya, harina de gluten de maíz , harina de canola, harina de carne y hueso, harina de plumas y grasas animales) han mostrado tener limitaciones importantes, de tal manera que no se pueden usar niveles muy altos en la dieta de la mayoría de las especies piscícolas. La formulación con éxito de alimentos balanceados costeables, que dependan menos de la harina y aceite de pescado, requiere del acceso a una gran variedad de ingredientes económicos. Requiere también de un buen conocimiento de los requerimientos de nutrientes del animal, además de otros factores que están menos bien definidos (tolerancia a los factores antinutricionales, interacciones entre nutrientes y palatabilidad del alimento terminado).

### **Productos reciclados de origen animal**

Durante varias décadas se han usado productos de origen animal terrestre en alimentos acuícolas. De la década de 1930 a mediados de la de 1970, las especies de salmones y truchas cultivadas en laboratorios de larvas en Estados Unidos y Canadá se alimentaban principalmente de “mezclas de harina de carne” semihúmeda elaboradas de subproductos de matadero (hígados y bazo de res, cerdo o caballo), productos frescos o congelados de la industria pesquera y “harinas” secas (mezclas de harina de semilla de algodón, harina de soya, leche descremada, trigo, sal, premezclas de vitaminas y minerales). Los primeros alimentos secos para peces nutricionalmente completos se desarrollaron en la

década de 1960, en los que las proteínas y grasas recicladas se usaron ampliamente desde el inicio.

En las décadas de 1970 y 1980 se limitó el uso de proteínas animales recicladas debido a que un pequeño número de estudios indicaba que algunos de estos ingredientes presentaban una baja digestibilidad en los peces o tenían una calidad sumamente variable (por ejemplo, Cho y Slinger, 1979, Cho et al., 1982, NRC, 1993). Los estudios que se han llevado a cabo más recientemente han mostrado que estas cuestiones de calidad son un problema del pasado (Bureau et al., 1999, Bureau et al., 2000, 2002). Los ingredientes producidos hoy día parecen ser de mucha mejor calidad que los que se producían hace 20 o 30 años. En la literatura científica, en el transcurso de las últimas tres décadas se han publicado más de 200 estudios sobre el valor nutritivo de las proteínas animales recicladas para especies acuícolas. Los resultados de una gran mayoría de estos estudios indican que los productos reciclados de origen animal son fuentes costeables de aminoácidos altamente disponibles, de ácidos grasos y de otros nutrientes.

Las proteínas y grasas recicladas son productos económicos que son muy valiosos para la formulación de alimentos acuícolas costeables. Su alto contenido de proteína y lípidos los hace especialmente muy aptos para usarse en alimentos acuícolas altos en proteína y lípidos. Estos ingredientes también son fuentes eficaces de varios nutrientes clave (lisina, aminoácidos azufrados, histidina, arginina y fósforo), que complementan muy bien ciertos ingrediente proteínicos vegetales (por ejemplo, harina de gluten de maíz y la harina de soya). Además, la mayoría de los subproductos de origen animal son altamente palatables para la mayor parte de las especies piscícolas. Las proteínas y grasas animales recicladas son componentes clave de los alimentos acuícolas costeables en muchos países, entre ellos Estados Unidos y Canadá. El cuadro 1 presenta un ejemplo de la composición de un alimento de trucha arco iris que se usa en Estados Unidos.

Las preocupaciones típicas de seguridad alimentaria que se tienen (de las cuales la principal es la encefalopatía espongiforme bovina o BSE) son el obstáculo que actualmente dificulta el uso de todos los productos reciclados de origen animal en alimentos acuícolas. En buena parte, esto se debe al hecho de que Europa es un importante mercado de exportación de varios productos acuícolas (camarón, salmón, robalo y besugo). Los requisitos o directrices de la Unión Europea tienen una profunda influencia sobre las prácticas de fabricación de alimentos balanceados, incluso en países en los que la Unión Europea sólo representa es un mercado de exportación pequeño. A pesar de esta conjetura, las proteínas y grasas animales recicladas, tales como la harina de subproductos avícolas, harina de plumas, harina de sangre y la grasa avícola han hallado, por ejemplo, un amplio uso en alimento para peces de calidad muy alta en la producción de salmón y trucha en Canadá, Estados Unidos y Chile. En muchos países, los ingredientes de origen aviar están sujetos a restricciones de importación y exportación menos importantes, y por consiguiente, se usan más ampliamente. Los subproductos de especies mezcladas o de rumiantes han mostrado también ser de alto valor nutritivo, pero por lo general su uso está más limitado. No obstante, se prevé un crecimiento significativo en algunos mercados.

**Cuadro 1. Composición de un alimento prototípico de trucha arco iris.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje</b>
Harina de pescado	25
Harina de gluten de maíz	12
Harina de subproductos avícolas	12
Harina de soya	8
Harina de sangre, secada por aspersión	5
Harina de plumas	5
Trigo	12
Vitaminas y minerales	2
Fosfato dicálcico	1
DL-metionina	0.5
Lisina HCl	0.5
Aceite de pescado	17
Total	100

**Valor nutritivo de los ingredientes de proteína animal reciclada en alimentos para peces**

*Digestibilidad de las proteínas animales*

Hay un número relativamente grande de estudios que ha examinado la digestibilidad de los ingredientes reciclados de proteína de origen animal. Los cálculos de la digestibilidad aparente de la proteína cruda entre estudios parecen ser muy variables en la mayoría de los ingredientes. Esta variación se puede deber a la calidad de los ingredientes investigados, pero también se puede deber a las diferencias en la metodología usada. En general, los estudios recientes indican que la mayor parte de las proteínas animales recicladas que se producen con las modernas prácticas de fabricación son bastante más digestibles para los peces.

*Harina de subproductos avícolas*

Uno de los primeros estudios que analizó la digestibilidad de las proteínas animales fue el de Cho y Slinger (1979). Estos investigadores observaron que la digestibilidad de la proteína en la harina de subproductos avícolas (HSA) era relativamente baja (de aproximadamente del 70 por ciento). En un estudio más reciente de digestibilidad, se observó una alta digestibilidad de la proteína cruda (87 a 91 por ciento) en dos lotes de HSA normal alimentada a truchas arco iris (Bureau

et al., 1999, cuadro 2). Estos resultados se obtuvieron con el mismo equipo, variedad de peces y metodología que la de Cho y Slinger (1979). La comparación de los resultados de Cho y Slinger (1979), Dong et al. (1993), Hajen et al. (1993), Sugiura et al. (1998) y Bureau et al. (1999) indica que ha habido mejoras progresivas en la digestibilidad de la proteína en la HSA normal para la trucha arco iris en el transcurso de las últimas tres décadas. En otras especies de peces parece ser observable la alta digestibilidad de la proteína de la HSA. Por ejemplo, Lupatsch et al. (1997) observaron una digestibilidad de la proteína cruda de alrededor del 80 por ciento de la HSA alimentada a dorada (*Sparus aurata*), especie de pez marino ampliamente cultivada en el Mediterráneo.

#### *Harina de sangre*

La digestibilidad de la proteína cruda de la harina de sangre (HS) fabricada mediante diferentes técnicas ha mostrado que difiere de manera importante (Cho et al., 1982, Bureau et al., 1999). Las proteínas de la sangre parecen ser especialmente sensibles al daño térmico, de tal forma que la técnica de secado usada puede tener un efecto muy significativo sobre la digestibilidad de ésta. Cho et al. (1982) observaron que una HS secada con fuego presentaba una digestibilidad de proteína cruda de solamente un 12 por ciento, mientras que la secada por aspersión era casi completamente digestible. Bureau et al. (1999) observaron que la digestibilidad de la proteína cruda en los productos de sangre secados por aspersión era significativamente más alta que los secados en placas rotatoria, en tubo al vapor y secador de anillo (cuadro 2).

Un estudio reciente con trucha arco iris indicó que la biodisponibilidad de la lisina en HS secada por aspersión o de secado rápido era ligeramente más alta que la de la L-lisina HCL (cuadro 3) (El-Haroun y Bureau, 2004). Estos resultados indican que la HS puede ser una muy buena fuente de aminoácidos biodisponibles. Sin embargo, hay algunas diferencias entre las HS. Por ejemplo, la HS secada en disco parece ser una fuente inferior de lisina disponible a la secada por aspersión o la de secado rápido (cuadro 3).

#### *Harina de plumas*

A finales de la década de 1970, se había calculado que la digestibilidad de la proteína cruda de la harina de plumas (HP) para la trucha arco iris estaba entre el 58 por ciento y el 62 por ciento (Cho y Slinger, 1979). Los estudios de digestibilidad realizados en años más recientes indican que hay mejoramientos significativos. Bureau et al. (1999), por ejemplo, calcularon que la digestibilidad de la proteína cruda de cuatro HP estaba entre 77 por ciento y 86 por ciento (cuadro 2). Sugiura et al. (1998) informaron de un coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) muy comparable para la HP alimentada a la trucha arco iris. Parece también ser relativamente bien digerida por otras especies piscícolas. Por ejemplo, Lee et al. (2002) estimaron que la digestibilidad de la proteína cruda de la HP era de alrededor del 79 por ciento para el abadejo (*Sebastes schlegeli*).

**Cuadro 2. Características de fabricación, contenido de proteína cruda (PC) y coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la materia seca (MS), PC y energía bruta (EB) de ingredientes de proteína reciclada de origen animal de varias fuentes.**

Ingredientes	Condiciones de procesamiento	PC	CDA		
		Como es %	MS %	PC %	EB %
<b>Harina de plumas</b>					
1	Hidrólisis con vapor, 30 min. a 276 kPa, secador de disco	75	82	81	80
2	Hidrólisis con vapor, 5 min. a 448 kPa, secador de disco	82	80	81	78
3	Hidrólisis con vapor, 40 min. a 276 kPa, secador de anillo	76	79	81	76
4	Hidrólisis con vapor, 40 min. a 276 kPa, secador de tubo al vapor	75	84	87	80
<b>Harinas de carne y hueso</b>					
1	128°C-135°C, 20-30 min, 17-34 kPa	57	61	83	68
2	Igual que el anterior, pero con clasificación con aire del producto final para reducir el contenido de cenizas.	55	72	87	73
3	133°C, 30-40 min, 54 kPa	50	72	88	82
4	128°C, 20-30 min, 17-34 kPa	48	66	87	76
5	132°-138°C, 60 min	50	70	88	82
6	127°-132°C, 25 min	54	70	89	83
<b>Harinas de subproductos avícolas</b>					
1	138°C, 30 min	65	76	87	77
2	127°-133°C, 30-40 min, 54 kPa	63	77	91	87
<b>Harinas de sangre</b>					
1	Sangre coagulada al vapor, secador de placa rotatoria	83	82	82	82
2	Sangre coagulada al vapor, secador de anillo	84	87	88	88
3	Sangre entera, secador por aspersión	83	92	96	92
4	Glóbulos sanguíneos, secador por aspersión	86	92	96	93
5	Plasma sanguíneo, secador por aspersión	71	99	99	99
6	Sangre coagulada al vapor, secador de tubo al vapor	91	79	84	79
7	Sangre entera, secador por aspersión	82	94	97	94
8	Sangre coagulada al vapor, secador de anillo	86	87	85	86

Fuente: Bureau et al., 1999. (Condiciones de procesamiento proporcionadas por los fabricantes).

*Harina de carne y hueso*

La digestibilidad de la proteína en la harina de carne y hueso (HCH) parece ser un tanto variable. Bureau et al. (1999) observaron que la digestibilidad de la proteína para la trucha arco iris de seis HCH era entre 83 por ciento y 89 por ciento (cuadro 2). McGoogan y Reigh (1996) y Gaylord y Gatlin (1996) observaron que la digestibilidad de la proteína estaba entre el 74 y el 79 por ciento para la HCH alimentada al corvinón ocelado (*Sciaenops ocellatus*). Allan et al. (2000) informaron de valores más bajos de digestibilidad de la HCH de cordero y ganado australianos alimentada a corvina (*Bidyanus bidyanus*). Una serie de estudios realizados en Japón y Portugal indican que la harina de carne (es decir, HCH de alta proteína y bajas cenizas) fue altamente digestible para diversas especies piscícolas de agua dulce y salada (Gomes et al., 1995, Watanabe et al., 1996, da Silva y Oliva-Teles, 1998). Los resultados de una serie de estudios (por ejemplo, Bureau et al., 2000) indican que el CDA de la proteína cruda tiende a sobreestimar los aminoácidos digestibles de la HCH y que al formular alimento para peces con base en proteína digestible se deben adoptar estimados relativamente “conservadores” de digestibilidad de proteína para la HCH.

**Cuadro 3. Biodisponibilidad relativa de lisina en las harinas de sangre de diferentes orígenes, relativa a la lisina-HCl (supuesta como 100 por ciento biodisponible) y basada en diferentes parámetros: ganancia de peso, eficiencia alimenticia y nitrógeno retenido en la trucha arco iris.**

Parámetros	Lisina HCl	Harina de sangre secada por aspersión	Harina de sangre por secado rápido	Harina de sangre secada con disco
Ganancia de peso, g/pez	100	138	150	84
Eficiencia alimenticia, ganancia:alimento	100	139	132	85
N retenido, g/pez	100	129	143	86

Fuente: El-Haroun y Bureau, 2004.

*Proteínas animales recicladas como fuente de fósforo digestible*

Los ingredientes de proteínas animales generalmente tienen un contenido alto, pero variable de fósforo (P) (cuadro 4). En estos ingredientes, el P está principalmente ligado al calcio en lo que comúnmente se conoce como “P óseo”. Este P óseo generalmente representa una gran proporción del P total de los ingredientes de proteína animal (figura 1). Parte del P se encuentra también como constituyente de otros compuestos, tales como los ácidos nucleicos, aminoácidos,

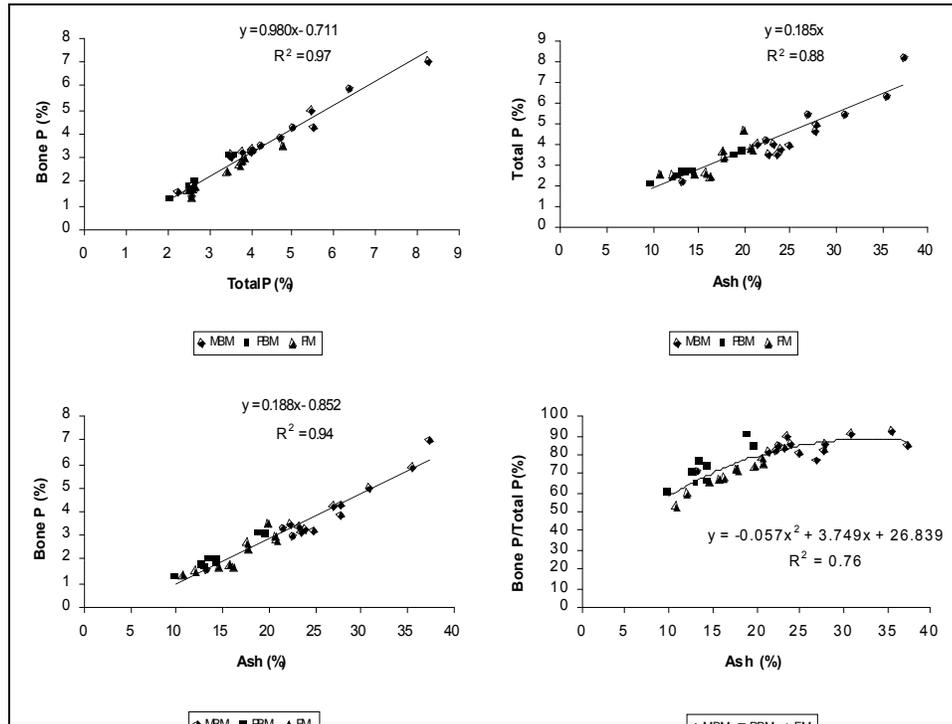
lípidos y carbohidratos, el cual con frecuencia se conoce como “P orgánico”.

Son muy variables los cálculos de digestibilidad del P de los subproductos de origen animal que se encuentran en la literatura. Para los salmónidos, la digestibilidad del P varía del 17 por ciento al 81 por ciento en la harina de pescado, del 22 por ciento al 45 por ciento en la harina de carne y hueso y del 15 por ciento al 64 por ciento para la harina de subproductos avícolas. Esta alta variabilidad en el cálculo de la digestibilidad del P de los ingredientes de proteínas animales probablemente es el resultado de la diferencia en el contenido de P óseo de los ingredientes y del nivel de las diferentes formas químicas del P en los alimentos terminados. Hua y Bureau (2006) desarrollaron un modelo para calcular el contenido de P digerible de alimentos para salmónidos basado en niveles de diferentes tipos de P. Los tipos de fósforo presentes en los ingredientes para alimentos se clasificaron en amplias categorías químicas: P óseo, P fítico, P orgánico, suplementos de calcio monobásico/ fosfato desodio o de potasio (Pi) y suplementos de calcio dibásico fosfato+ (Pi) (figura 2). Se examinó la relación entre el contenido de P digerible de los alimentos y diversos contenidos de compuestos químicos de P a través de un método de regresión múltiple. El análisis de regresión múltiple de los datos de 22 estudios arrojó el siguiente modelo:

$$\begin{aligned} \text{P digerible} = & 0.68 \text{ P óseo} + 0 \text{ P fítico} + 0.84 \text{ P orgánico} + 0.89 \text{ suplemento} \\ & \text{de Ca monobásico Pi de Na/K} + 0.64 \text{ suplemento de Ca dibásico Pi} + 0.51 \\ & \text{fitasa/fitato} - 0.02 (\text{fitasa/fitato})^2 - 0.03 (\text{P óseo})^2 - 0.14 \text{ P óseo} * \\ & \text{suplemento de Ca monobásico Pi de Na/K} \quad (P < 0.0001, R^2 = 0.96). \end{aligned}$$

Los resultados de este modelo indican que la digestibilidad de los diversos tipos de P difiere significativamente y que la digestibilidad aparente del P óseo no es aditiva, como se pensaba. El modelo predice que los ingredientes de proteína animal, tales como la HCH y la HSA son fuentes altamente efectivas de P digerible en alimentos balanceados formulados con niveles altos de ingredientes de proteínas vegetales.

**Figura 1. Contenido de P óseo en función del contenido de P total y cenizas de los ingredientes de proteína animal.**

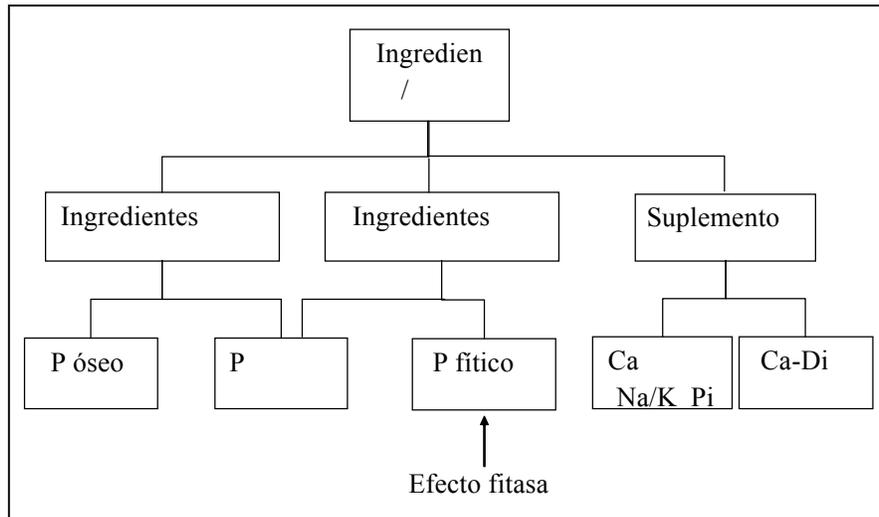


Fuente: Hua et al., 2005.

**Cuadro 4. Contenido de fósforo de ingredientes comunes de alimentos para peces (con base en materia seca [MS]).**

Ingrediente	Contenido de fósforo (g/kg MS)
Harina de pescado	10.8 - 41.9
Harina de carne y hueso	24.9 - 70.8
Harina de subproductos avícolas	16.5 - 34.5
Harina de sangre	0.8 - 17.1
Harina de plumas	5.4 - 12.6

**Figura 2. Representación esquemática de un modelo que calcula el contenido de P digestible en alimento para peces con base en los niveles de diferentes formas químicas de P en el alimento balanceado.**



FuFuente: Hua y Bureau, 2006.

### Uso de proteínas de origen animal en alimentos balanceados

#### *Harina de sangre*

Las HS secadas por aspersión o en anillo se utilizan ampliamente en alimentos de salmónidos debido a su muy alta digestibilidad y calidad consistente. Se ha observado un buen desempeño en peces alimentados con dietas que contenían aproximadamente de ocho a 20 por ciento de HS en conjunto con niveles altos (más del 20 por ciento) de harina de pescado Luzier et al., 1995, Abery et al., 2002). Un estudio realizado en la Universidad de Guelph demostró también que la HS secada por aspersión fue de alto valor nutritivo para la trucha arco iris (cuadro 5, estudio #1).

#### *Harina de subproductos avícolas*

Se ha estudiado profundamente el uso de HSA en dietas para peces (por ejemplo: Higgs et al., 1979, Alexis et al., 1985, Steffens, 1987, Fowler, 1991 y Steffens, 1994). La conclusión general de los primeros estudios fue que se puede incluir aproximadamente del 20 al 25 por ciento de la HSA en dietas para salmónidos sin afectar el crecimiento y la conversión alimenticia del animal. Estudios más recientes han indicado que los alimentos formulados para contener hasta el 30 por ciento de HSA sustentan un excelente desempeño del crecimiento en la trucha arco iris (cuadro 5, estudio #1). La HSA es muy similar a la harina de pescado en términos del valor nutritivo para la trucha arco iris, ya que este ingrediente puede sustituir de manera eficaz toda la harina de pescado en la dieta de

la trucha arco iris sin ejercer un impacto negativo sobre el desempeño (Bureau et al, sin publicar).

*Harina de plumas*

Fowler (1990) observó que se podría incluir 15 por ciento de HPI (90 por ciento PC, cuatro por ciento de lípidos) en sustitución de la harina de arenque en la dieta del salmón chinook sin afectar el crecimiento y la eficiencia alimenticia del pez. Henrichfreise (1989, citado por Steffens, 1994) observó que se podía incluir de 20 a 25 por ciento de HPI en la dieta de la trucha arco iris sin afectar el crecimiento y la eficiencia alimenticia. Un estudio más reciente indica que se podría incorporar alrededor del 15 por ciento de harina de plumas (que proporciona 20 por ciento de proteína total digestible) a la dieta de la trucha arco iris sin afectar el crecimiento y la eficiencia alimenticia del pez (Bureau et al., 2000). El uso de la HPI en alimento para peces es bastante común a niveles significativamente más bajos (cinco a 10 por ciento).

*Harina de carne y hueso*

Shimeno et al. (1993) observaron que 10 por ciento de harina de carne (de 68 por ciento de PC, 16 por ciento de lípidos y 11 por ciento de cenizas) junto con un 20 por ciento de harina de soya podrían reemplazar un 23 por ciento de harina de pescado marrón en dietas de jurel, especie de pez muy carnívoro. Bureau et al. (2000) observaron que fue factible la incorporación de hasta 24 por ciento de HCH (para proporcionar alrededor del 25 por ciento de proteína total digestible) en alimentos para trucha arco iris. Los resultados del estudio de Bureau et al. (2000) concuerdan con los de Tacon y Jackson (1985), Davies et al. (1989) y Robaina et al. (1997), quienes observaron que se podían incluir cantidades significativas de HCH en las dietas de trucha arco iris, tilapia de Mozambique y dorada, sin afectar el desempeño (por ej., cuadro 5, estudio #2).

**Cuadro 5. Desempeño de la trucha arco iris alimentada con dietas prácticas con diferentes ingredientes de proteína reciclada de origen animal, solos o en combinación.**

	Estudio #1				Estudio #2			
	Dietas				Dietas			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Fuentes de proteína</b>								
Harina de pescado, arenque	28	24.5	24	20	40	20	20	20
Harina de gluten de maíz	28	24.5	24	20	11	11	11	11
Harina de soya	-	-	-	-	13	-	-	-
Harina de sangre, secada por aspersión	6	12	-	-	4.5	5	5	5.5
Harina de plumas	-	-	-	-	-	17	17	-
Harina de carne y hueso	-	-	-	-	-	25	-	25
Harina de subproductos avícolas	-	-	20	30	-	-	16	16
<b>Composición</b>								
Proteína digestible, por ciento	43.3	43.7	44.5	44.6	42	42	42	42
Energía digestible, MJ/kg	21.3	21.3	21.5	21.6	19	19	19	19
<b>Desempeño</b>								
Peso inicial, g/pez	17	17	16	18	35	35	35	35
Peso final, g/pez	209	215	202	209	278	247*	264	245*
Eficiencia alimenticia, ganancia:alimento	1.18	1.26	1.19	1.18	1.26	1.11*	1.20	1.09*
Coefficiente de crecimiento por unidad térmica	0.200	0.205	0.199	0.199	0.261	0.241*	0.252	0.239*

\* Significativamente diferente de la dieta control (dieta 1)

Fuente: El Haroun et al., sin publicar.

**Combinaciones de proteínas animales**

Una serie de estudios han mostrado que una mezcla de ingredientes de proteína animal reciclada de alta calidad podría sustituir la mayor parte de la harina de pescado en una dieta práctica de trucha arco iris que sustente un alto crecimiento. Dabrowski et al. (1995) observaron un buen desempeño de la trucha arco iris

alimentada con una dieta con 20 a 30 por ciento de análogo de harina de pescado, formulado con HS, HCH, HSA y HPI. Hace poco, en un estudio de alimentación de 16 semanas, se examinó el potencial de las diferentes combinaciones de ingredientes de proteína reciclada de origen animal (cuadro 5, estudio #2). Las dietas se formularon con combinaciones de HSA, HPI y HCH para proporcionar alrededor de dos terceras partes de la proteína digestible. Las tasas de crecimiento de los peces alimentados con dietas que tenían una combinación de HSA y HPI no fueron significativamente diferentes de las de los peces alimentados con la dieta control. Las tasas de crecimiento de los peces alimentados con dietas con combinaciones de HCH y HPI o HCH y HSA fueron ligeramente más bajas que las de los peces alimentados con la dieta control. La suplementación de aminoácidos (L-metionina o L-lisina), los dos aminoácidos previstos como los más limitantes, no tuvieron efecto sobre el desempeño de los peces. Vale la pena hacer notar que las tasas de crecimiento de los peces alimentados con las dietas experimentales fueron superiores a las observadas en los estudios anteriores realizados en la Universidad de Guelph. Los resultados claramente indican que la mayoría de los ingredientes de proteínas recicladas de origen animal presentan un alto valor nutritivo y que pueden ser fuentes muy valiosas de proteína en la formulación de alimentos para peces. No obstante, los alimentos deben formularse con base digestible y se deben usar cálculos relativamente conservadores de digestibilidad aparente o márgenes de seguridad. Esto es especialmente crítico en el caso de las HPI y HCH.

#### **Uso y valor nutritivo de las grasas recicladas de origen animal**

A menudo, los alimentos acuícolas se formulan con un contenido alto en lípidos, de los cuales la mayoría generalmente proviene del aceite de pescado. Debido a su costo, los problemas previsibles de suministro a largo plazo, y más recientemente, las preocupaciones por los niveles contaminantes, es muy reconocido que debe usarse con más moderación el aceite de pescado en los alimentos acuícolas. La disponibilidad del aceite de pescado cada vez es más problemática, ya que la demanda ha crecido considerablemente con la expansión de la industria acuícola. Diversas proyecciones indican que dentro de una década, la demanda de aceite de pescado va estar muy por arriba de la oferta disponible. Junto con este incremento en la demanda, el precio del aceite de pescado también ha aumentado considerablemente. El precio en el mercado del aceite de pescado en la última década ha variado entre \$0.20 y \$0.80/kg. Los precios en años recientes han permanecido consistentemente altos.

Debido a su bajo costo y amplia disponibilidad, las grasas recicladas de origen animal podrían representar una alternativa interesante para parte del aceite de pescado en los alimentos para peces. Contrario a los precios del aceite de pescado, el precio de las grasas animales no comestibles ha disminuido en los últimos 10 años en un 40 a 50 por ciento a su precio actual de \$0.30/kg de la grasa blanca de primera calidad y el sebo. No es probable que los precios de las grasas recicladas se muevan de manera espectacular en el transcurso de los siguientes años. Se pueden lograr ahorros sustanciales de manera inmediata con la sustitución de parte del aceite de pescado en las fórmulas de los alimentos balanceados con estas fuentes de

lípidos más económicas. El costo de los alimentos acuícolas se podría reducir en unos \$3/tonelada por cada punto porcentual (uno por ciento) del aceite de pescado reemplazado con grasas recicladas. Hay muy pocas modificaciones extras de la dieta (por ejemplo, sustitución de la harina de pescado) en las fórmulas actuales de alimentos de salmónidos que pudieran resultar en tales ahorros sustanciales.

#### **Grasas animales: Digestibilidad y uso en alimentos balanceados**

La capacidad de los peces de usar las grasas recicladas de origen animal como fuente de energía depende principalmente de la digestibilidad de estos ingredientes. Los estudios han indicado que hay diferencias en la digestibilidad y valor nutritivo de las fuentes de lípidos con diferentes perfiles de ácidos grasos a diferentes temperaturas del agua. Cho y Kaushik (1990) presentaron los resultados de un experimento que indican que la digestibilidad del aceite de pescado y los aceites vegetales (semilla de colza, soya y linaza) permanecía alta en una amplia gama de temperaturas del agua (5°C a 15°C). Sin embargo, la digestibilidad de la manteca y el sebo claramente fueron menores a temperaturas del agua más bajas, en contraste con la falta de efecto de la temperatura del agua sobre los aceites de punto de fusión más bajo. No obstante, otras observaciones indican que la digestibilidad del sebo es alta para la trucha arco iris, siempre y cuando la dieta contenga una cierta cantidad de aceite de pescado (u otras fuentes de lípidos ricas en ácidos grasos mono y poliinsaturados). Bureau et al. (2002) encontraron que no hubo diferencia en la digestibilidad de los lípidos (94 por ciento) de un alimento con 16 por ciento de aceite de pescado y de un alimento con ocho por ciento de aceite de pescado y ocho por ciento de sebo a una temperatura baja del agua (7.5°C). A 15°C, la digestibilidad de los lípidos de una dieta con ocho por ciento de aceite de pescado y ocho por ciento de sebo fue ligeramente menor que la de un alimento con 16 por ciento de aceite de pescado (95 contra 98 por ciento) (cuadro 6).

**Cuadro 6. Digestibilidad de lípidos y desempeño del crecimiento de trucha arco iris (peso inicial = 7 g/pez) alimentada con dietas prácticas con aceite de pescado o la combinación de aceite de pescado y sebo, criadas a 7.5°C o 15°C durante 12 semanas.**

Ingredientes	Temperatura del agua			
	7.5°C		15°C	
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 1	Dieta 2
Harina de pescado, arenque, 68% PC	50	50	50	50
Harina de gluten de maíz, 60% PC	20	20	20	20
Aceite de pescado, arenque	16	8	16	8
Sebo fino de res, blanqueable	-	8	-	8
<b>Composición</b>				
Proteína digestible (PD), %	44.0	43.5	44.9	44.4
Energía digestible (ED), MJ/kg	19.5	19.9	20.9	20.8
PD/ED, g/MJ	22.6	21.9	21.5	21.3
<b>Desempeño</b>				
Digestibilidad de lípidos, %	93	94	98	95*
Ganancia de peso, g/pez	13.7	13.1	38.1	39.2
Eficiencia alimenticia, ganancia:alimento (tal y como es)	1.32	1.27	1.22	1.15
Energía retenida, % de consumo digestible	47	47	50	48

\* Significativamente diferente de la dieta control (dieta 1).

Fuente: Bureau et al., 1997.

Es probable que la diferencia en los estimados de la digestibilidad de lípidos entre los estudios se deba al efecto sinérgico de los ácidos grasos poliinsaturados sobre la digestibilidad de los ácidos grasos saturados, un fenómeno bien descrito en aves. Los valores bajos de digestibilidad informados por Cho y Kaushik (1990) de fuentes de lípidos altamente saturados probablemente son solo el resultado de la metodología usada. Cho y Kaushik (1990) usaron una dieta de referencia con niveles muy bajos de lípidos (menos del tres por ciento) (Cho, comunicación personal). Esta dieta de referencia se suplementó entonces con cantidades significativas de las fuentes de lípidos de prueba (aceite de pescado, aceite de soya, manteca y sebo) para producir las dietas de prueba en las que más del 80 por ciento de los lípidos eran proporcionados por los lípidos de prueba. Hace más de 40 años que se demostró que cuando los lípidos altamente saturados se usan solos en la dieta, las aves y otros animales no los digieren bien. La suplementación de dietas con sebo con cantidades limitadas de ácidos grasos poliinsaturados (por ejemplo, aceite de soya) resultó en mejoras significativas en la digestibilidad de los lípidos en aves (Sibbald et al., 1962, Sibbald, 1978). Los resultados presentados en el cuadro 6 son consistentes con estas observaciones e indican que la trucha arco iris utiliza los ácidos grasos saturados de manera eficaz a temperaturas bajas del agua, cuando la dieta contiene algo de aceite de pescado. Se indica que tal vez los niveles

de ácidos grasos saturados de la dieta no deban exceder el 40 por ciento de los ácidos grasos totales de la dieta de la trucha arco iris, ya que es probable que disminuya significativamente la digestibilidad de los lípidos cuando se usa más.

Varios estudios han revisado el uso de la grasa avícola, sebo y manteca en la dieta de diversas especies piscícolas (revisado por Bureau et al., 2002). Las pruebas presentadas en estos estudios indican que la incorporación de niveles de grasa animal que corresponden al 30 al 40 por ciento de los lípidos totales de la dieta no presentan efecto adversos sobre el desempeño del crecimiento, eficiencia alimenticia y calidad del producto de la mayoría de las especies piscícolas estudiadas. Es evidente por estos estudios que las dietas que contienen grasas animales deben tener cantidades significativas de ácidos grasos poliinsaturados n-3 o n-6 para cubrir los requerimientos de ácidos grasos esenciales del pez y para permitir una digestibilidad adecuada de los lípidos.

### Conclusiones

A menudo, los alimentos acuícolas formulados son altos en proteína y grasa, en su mayoría provenientes por lo general de la harina y aceite de pescado. Debido a su alto costo y los problemas previsibles de oferta a largo plazo, es inevitable el aumento progresivo en el uso de fuentes económicas de proteínas y lípidos en alimentos acuícolas. En consecuencia, el fabricante de alimentos balanceados requiere información del valor nutritivo de diversas fuentes económicas de proteínas y lípidos.

Las proteínas y grasas animales recicladas producidas hoy en día en Estados Unidos son relativamente muy digestibles, además de que cumplen con los criterios de alta calidad para el uso en alimentos acuícolas de alta densidad de nutrientes. Las proteínas y grasas recicladas son fuentes costeables de nutrientes clave, además de que también se pueden usar para mejorar el valor nutritivo de alimentos más económicos. Existe suficiente información sobre el valor nutritivo de los subproductos reciclados de origen animal como para permitir al fabricante de alimentos balanceados usar estos productos con criterio en los alimentos para peces.

### Bibliografía

- Abery, N.W., M.R. Gunasekera, and S.S. De-Silva. 2002. Growth and nutrient utilization of Murray cod *Maccullochella peelii peelii* (Mitchell) fingerlings fed diets with levels of soybean and blood meal varying. *Aquaculture Research*. 33:279-289.
- Alexis, M.N., E. Papapaskev, A. Papoutsoglou, and V. Theochari. 1985. Formulation of practical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by-products and certain plant by-products. *Aquaculture*. 50:61-73.
- Allan G.L., S. Parkinson, M.A. Booth, D.A.J. Stone, S.J. Rowland, J. Frances, and R. Warner-Smith. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*. 186: 293–310.
- Bureau, D.P., A.M. Harris, and C.Y. Cho. 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 180:345-358.

- Bureau, D.P., A.M. Harris, D.J. Bevan, L.A. Simmons, P.A. Azevedo, and C.Y. Cho. 2000. Use of feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*. 181:281-291.
- Bureau, D.P., J. Gibson, and A. El-Mowafi. 2002. Use of animal fats in aquaculture feeds. En: Cruz-Suarez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, and R. Civera-Cerecedo (Eds.) Avances en Nutrición Acuicóla V. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicóla. 3-7 September 2002. Cancun, Quintana Roo, Mexico.
- Cho, C.Y., and S.J. Kaushik. 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Review of Nutrition and Dietetics*. 61: 132-172.
- Cho, C. Y., S.J. Slinger, and H.S. Bayley. 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry Physiology*. 73B:25-41.
- Cho, C.Y., and S.J. Slinger. 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg June 20-23, 1978. Vol.II. Berlin. pp. 239-247.
- Dabrowski, K., S.C. Bai, and T. Yanik. 1995. Replacing fish meal protein in salmonid fish diets. Director's Digest, #263. Fats and Proteins Research Foundation, Inc.
- da Silva, J.G. and A.Oliva-Teles. 1998. Apparent digestibility coefficients of feedstuffs in seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquat. Living Resour.* 11 (1998) 187-191.
- Davies, S.J., J. Williamson, M. Robinson, and R.I. Bateson. 1989. Practical inclusion levels of common animal by-products in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*, Peters). M. Takeda, T. Watanabe, (Eds.). The Current Status of Fish Nutrition in Aquaculture. Proc. Third Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish, Toba, Japan, Aug 28 - Sept. 1, 1989. pp. 325-332.
- Dong, F.M., R.W. Hardy, N.F. Haard, F.T. Barrows, B.A. Rasco, W.T. Fairgrieve, and I.P. Forster. 1993. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. *Aquaculture*. 116: 149-158.
- El-Haroun, E.R., and D.P. Bureau. 2004. Assessing bioavailability of lysine in different blood meals using a slope-ratio assay with rainbow trout. Aquaculture Association of Canada Annual Meeting, October 16-20, 2004, Quebec, Canada (abstract).
- Fowler, L.G. 1990. Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture*. 89:301-314.
- Fowler, L.G. 1991. Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. *Aquaculture*. 99:309-321.
- Gomes da Silva, J., and A. Oliva-Teles. 1998. Apparent digestibility coefficients of feedstuffs in seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquatic Living Resources*. 11:187-191.
- Gaylord, T.G., and D.M. Gatlin III. 1996. Determination of digestibility coefficients of various feedstuffs for red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*. 139:303-314.
- Hajen, W.E., R.M. Beames, D.A. Higgs, and B.S. Dosanjh. 1,993a. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. *Aquaculture*. 112:321-332.
- Hajen, W.E., D.A. Higgs, R.M. Beames and B.S. Dosanjh. 1993b. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. *Aquaculture*. 112:333-348.
- Henrichfreise, B. 1989. Bewertung von aufgeschlossenem Getreide und hydrolysiertem Federmehl in der Ernährung von Regenbogenforellenfüttern. Diss. Landwirtschaftl. Fakultät Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Higgs, D.A., J.R. Markert, D.W. Macquarrie, J.R. McBride, B.S. Dosanjh, C. Nichols, and G. Hoskins. 1979. Development of practical dry diets for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, using poultry by-product meal, feather meal, soybean meal, and rapeseed meal as

- major protein sources. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg June 20-23, 1978. Vol.II. Berlin. pp. 191-218.
- Hua, K., and D.P. Bureau. 2006. Modelling digestible phosphorus content of salmonid fish feeds. *Aquaculture* (in press).
- Hua, K., L. Liu, and D.P. Bureau. 2005. Determination of phosphorus fractions in animal protein ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53:1571-1574.
- Lee, S.M. 2002. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*. 207:79-95.
- Lupatsch, I., G.W. Kissil, D. Sklan, and E. Pfeffer. 1997. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in compound diets for gilthead seabream, *Sparus aurata* L. *Aquaculture Nutrition*. 3:81-89.
- Luzier, M.J., R.C. Summerfelt, and H.G. Ketola. 1995. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*. 26:577-587.
- McGoogan, B.B., and R.C. Reigh. 1996. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*. 141:233-244.
- National Research Council. 1993. *NRC Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC.
- Robaina, L., F.J. Moyano, M.S. Izquierdo, J. Socorro, J.M. Vergara, and D. Montero. 1997. Corn gluten meal and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture*. 157:347-359.
- Shimeno, S., T. Mima, T. Imanaga, and K. Tomaru. 1993. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal, and corn gluten meal to yellowtail diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 59:1813-1962.
- Sibbald, I.R., S.J. Slinger, and G.C. Ashton. 1962. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. 2. Variability in the M.E. values attributed to samples of tallow and undegummed soybean oil. *Poultry Science*. 40:303-308.
- Sibbald, I.R. 1978. The true metabolizable energy values of mixtures of tallow with either soybean oil or lard. *Poultry Science*. 57:473-477.
- Steffens, W. 1987. Further results of complete replacement of fish meal by means of poultry by-product meal in feed for trout fry and fingerling (*Salmo gairdneri*). *Archives Animal Nutrition*. 38:1135-1139.
- Steffens, W. 1994. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 124:27-34.
- Stone, D.A.J., G.L. Allan, S. Parkinson, and S.J. Rowland. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* - III. Digestibility and growth using meat meal products. *Aquaculture*. 186:311-326.
- Sugiura, S.H., F.M. Dong, C.K. Rathbone, and R.W. Hardy. 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*. 159:177-202.
- Tacon, A.G.J. 2004. Estimated major finfish and crustacean aquafeed markets: 2000 to 2003. *International Aquafeed*. 7(5):37-41.
- Tacon, A.G.J., and A.J. Jackson. 1985. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. Cowey, C.B., Mackie, A.M., Bell J.G. (Eds.). *Nutrition and Feeding of Fish*. Academic Press, London, U.K. pp. 119-145.
- Watanabe T., T. Takeuchi, S. Satoh, and V. Kiron. 1996. Digestible crude protein contents in various feedstuffs determined with four fresh water fish species. *Fisheries Science*. 62:278-282.

## PRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL EN ALIMENTOS ACUÍCOLAS PARA CAMARONES

Yu Yu, Ph.D.  
National Renderers Association

### Resumen

La harina de pescado (HP) se ha vuelto muy cara para los alimentos balanceados comerciales. La harina de subproductos avícolas (HSA) y la harina de carne y hueso (HCH) se pueden usar en sustitución de la HP. Este capítulo describe las investigaciones en las que la HSA y la HCH se han evaluado en cuanto a su impacto sobre el consumo de alimento, digestibilidad, ganancia de peso, características sensoriales de la canal, respuesta inmune e índice de supervivencia cuando se usan en sustitución de la HP de la dieta. La digestibilidad de nutrientes, la tasa máxima de sustitución de la HP y el perfil de aminoácidos esenciales digestibles (AAE) son criterios importantes para la formulación a mínimo costo en la selección de ingredientes de proteína y para minimizar la variabilidad en el desempeño del crecimiento de los animales acuáticos. La proteína, los aminoácidos esenciales (AAE), y la energía en la HSA han mostrado que se digieren en más de un 84% y 73% en el *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco) y el *Penaeus monodon* (camarón negro tigre), respectivamente. Los datos limitados de la harina de carne y hueso indican que la digestibilidad de la proteína y de los AAE de la HCH es similar al de la HSA en *L. vannamei*, pero no se ha informado de datos de digestibilidad de los AAE que sean confiables para la HCH para el *P. monodon*. La digestibilidad de la energía de la HCH es de alrededor del 14 por ciento más baja que la de la HSA, debido al alto contenido de cenizas y de ácidos grasos saturados.

Cuando sola se usa, la HSA parece ser adecuada para cumplir con los requerimientos de AAE digestibles del camarón, con una deficiencia menor en aminoácidos azufrados (AAS), mientras que la HCH necesita suplementarse con histidina y aminoácidos azufrados AAS (metionina y cistina). Sin embargo, bajo condiciones de crianza de intercambio de agua en cero (eutrófico), el crecimiento del camarón blanco no fue significativamente diferente entre la HP y la HSA o la HCH (en sustitución del 100% de la HP). La suplementación de AAE microencapsulados puede ampliar e incrementar el uso de las harinas de proteínas recicladas en los alimentos para camarones. La alimentación de HSA o HCH en tasas más altas (hasta del 80% de sustitución de la HP) no afecta la conformación de los camarones, la composición de la canal y las características sensoriales, el índice de supervivencia y la respuesta inmune.

Bajo condiciones de crianza de agua limpia y sin la suplementación efectiva de AAE, la tasa de sustitución de la proteína de la HP máxima con HSA es del 80 por ciento, tanto para los alimentos de *P. monodon* como de *L. vannamei*, mientras que la tasa de sustitución máximo de proteína de HP con HCH es del 80 por ciento y 60 por ciento para el *P. monodon* y el *L. vannamei*, respectivamente.

Con la suplementación adecuada de AAE y ácidos grasos esenciales (AGE), podría incrementarse la tasa de sustitución de proteína de la HP al 100% con la HCH y la HSA.

Aún no se ha investigado ampliamente el valor de sustitución de la harina de plumas hidrolizadas (HPI) para la harina de pescado (HP) en alimentos para camarones. La máxima sustitución de la proteína de harina de pescado con HPI es de un 33 por ciento (SPH o hidrolizada con presión al vapor), 66 por ciento (SPH más lisina y metionina cristalinas), y 43 por ciento (HPI tratada con enzimas). El mayor uso de la HP en los alimentos para camarones requiere de la suplementación de AAE, AGE y tal vez también, de mejoradores de la palatabilidad.

La principal ventaja de utilizar productos reciclados en los alimentos para camarones como sustitutos de la harina de pescado (HP) es la reducción del costo del alimento y la ganancia de peso. Los ahorros típicos del 60 al 80 por ciento de la sustitución de harina de pescado con HCH y HSA es una reducción del 15 al 25 por ciento del costo. Las investigaciones apoyan el uso y el valor de la HSA, HCH y HPI como sustitutos de la HP en alimentos para especies de camarones carnívoros y omnívoros.

## **Introducción**

Las proteínas animales se consideran como componentes esenciales de la dieta para los animales acuáticos carnívoros, además de que son fuentes deseables de proteína para las especies omnívoras. La HP ha sido la principal elección entre todas las proteínas animales en los alimentos acuáticos por la calidad de la proteína y su palatabilidad. Sin embargo, por diversas razones, la oferta de HP va a ser insuficiente para cumplir la demanda de alimentación tanto de las especies acuáticas como terrestres. La HSA, HCH, y la HPI son posibles sustitutos adecuados de la HP en los alimentos acuáticos, debido a su semejanza de la composición nutritiva de la HP, pero a un costo mucho más bajo. Los estudios recientes financiados por la National Renderers Association (NRA) y otros (Davis, 2000, Kureshy et al., 2000, Kureshy y Davis, 2002, Samocha et al., 2004, Allan y Rowland, 2005, Davis et al., 2005, Tan et al., 2005, Tidwell et al., 2005; Yu, 2006) han demostrado que se pueden sustituir una gran porción de la HP con la HSA y la HCH, sin afectar el crecimiento de los peces y los camarones.

Para un uso efectivo de la HSA y la HCH como sustitutos de la harina de pescado, los nutriólogos de alimentos acuáticos necesitan conocer los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes clave medidos preferentemente en las mismas especies para los que se están formulando las dietas. Esta precisión mejorada en la formulación no sólo va a resultar en un crecimiento más consistente y predecible del animal acuático, sino que también va a dar un estimado más preciso del costo del alimento en la producción. Para evitar desempeños erráticos del crecimiento, es importante contar con conocimientos confiables acerca de la tasa máxima de sustitución de la harina de pescado con HSA y HCH sin causar un efecto negativo sobre la ganancia de peso, al mismo tiempo que se reduce la dependencia de la harina de pescado. Este capítulo presenta los últimos hallazgos sobre la

digestibilidad y la respuesta al crecimiento de los camarones que se alimentan con dietas que tienen HSA y HCH como sustitutos de la HP.

**Composición de la harina de subproductos avícolas, la harina de carne y hueso y la harina de plumas hidrolizadas**

La composición de nutrientes y aminoácidos de la HSA, HCH, HPI y HP usadas en varios estudios de digestibilidad y de crecimiento en China (Xue y Yu, 2005) se listan en la cuadro 1. Las muestras de HP se tomaron de una planta líder de alimentos acuícolas del sur de China, las cuales se identificaron como de origen peruano. La HSA, HCH y HPI suministradas por recicladores de EUA, se consideraron de alta calidad al compararse con las composiciones listadas en *Nutrient Requirements of Fish* publicado por el National Research Council (1993).

**Requerimientos: energía, proteína y aminoácidos**

Los requerimientos de energía, proteína y AAE de la mayoría de las especies acuáticas se interrelacionan, por lo deben evaluarse simultáneamente para una especie en particular. En el cuadro 2 se proporcionan los cálculos de los requerimientos de proteína y aminoácidos (Bureau, 2000). Los requerimientos brutos de AAE se pueden calcular del perfil de AAE de la canal. Para que las plantas de alimento cumplan con los requerimientos de una especie en particular, es importante conocer los requerimientos de proteína total, de los AAE como porcentaje del alimento y de AAE de la especie. La precisión de la formulación se puede mejorar con la proteína y AAE digestibles para los requerimientos del camarón y la contribución de los ingredientes. La utilización de aminoácidos cristalinos puede ser más baja en los alimentos para camarones en comparación con los de peces o aves. Pueden ser aconsejables para los camarones los AAE recubiertos para una tasa de liberación más lenta.

**Cuadro 1. Composición de nutrientes (por ciento) de la harina de carne y hueso, harina de subproductos avícolas, harina de plumas hidrolizadas y harina de pescado usada en estudios de digestibilidad y crecimiento de los camarones.**

	HCH <sup>1</sup>	HSA <sup>2</sup>	HPI <sup>3</sup>	HP <sup>4</sup>
Materia seca	96.6	97.5	97.2	92.6
Proteína cruda	54.0	65.6	80.0	62.9
Grasa cruda	12.7	12.5	6.0	11.1
<b>Aminoácidos esenciales (AAE)</b>				
Arginina	3.33	4.01	5.73	3.20

Lo imprescindible del reciclaje—Nutrición de camarones—Yu

Histidina	1.43	1.72	0.69	1.61
Isoleucina	1.93	2.69	3.84	2.40
Leucina	3.66	4.85	6.80	4.41
Lisina	3.27	4.42	2.04	4.41
Metionina	1.29	1.59	0.67	1.60
Fenilalanina	2.07	2.70	4.30	2.43
Treonina	2.10	2.71	3.8	2.50
Valina	2.44	3.13	5.87	2.63
Cistina	0.61	0.74	4.16	0.59
Tirosina	1.39	1.92	2.73	1.91

<sup>1</sup>Harina de carne y hueso (EUA).

<sup>2</sup>Harina de subproductos avícolas (EUA).

<sup>3</sup>Harina de plumas hidrolizadas (EUA).

<sup>4</sup>Harina de pescado(peruana).

**Cuadro 2. Requerimientos de proteína y aminoácidos del camarón.**

	<i>P. monodon</i>	<i>L. vannamei</i>
Proteína % (Juvenil)	40	35
Arginina		
% Proteína	5.8	5.8
% Alimento <sup>1</sup>	2.32	2.03
Histidina		
% Proteína	2.1	2.1
% Alimento	0.84	0.73
Isoleucina		
% Proteína	3.4	3.4
% Alimento	1.36	1.19
Leucina		
% Proteína	5.4	5.4
% Alimento	2.16	1.89
Lisina		
% Proteína	5.3	5.3
% Alimento	2.12	1.86
Metionina + cistina		
% Proteína	3.6	3.6
% Alimento	1.44	1.26
Fenilalanina + tirosina		
% Proteína	7.1	7.1
% Alimento	2.84	2.48
Treonina		
% Proteína	3.6	3.6
% Alimento	1.44	1.26
Triptofano		
% Proteína	0.8	0.8
% Alimento	0.32	0.28
Valina		
% Proteína	4.0	4.0
% Alimento	1.6	1.4

<sup>1</sup> Con base 90% seca.

### Pruebas de digestibilidad

La digestibilidad de los nutrientes y de los AAE de la PSA, HCH y HP se han medido en *P. monodon* y *L. vannamei* (cuadro 3). Típicamente, la proteína de prueba se mezclaba con una base (de la que HP era la única fuente de proteína) a una razón de 3:7. En el cuadro 4 se muestra el análisis de una mezcla base típica,

usada en experimentos con camarón en China (Xue y Yu, 2005). Bajo condiciones experimentales similares, la proteína y los AEE de las tres harinas de proteínas se digirieron bien (83 a 88 por ciento) por el *L. vannamei*, lo que indica lo adecuado de la HSA y HCH como sustituto de la HP en las dietas de este camarón.

Los datos limitados de digestibilidad de *P. monodon* indican que la proteína de la harina de pescado, así como la energía y los AAE son altamente digestibles (de 89 a 93 por ciento, cuadro 3), y que la proteína y los AAE en la HSA y la HCH son 20 por ciento menos digestibles que los de la harina de pescado. No existen razones aparentes que se puedan dar en cuanto a la digestibilidad más alta de los AAE que se hizo notar en *L. vannamei* en comparación con *P. monodon* cuando se alimentó la misma proteína de prueba de la misma fuente. La energía en la HCH fue la menos digestible de entre las tres harinas de proteína; probablemente estaba relacionado al alto contenido de cenizas y ácidos grasos saturados.

**Cuadro 3. Digestibilidad de nutrientes de harinas de proteína animal no marina en camarones.**

	HCH <sup>1</sup>		HSA <sup>2</sup>		HP <sup>3</sup>	
	V <sup>4</sup>	M <sup>5</sup>	V <sup>6</sup>	M <sup>7</sup>	V <sup>8</sup>	M <sup>9</sup>
Proteína	82 - 85	77	84 - 90	77	81	93
Energía	69	61	76 - 84	73	85	89
<b>Aminoácidos esenciales (AAE)</b>						
Arginina	85		86	90	90	93
Histidina	86		89	91	91	93
Isoleucina	86		91	89	89	90
Leucina	86		89	70	70	91
Lisina	93		93	85	85	95
Metionina	86		95	81	81	93
Cistina	76		76	79	79	85
Fenilalanina	86		89	77	77	90
Tirosina	85		88	89	89	100
Treonina	82		85	79	79	91
Valina	84		81	82	82	91
Prom.	85		88	83	83	92

<sup>1</sup> Harina de carne y hueso.

<sup>2</sup> Harina de subproductos avícolas.

<sup>3</sup> Harina de plumas hidrolizadas.

<sup>4</sup> *L. vannamei* (Forster et al., 2003).

<sup>5</sup> *P. monodon* (Smith, D.M., 1995).

<sup>6</sup> *L. vannamei* (Xue et al., 2006).

<sup>7</sup> *P. monodon* (Xue et al., 2006).

<sup>8</sup> *L. vannamei* (Xue et al., 2006).

<sup>9</sup> *P. monodon* (Smith, D.M., 1995).

No se ha informado de datos confiables de digestibilidad de los AAE en la HCH para *P. monodon*, pero se podría dar por sentado un valor promedio cercano al de la proteína (77%), que es similar a la digestibilidad de la HSA (cuadro 3).

Los datos en los cuadros 1 y 3 indican que la HSA deben considerarse como uno de los mejores sustitutos de la harina de pescado en los alimentos para camarón, mientras que el factor limitante de la HCH es el contenido relativamente bajo de AAE más que la digestibilidad de éstos. Se requieren de más mediciones de digestibilidad de AAE de la HCH y la HPI para poder predecir la respuesta de la ganancia de peso de camarones en la sustitución de harina de pescado con estas dos proteínas.

**Cuadro 4. Porcentajes de ingredientes de la mezcla base utilizados en los estudios de digestibilidad en camarones.**

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje</b>
Harina de pescado	33.0
Harina de soya	8.0
Cascarilla de cacahuete	20.0
Harina de calamar	3.0
Harina de sangre	3.0
Aceite de pescado	1.0
Aceite de soya	1.0
Lecitina de soya	1.5
Harina de trigo	25.0
Zeolita	2.0
Premezcla	2.5
<b>Análisis</b>	
Materia seca	89.9
Proteína cruda	43.7
Grasa	8.0
Energía bruta (MJ/kg)	18.2
Cenizas	11.8
Fósforo total	1.7

#### **Perfil de aminoácidos digestibles**

Las especificaciones de los AAE digestibles en los alimentos para camarón son importantes para el nutriólogo para predecir o garantizar el desempeño del crecimiento y la utilización de la proteína. Cuando los AAE digestibles se expresan como porcentaje de la proteína digestible de la HCH y la HSA, y se comparan con

los requerimientos establecidos (cuadro 5), la HSA cumple con todos los requerimientos de los AAE, con la única excepción son los aminoácidos azufrados (metionina + cistina). En sistemas de cultivo de agua clara y con HSA como la única fuente de proteína de la dieta, es probable que la ganancia de peso del camarón se reduzca en alrededor de un 8 por ciento en comparación con las condiciones de alimentación de proteína ideal (es decir, cubrir el 100 por ciento de los requerimientos). Una comparación similar de HCH muestra una ligera deficiencia en aminoácidos azufrados e histidina, los cuales podrían limitar la ganancia de peso en alrededor del 40 por ciento, en el caso de que la HCH fuera la única fuente de proteína en las dietas de camarón en condiciones de aguas limpias. Por lo tanto, no está recomendada en la formulación práctica de alimentos para camarón, la sustitución total de la proteína de la HP con HCH (véanse detalles en la sección de los Estudios de crecimiento).

La suplementación con AAE cristalinos en las dietas para camarón no ha producido una respuesta al crecimiento consistentemente positiva (Cheng et al., 2002, Tan y Yu, 2003, Xue y Yu, 2005), cuyo el factor crítico es la efectividad del tratamiento control de la tasa de liberación (por ejemplo, microencapsulación) aplicada a los AAE. El éxito de esa tecnología permitiría un uso mayor y más amplio uso de muchas harinas de proteína de subproductos animales en dietas para camarón.

Bajo condiciones de cero intercambio de agua (agua eutrófica), Forster et al. (2003) mostraron que la HCH y la HSA pueden sustituir el 100 por ciento de la proteína de la HP en dietas para camarón sin causar efectos adversos significativos sobre la ganancia de peso o la eficiencia alimenticia. Esta contradicción aparente a la comparación del perfil de los AAE (cuadro 5) se explicó por los nutrientes que contribuyen la microflora que crece en el agua bajo condiciones de intercambio mínimo de agua. Esta práctica ha ido ganando mayor aceptación en las modernas granjas productoras de camarón en todo el mundo para propósitos de prevención de enfermedades. Por lo tanto, en agua verde (condiciones de estanque fertilizado), los camarones mantienen ganancias de peso normales cuando se les alimenta una dieta en la que la proteína de la harina de pescado se ha reemplazado en un 100 por ciento con HSA o HCH.

**Cuadro 5. Comparación de los requerimientos de aminoácidos digestibles del camarón y perfiles de aminoácidos en la harina de carne y hueso y la harina de subproductos avícolas.**

Aminoácidos esenciales	Requerimientos <sup>1</sup> (% Proteína)	Perfil de aminoácidos digestibles en	
		HCH <sup>2</sup>	HSA <sup>3</sup>
Arginina	5.3 - 5.8	6.6	3.7
Histidina	2.0	1.7	2.2
Isoleucina	2.5 - 4.2	3.2	3.5
Leucina	4.3 - 8.2	6.2	6.9
Lisina	5.2 - 6.1	5.7	6.1
Metionina + cistina	3.5	2.1	3.2
Fenilalanina + tirosina	4 - 7.2	6.1	6.7
Treonina	3.5 - 4.4	3.5	3.6
Valina	3.4 - 4.0	4.4	3.9

<sup>1</sup> Akiyama et al., 1992, Chen et al., 1992, Millamena et al., 1997, Millanena et al., 1996a, Millamena et al., 1996b, Millamena et al., 1998, Millamena et al., 1999, La proteína de la dieta es 40%.

<sup>2</sup> Harina de carne y hueso. Aminoácidos totales (cuadro 1) x coeficiente de digestibilidad de AA (cuadro 3) ÷ contenido de proteína digestible x 100.

<sup>3</sup> Harina de subproductos avícolas. Aminoácidos totales (cuadro 1) x coeficientes de digestibilidad de AA (cuadro 3) ÷ contenido de proteína digestible x 100.

### Relación de eficiencia proteica

Ya que la principal función de la HCH y la HSA en dietas para camarón es proporcionar proteína para su conversión biológica a masa corporal del camarón, varios investigadores han medido la tasa de eficiencia proteica (PER) de los camarones alimentados con HP, HCH o HSA (Tan y Yu, 2002a, Tan et al., 2003, Tan y Yu, 2003, Tan y Yu, 2002b, Cruz-Suárez et al., 2004). La sustitución de la proteína de la harina de pescado con HCH o HSA no causa una reducción significativa del PER (promedio de 1.75) hasta que se llegan a tasas altas (mayores o iguales al 80 por ciento) de sustitución. Los resultados concuerdan con la comparación del perfil de AAE con los requerimientos (cuadro 5). La principal razón del deterioro del PER en tasas más altas de sustitución bajo condiciones de agua limpia es muy probable que se deba a la deficiencia de algunos AAE.

### Respuesta inmunológica

Solamente investigadores chinos (Yang et al., 2002, Yang et al., 2003) han evaluado la respuesta inmunológica del camarón (camarones de agua dulce,

*Macrobrachium nipponense*) cuando se les alimentó con dietas a las que se les sustituyó la HP con HCH (hasta un 50 por ciento de reemplazo) o HSA (hasta un 100 por ciento de reemplazo). Ya que los camarones no cuentan con anticuerpos verdaderos y tienen que respaldarse en los mecanismos innatos, se compararon tres parámetros inmunológicos (cuenta de hemocitos totales, actividad de fenoloxidasa e impulso respiratorio o producción de aniones superóxido) entre los grupos control de HP y los de sustitución de HP. Después de un estudio de crecimiento de 70 días, no se observaron en todos los grupos diferencias significativas en los parámetros inmunológicos. Se concluyó que la HCH o la HSA podría reemplazar la harina de pescado de un 50 a un 80 por ciento, respectivamente, en dietas para camarón sin efectos negativos significativos sobre el crecimiento, supervivencia y parámetros inmunológicos.

### **Evaluación sensorial**

#### *Harina de carne y hueso*

Son bastante escasos los informes sobre la evaluación sensorial de camarones alimentados con dietas con HCH. Investigadores australianos (Smith, 1996) compararon al *P. monodon* alimentado con dietas control (HP) o con dietas con HCH (tasas de inclusión del 20, 40 y 60 por ciento) con respecto a nueve características de sabor (metálico, a carne, dulce, a mariscos, a tierra, fresco, salado, a algas y otros); encontraron que sólo el sabor “a carne” era significativamente diferente. Sin embargo, esto no se correlacionó con el nivel de inclusión de la HCH. Tampoco hubo diferencias significativas en la aceptación total del sabor del camarón. Se han informado de hallazgos similares, aunque con un método de evaluación menos sofisticado por parte de investigadores chinos (Tan y Yu, 2002b) con tasas de inclusión escalonadas de HCH (hasta un 40 por ciento) en dietas alimentadas a *L. vannamei*.

#### *Harina de subproductos avícolas*

Solamente hay un estudio que ha evaluado el sabor del camarón alimentado con dietas con diversas tasas de inclusión (hasta de un 38 por ciento) de HSA (Tan et al., 2003). La calificación de sabor se redujo solamente cuando la HSA sustituyó el 100 por ciento de la HP en la dieta (3.5 contra 4.1; 5 = el mejor). Estos estudios indican que la inclusión de niveles altos (hasta de un 80 por ciento) de HCH o HSA en la dieta es poco probable que tengan un efecto adverso sobre las características sensoriales del camarón.

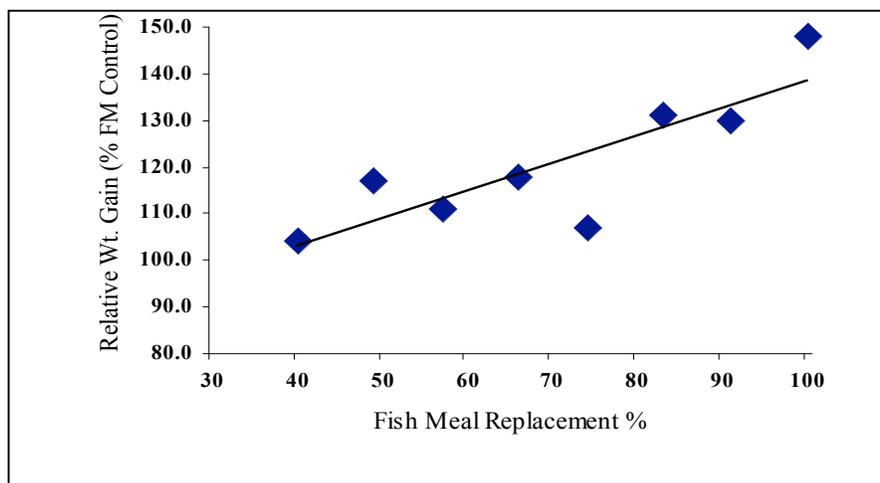
### **Estudios de crecimiento**

#### *Harina de subproductos avícolas*

La respuesta del crecimiento del camarón a la alimentación de HSA depende de (1) la tasa de inclusión, (2) la calidad definida por los procesos de fabricación, (3) la complejidad de la formulación de la dieta (es decir, ingredientes sencillos o multiproteínicos), (4) el contenido de proteína total en la dieta, (5) la

densidad de población del camarón y (6) la disponibilidad de nutrientes (alimentos naturales) del agua. Para las comparaciones verdaderas de calidad de la proteína, el camarón debe alimentarse con un solo alimento proteínico en condiciones de cultivo de agua limpia (filtrada). En la figura 1 se representan los resultados de un estudio típico en condiciones de agua limpia que comparan la HSA con la HP. El camarón de agua dulce (*macrobrachium nipponense*) creció a una tasa más rápida cuando se alimentó la HSA en sustitución de hasta un 100% de la harina de pescado en las dietas. Las posibles razones de la diferencia en la tasa de crecimiento son que el perfil de AAE en la HSA corresponde a los requerimientos de esta especie de camarón en particular de forma más cercana que la HP, y la variación de la calidad (composición y digestibilidad) de ésta pudo haber tenido un mayor efecto que la HSA que se utilizó en este estudio.

**Figura 1. Respuesta de la ganancia de peso de camarón de agua dulce (*M. nipponense*) con dietas en las que se sustituyó la HP con niveles escalonados de HSA (China, 2003).**

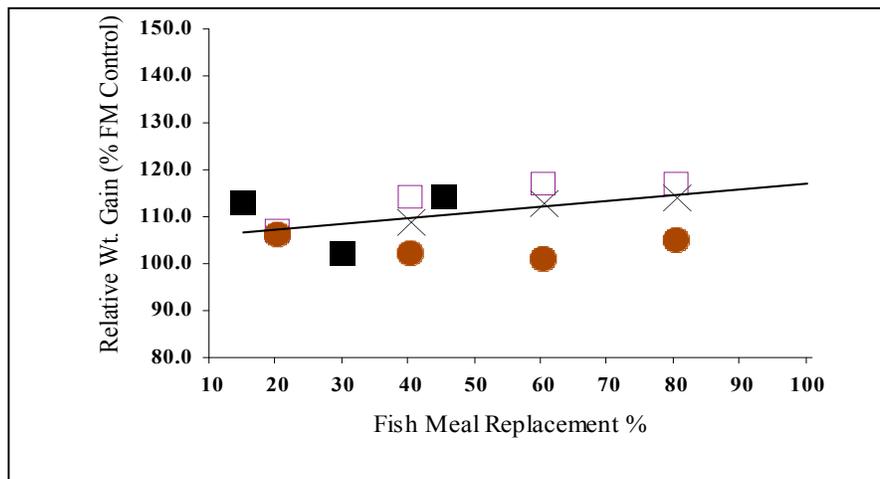


Cuando se probaron las formulaciones con ingredientes multiproteínicos (dietas prácticas), la HSA de calidad alta (por ejemplo, con secado rápido, grado alimento para mascotas, baja en cenizas, etc.) sustentó la ganancia de peso igual o más que la HP a tasas de sustitución altas (hasta un 80 por ciento, figura 2 para *L. vannamei* y figura 3 para *P. monodon*).

En el cuadro 6 se brindan detalles del reciente estudio de crecimiento de camarón con *P. monodon*. La tasa de supervivencia no se lista, porque no se observó ninguna relación significativa cuando la HP se sustituyó con HSA en las dietas. Ya que la HSA y la HP contienen niveles comparables de proteína cruda, la sustitución de la harina de pescado de la dieta con HSA frecuentemente se ha hecho con base en el peso igual para estudios de crecimiento, como se ilustra en la fórmula de un estudio de sustitución típica con *P. monodon* en China (cuadro 7, Xue y Yu,

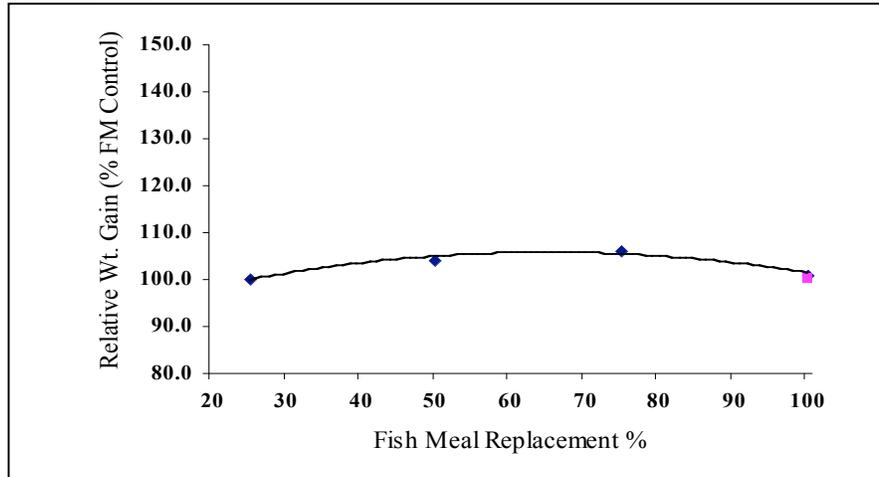
2005). Esta práctica no se aconseja, ya que ignora la posible variabilidad en el contenido de AAE y su digestibilidad, como se ilustra en este capítulo. Las dietas de prueba para los estudios de crecimiento con sustitución de HP se deben formular con base en nutrientes digestibles (Allan y Rowland, 2005). Las tasas de sustitución de la HP van del 25 al 100 por ciento. Entre todas las variables de respuesta del crecimiento, la ganancia de peso se considera ser la variable económica más importante para los productores acuícolas, y por lo tanto, se seleccionó para el análisis de la tendencia de la respuesta a la sustitución de harina de pescado. La tasa de sustitución máxima se define como el punto en el que la ganancia de peso empieza a declinar rápidamente.

**Figura 2. Respuesta de la ganancia de peso del camarón blanco cuando se alimentan con dietas a las que se les sustituyó la HP con niveles escalonados de HSA (Texas, 1998X, 1998□, Hawaii, 2002■, Quigdao, China, 2002●).**



El camarón *P. monodon* alimentado con dietas con HSA obtuvieron más peso (hasta un 6 por ciento) hasta que la sustitución llegó al 75 por ciento. Al nivel de sustitución de la HP del 100 por ciento, la ganancia de peso fue idéntica a la del control con harina de pescado, y la suplementación con metionina cristalina no resultó en mayores mejoras de la ganancia de peso. La composición corporal del camarón no se vio afectada por la sustitución con HSA hasta en un 100 por ciento (cuadro 6).

**Figura 3.** Respuesta de la ganancia de peso del camarón (*P. monodon*) cuando se alimenta con dietas que sustituyen la HP con niveles escalonados de HSA (China, 2005).



**Cuadro 6.** Respuesta al camarón *Penaeus monodon* a la sustitución de harina de pescado con harina de subproductos avícolas en el crecimiento y composición corporal.

camarones Tasa de sustitución (%)	PI <sup>1</sup> (g)	Crecimiento		C. Al. <sup>4</sup> (g)	CA <sup>5</sup>	Composición corporal (%) <sup>6</sup>			
		TCE <sup>2</sup>	Ganancia <sup>3</sup>			Agua	PC	Lípidos	Cenizas
0 <sup>8</sup>	0.2	4.25	2.28	7.8	3.42	76.0	17.2	.5	4.2
25	0.2	4.23	2.38	8.0	3.37	78.3	15.7	.6	3.7
50	0.2	4.41	2.51	7.9	3.13	78.6	15.4	.5	3.9
75	0.2	4.51	2.70	7.8	2.88	79.2	15.2	.5	3.8
100	0.2	4.28	2.60	8.4	3.22	77.9	16.0	.7	3.6
100+Met. <sup>7</sup> (0.16%)	0.2	4.23	2.44	8.8	3.59	81.3	13.7	.3	3.3

Exp. de 56 días de Xue y Yu, 2005.

<sup>1</sup> PI = Peso inicial.

<sup>2</sup> TCE = Tasa de crecimiento específico.

<sup>3</sup> GP= Ganancia de peso.

<sup>4</sup> C. Al. = Consumo de alimento.

<sup>5</sup> CA = conversión alimenticia  
(alimento/ganancia).

<sup>6</sup> Base húmeda.

<sup>7</sup> Met = Metionina cristalina.

**Cuadro 7. Composición de nutrientes (por ciento) de las dietas control y experimentales usadas en estudios de crecimiento de camarón *Penaeus monodon*.**

	Porcentaje de HP sustituida con HSA					
	0	25	50	75	100	100+AA <sup>1</sup>
<b>Ingrediente</b>						
Harina de pescado	37	28	19	9	0	0
Harina de subproductos avícolas	0	9	18	27	36	35
Harina de soya	12	12	12	12	12	12
Cascarilla de cacahuete	16	16	16	16	16	16
Harina de calamar	3	3	3	3	3	3
Zeolita	2	2	2	2	2	2
Lecitina de soya	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Aceite de pescado	1	1	1	1	1	1
Aceite de soya	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6
Harina de trigo	24	25	25	26	26	26
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Metionina	0	0	0	0	0	0.16
Otros	1	1	1	1	1	1
<b>Análisis</b>						
Materia seca	89.0	90.0	90.0	89.0	89.0	90.0
Proteína cruda	44.2	44.1	43.7	43.6	43.0	43.0
Grasa cruda	8.0	8.3	8.6	8.6	8.7	8.3
Cenizas	10.5	10.2	9.7	9.4	8.9	8.9
Fósforo total	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5
Energía bruta (MJ/kg)	18.1	18.5	18.6	18.7	19.1	19.1

<sup>1</sup> Aminoácido (metionina).

Fuente: Xue y Yu, 2005.

La respuesta al crecimiento del *P. monodon* a la sustitución de la HP con HSA no concuerda completamente con los datos de digestibilidad en el cuadro 3, aunque la fuente de HSA haya sido la misma para ambos estudios de digestibilidad y crecimiento. De acuerdo con Allan et al. (2000), la digestibilidad de la proteína y los AAE de la HP del *P. monodon* estuvo en el intervalo de 80 a 90 por ciento, que es mucho más alta que el 59 al 78 por ciento de la HSA notificado por Xue y Yu (2005) (cuadro 3). Una posible razón de la mejor ganancia de peso de los camarones alimentados con HSA fue la diferencia en el contenido real de AAE en la HSA y HP. Esto podría explicar también la respuesta cero en ganancia de peso a la

suplementación con metionina. La HSA de alta calidad podría cubrir los requerimientos de AAE del *P. monodon* de manera adecuada. Otra posible explicación podría ser el mayor consumo de alimento que resulta de la sustitución con HSA de la HP. Estos resultados implican que la máxima tasa de sustitución de proteína de HP con HSA en alimentos para camarón en sistemas de cultivo de agua limpia es de alrededor del 80 por ciento. El análisis del perfil de AAE digestibles concuerda muy bien con la respuesta de la ganancia de peso de *L. vannamei* a la sustitución de HP con HSA, pero en menor grado con *P. monodon*.

#### *Harina de carne y hueso*

Tan et al. (2005) midieron la respuesta del crecimiento de *L. vannamei* con la sustitución de HCH de la HP (Cuadro 8). La ganancia de peso no se vio afectada hasta un 60 por ciento de sustitución, pero hubo una reducción del 7 por ciento en la ganancia de peso a un nivel de 80 por ciento de sustitución. Las conversiones alimenticias también se deterioraron en un nueve por ciento con el nivel alto de sustitución (cuadro 8). Sin embargo, los datos en la literatura sobre la respuesta a la ganancia de peso del *P. monodon* a la alimentación de dietas en las que la HP se sustituyó con HCH, muestran una tendencia ligeramente positiva (figura 4, Yu, 2006). Esto no concuerda con el análisis de los perfiles de AAE que se enlistan en el cuadro 5. Las posibles explicaciones a esto son las siguientes: (1) las digestibilidades de los AAE de la HCH del *P. monodon* se subestimaron, (2) hubo algo de provisión de AAE de los alimentos naturales en el agua y (3) mayor consumo de alimento con niveles más altos de sustitución. La tasa de sustitución máxima de la proteína de la HP con HCH bajo condiciones de cultivo prácticas es del 80 por ciento para el *P. monodon* y 60 por ciento para el *L. vannamei*. Sin embargo, en un sistema de intercambio de agua mínimo, la HCH puede sustituir hasta el 100% de la HP sin un efecto significativo sobre la ganancia de peso y la utilización del alimento (Forster et al., 2003).

**Cuadro 8. Respuesta del camarón *Litopenaeus vannamei* a la sustitución de la harina de pescado con harina de carne y hueso.**

Tasa de sustitución (%) de la HP	PI <sup>2</sup> (g)	GP <sup>3</sup>	C. Al. <sup>4</sup> (g)	CA <sup>6</sup>
0	0.9	5.86	8.0	1.37
20	0.9	6.03	8.6	1.42
30	0.9	5.82	4.4	1.39
40	0.9	6.16	8.1	1.32
50	0.9	5.78	8.2	1.41
60	0.9	5.82	8.4	1.44
80	0.9	5.46	8.1	1.49

Estudio de 56 días de Tan et al., 2005.

<sup>1</sup> HP de anchoveta de 40% de proteína.

<sup>2</sup> PI = Peso inicial.

<sup>3</sup> GP= Ganancia de peso.

<sup>4</sup> C. Al. = Consumo de alimento.

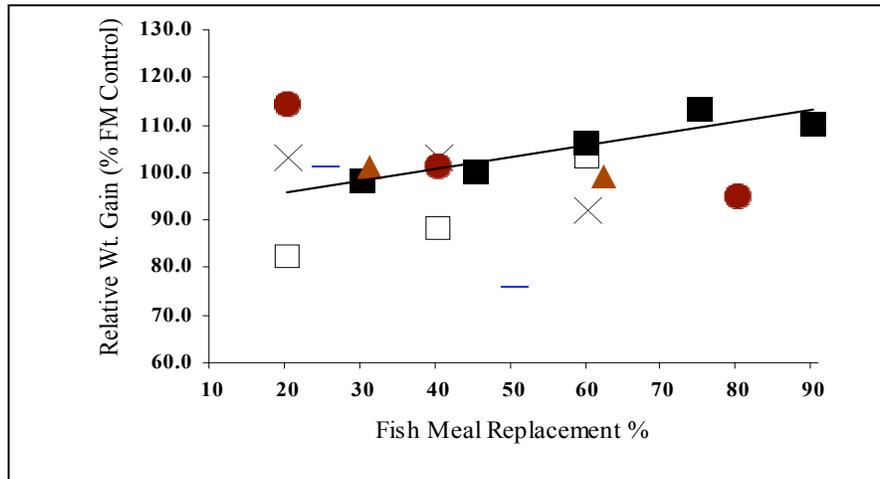
<sup>5</sup> CA = conversión alimenticia

#### *Harina de plumas hidrolizadas*

Se han realizado solamente un número limitado de estudios de alimentación con HPI en sustitución de la HP en alimentos para camarón. Un estudio hawaiano indicó que sin la suplementación de lisina y metionina cristalinas, la HPI hidrolizada con presión a vapor podría reemplazar el 33 por ciento de la HP en alimentos de camarón blanco sin perder desempeño (Cheng et al. 2003). La tasa de sustitución se podría incrementar al 66 por ciento suplementando con lisina y metionina.

Cuando la HPI se trató con una enzima específicamente desarrollada para hidrolizarla, investigadores mexicanos han mostrado que hasta un 43 por ciento de la HP en el alimento de camarón blanco podría reemplazarse con HPI tratada (Mendoza et al., 2001). Con una suplementación adecuada de AAE microencapsulados y de otros nutrientes (por ejemplo, ácidos grasos esenciales), podría utilizarse la HPI (hidrolizada al vapor o con enzimas) para sustituir la proteína de la HP a niveles mayores al 60 por ciento en alimentos para camarón.

**Figure 4. Weight Gain Response of Black Tiger Shrimp when Fed FM Substituted Diets with Graded Levels of MBM (Australia, 1995■, 1996X, 1999—; Thailand, 2002 (28 days)●, 2002 (60 days)□; Vietnam, 2003▲).**



#### Recommendations for Application of PBM and MBM

The recommended digestion coefficients of protein, energy, and EAA, and the maximum FM replacement rate for *L. vannamei* shrimp are given in Table 9 for MBM and Table 10 for PBM. These values are useful in formulating diets utilizing PBM and MBM as FM replacements while guarding the normal growth performance of shrimp. All digestion coefficients were discounted by five percent as a safety margin.

**Table 9. Formulation Recommendation for Meat and Bone Meal in *L. vannamei* Shrimp Feeds.**

	Digestibility (Percent) <sup>1</sup>
Protein	78
Energy	66
Maximum fish meal replacement rate (%)	60 - 70

<sup>1</sup> Digestibility coefficient x 0.95 (discount).

Source: Tan et al., 2005.

**Table 10. Formulation Recommendation for Poultry By-product Meal in *Litopenaeus vannamei* Shrimp Feeds.**

	Digestibility (Percent) <sup>1</sup>
Protein	80
Energy	80
<b>Aminoácidos esenciales</b>	
Arginine	81
Histidine	85
Isoleucine	86
Leucine	85
Lysine	88
Methionine	90
Phenylalanine	85
Threonine	81
Valine	77
Cystine	72
Tyrosine	84
Maximum fish meal replacement rate (%)	80

<sup>1</sup> Digestibility coefficient x 0.95 (discount). Source: Xue and Yu, 2005.

Feed nutritionists should use the analyzed nutrients and EAA values of all ingredients available for feed formulation. While digestibilities and the maximum FM replacement rates are higher for PBM than MBM, nutrient requirement specifications of the feed will determine the optimum use rate of the two protein meals. Generally, diets with relatively high digestible protein requirements (20 percent and above) are more likely to use PBM and MBM, while low digestible protein requirement diets will more likely select plant source ingredients.

### Conclusion

PBM, MBM, and FeM are high protein source dietary ingredients for carnivorous and omnivorous aquatic animals. Recent research has indicated that PBM resembles FM in nutritive value and could replace most of FM (up to 80 percent) in shrimp and several other economically important fish diets without causing a reduction in weight gain. MBM should be mainly considered for its cost advantage over FM as its nutritive value is slightly lower than FM and PBM. The maximum FM protein replacement rate by MBM is 60 percent for *L. vannamei* and 80 percent for *P. monodon*. Under limited water exchange culturing systems, the FM protein replacement rate could be increased to 100 percent by PBM and MBM. The maximum FM protein replacement rate by FeM should be about 40 percent.

Greater use of FeM requires blending with other quality protein meals to improve palatability and amino acid balance or supplementation with coated crystalline EAAs. Decisions on selection of ingredients and their inclusion rates when formulating aqua diets should be largely based on an accurate nutrient composition, digestibility, palatability, and the risk of anti-nutritional factors.

## References

- Akiyama, D.M., W.G. Dominy, and A.L. Lawrence. 1992. Penaeid shrimp nutrition. E.W. Fast and L.J. Lester. Eds. *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands.
- Allan, G.L., and S.J. Rowland. 2005. Performance and sensory evaluation of silver perch *Bidyanus bidyanus* (Mitchell) fed soybean or meat meal-based diets in earthen ponds. *Aquaculture Research*. 36:1322-1332.
- Allan, G.L., S. Parkinson, M.A. Booth, D.A.J. Stone, S.J. Rowland, J. Frances, and R. Warner-Smith. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*. 186:293-310.
- Bureau, D.P. 2000. Use of rendered animal protein ingredients in fish feed. Fish Nutrition Research Laboratory Research Report. Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph, Canada.
- Chen, H.Y., Y.T. Leu, and I. Roelants. 1992. Quantification of arginine requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon*, using microencapsulated arginine. *Marine Biology*. 114:229-233.
- Cheng, Z.J., K.C. Behnke, and W.G. Dominy. 2002. Effect of feather meal on growth and body composition of the juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Aquaculture*. 12(1):57-68.
- Cruz-Suarez, L.E., M. Nieto-Lopez, D. Rieque-Marie, C. Guajardo-Barbosa, and U. Scholz. 2004. Evaluation of the effect of four levels of replacement of fish meal with poultry by-product meal on the survival and yield of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* as well as protein, dry matter and energy digestibility of the ingredients in diets. Proceedings of VII International symposium on Aquatic Nutrition, Hermosillo, Mexico. p. 9.
- Davis, D.A. 2000. Shrimp feed: Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp. *Aquafeeds International*. 3:35-37.
- Davis, D.A., T.M. Samocha, and R.A. Bullis. 2005. Feed Ingredients. Working towards the removal of marine ingredients in aquafeeds. *International Aquafeed*. 8(1): 8-11.
- Forster, I.P., W. Dominy, L. Obaldo, and A.G. J. Tacon. 2003. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*. 219:655-670.
- Kureshy, N., and D. A. Davis. 2002. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 204:125-143.
- Kureshy, N., D.A. Davis, and C.R. Arnold. 2000. Partial Replacement of Fish Meal with Meat and Bone Meal, Flash-Dried Poultry By-Product Meal, and Enzyme-Digested Poultry By-Product Meal in Practical Diets for Juvenile Rd Drum. *North American Journal of Aquaculture*. 62:266-272.
- Mendoza, R., A. DeDios, C. Vazquez, E. Cruz, D. Ricque, C. Aguilera, and J. Montemayor. 2001. Fish meal replacement with feather-enzymatic hydrolyzates co-extruded with soybean meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*. 7:143-151.
- Millamena, O.M., M.N. Bautista, O.S. Reyes, and A. Kanazawa. 1997. Threonine requirement of juvenile marine shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 151:9-14.

- Millamena, O.M., M. N. Bautista-Teruel, and A. Kanazawa. 1996a. Methionine requirement of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture*. 143:403-410.
- Millamena, O.M., M.N. Bautista, O.S. Reyes, and A. Kanazawa. 1996b. Valine requirement of post-larval tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 2:129-132.
- Millamena, O.M., M.N. Bautista-Teruel, O.S. Reyes, and O.S. Kanazawa. 1998. Requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius) for lysine and arginine. *Aquaculture*. 164:95-104.
- Millamena, O.M., M.N. Bautista-Teruel, A. Kanazawa, and S. Teshima. 1999. Quantitative dietary requirement of post-larval tiger shrimp, *Penaeus monodon* for histidine, isoleucine, leucine, phenylalanine, and tryptophan. *Aquaculture*. 179:169-179.
- National Research Council. 1993. *NRC Nutrient Requirements of Fish*. National Academy of Science, Washington, D.C.
- Samocha, T.M., D.A. Davis, I.P. Saoud, and K. DeBault. 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 231:197-203.
- Smith, D.M. 1995. Preliminary evaluation of meat meal in aquaculture diets for prawns (*P. monodon*) Parts 1 and 2. Meat Research Corporation Sub Program 93/120. Australia.
- Smith, D.M. 1996. Evaluation of meat meal in aquaculture diets for the giant tiger prawn *P. monodon*. Meat Research Corporation. Sub Program 93/120. Australia.
- Tan, B.P., K.S. Mai, S.X. Zheng, Q.C. Zhou, L.H. Liu, and Y. Yu. 2005. Replacement of fish meal by meal and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*. 36:439-444.
- Tan, B.P., S.X. Heng, H.R. Yu, and Y. Yu. 2003. Growth, feed efficiency of juvenile *L. vannamei* fed practical diets containing different levels of poultry by-product meal. NRA research Report No. 24. National Renderers Association, Inc., Hong Kong, China.
- Tan, B.P., and Y. Yu. 2003. Replacement of fish meal with meat and bone meal and methionine on growth performance of white shrimp (*L. vannamei*). NRA Research Report No. 25. National Renderers Association, Inc., Hong Kong, China.
- Tan, B.P., and Y. Yu. 2002a. Digestibility of fish meal, meat and bone meal, and poultry by-product meal by white shrimp (*L. vannamei*). NRA Research Report No. 13. National Renderers Association, Inc., Hong Kong, China.
- Tan, B.P., and Y. Yu. 2002b. Digestibility of fish meal with meat and bone meal on growth performance of white shrimp (*L. vannamei*). NRA Research Report No. 14. National Renderers Association, Inc., Hong Kong, China.
- Tidwell, J.H., S.D. Coyle, L.A. Bright, and D. Yasharian. 2005. Evaluation of plant and animal source proteins for replacement of fish meal in practical diets for the largemouth bass *Micropterus salmoides*. *J. World Aquaculture Society*. 36(4):454-463.
- Xue, M., and Y. Yu. 2005. Digestion and growth response to dietary fish meal substitution with poultry by-product meal of shrimp (*P. monodon* and *L. vannamei*). NRA Research Report No. 49. National Renderers Association, Inc., Hong Kong, China.
- Yang, Y., S.Q. Xie, W. Lei, X.M. Zhu, and Y.X. Yang. 2002. Effect of replacement of fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal in diets on the growth and immune response of *Macrobrachium nipponense*. NRA Research Report No. 27A.
- Yang, Y., S.Q. Xie, and W. Lei. 2003. Nutritional and immune response of *Macrobrachium nipponense* fed diets with graded levels of poultry by-product meal in replacement of fish meal. NRA Research Report No. 27.
- Yu, Y. 2006. Use of poultry by-product meal, and meat and bone meal in aquafeeds. Asian Aquafeeds: Current developments in the aquaculture feed industry. W.K. Ng and C.K. Ng (editors). Malaysian Fisheries Society Occasional Publication No. 13, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 19-39.

**Primera Reunión de la Association of American Producers of Domestic Inedible Fats en Chicago, en 1933, (la cual se convirtió en la National Renderers Association en 1942).**



**Inicios de la 7a Convención Regional de Recicladores en  
Minneapolis, MN, EUA en 1939.**



## **EL MERCADO GLOBAL DE LOS SUBPRODUCTOS RECICLADOS DE ORIGEN ANIMAL**

Kent Jay Swisher  
Vicepresidente de Programas Internacionales  
National Renderers Association

### **Resumen**

Los recicladores modernos y eficientes se concentran principalmente en Estados Unidos, donde procesan aproximadamente 25 millones de toneladas de materias primas al año; en la Unión Europea (UE), alrededor de 15 millones de toneladas al año, y en los principales países ganaderos y de procesamiento de carne como Argentina, Australia, Brasil, Uruguay y Nueva Zelanda, unas 10 millones de toneladas al año. El monto de los productos que vende la industria mundial del reciclaje de subproductos de origen animal se calcula que está en el intervalo de \$6 mil a \$8 mil millones de dólares al año. La industria global del reciclaje proporciona productos que son críticos para otras industrias en todo el mundo, y están desarrollando nuevos productos tales como biocombustibles y enzimas para cumplir con las cambiantes demandas en todo el mundo. Los productos reciclados incluyen el sebo comestible y no comestible, manteca y grasas, grasas para alimentos balanceados (grasa amarilla y grasa avícola), harinas de proteína animal, cueros y pieles, y hueso para gelatina. Las grasas y proteínas de alta calidad mejoran la nutrición de los animales de producción, de las aves y de los animales de compañía. Los recicladores también contribuyen con ingredientes esenciales para productos industriales, tales como ácidos grasos, lubricantes, plásticos, tintas para imprimir y explosivos, y productos para el consumidor tales como jabón, cosméticos, crema de afeitar, desodorantes, perfumes, ceras para lustrar, limpiadores, pinturas, velas y compuestos para calafateo.

En Estados Unidos, las exportaciones tradicionalmente han representado una cuarta parte de las ventas anuales del producto del país. Sin embargo, en 2004, ese número cayó a una quinta parte debido a las distorsiones comerciales creadas por el descubrimiento de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE) en Estados Unidos. El comercio y el uso de las grasas animales se ha mantenido relativamente sin verse afectadas por las restricciones comerciales de la BSE, porque la Organización Mundial de Salud Animal (la OIE) lista al sebo como un producto que puede comercializarse con seguridad si tiene un mínimo de impurezas insolubles del 0.15 por ciento. La OIE es una organización intergubernamental que está involucrada en recomendar normas con respecto al control de enfermedades animales. Al momento de escribir este capítulo, China es el único país conocido en prohibir la importación de grasas animales de Estados Unidos. Sin embargo, las proteínas animales se enfrentan a un escrutinio mucho mayor. También, al momento de escribir este capítulo, las proteínas animales de rumiantes están prohibidas en todos los principales importadores de Estados Unidos, mientras que a las harinas porcinas o avícolas les ha ido mejor. Cabe hacerse notar que la

producción y el comercio de la harina de carne y hueso (HCH) incluye a la HCH de origen rumiante, a la harina porcina y a la harina avícola. Las harinas de proteínas no rumiantes no deben verse afectadas por las preocupaciones de la BSE. Aunque las estadísticas de comercio y de producción agrupan a todos estos productos bajo un solo término, HCH, el autor intenta distinguir entre estos productos cada vez que sea adecuado.

La perspectiva de los productos reciclados, especialmente las proteínas animales, es bastante favorable. Incluso, con los diversos impedimentos comerciales globales de los productos reciclados, existe una enorme demanda creciente que se va a convertir en el catalizador para la reanudación del comercio.

### **Historia del comercio global de los productos reciclados: los primeros años (de principios de 1800 a 1945)**

Los primeros años del reciclaje de subproductos de origen animal y su comercio estuvieron dominados por la recuperación de la grasa y el comercio del sebo, jabón, pegamento y materiales para hacer velas. No puede pasar desapercibido el valor de estos productos. Por ejemplo, en el libro de *The Cattle on a Thousand Hills*, el autor Robert Glass Cleland, informa sobre la correspondencia entre dos pioneros del oeste que se traducían en la venta de un ternero que equivalía a \$16 dólares por cabeza para la grasa y sólo \$6 por cabeza para la carne. El sebo valía aproximadamente \$0.20 por libra, lo cual es similar al precio de hoy en día en términos nominales. Sin embargo, estos \$0.20 por libra en 1880 es equivalente a \$3.67 por libra, si se convirtiera al valor de 2004 con el Índice de Precios al Consumidor, aunque el precio real en 2004 es de aproximadamente \$0.19 por libra. Esto muestra la importancia relativa de las grasas animales en los primeros años de la industria.

Antes de la depresión, Estados Unidos importaba una buena cantidad de aceites competidores, tales como el aceite de coco, el aceite de palma y el aceite de ballena, mientras que exportaba cantidades mucho más pequeñas de sebo y manteca. El país era claramente un importador neto de grasas y aceites. Hacia 1932, el precio del aceite de la copra (coco) importado, principalmente de las Filipinas, estaba impulsando el precio a la baja de las grasas recicladas. El precio de la copra era cercano a \$0.02 dólares por libra, el cual llevó al precio de las grasas animales a la baja a niveles similares. Este precio fue el mínimo histórico, una disminución del 75 por ciento de los precios promedio normales. En años recientes, los expertos en comercio han aprendido a hablar acerca del comercio justo en lugar de solamente el libre comercio. Este problema global comercial amenazaba la misma existencia de los recicladores a principios de la década de 1930 y se convirtió en una llamada para reunir a la industria para organizar y formar la American Producers of Domestic Inedible Fats en 1933. Esta organización más tarde se convirtió en la National Renderers Association (NRA). El primer acto de la organización fue el de cabildear con éxito ante el gobierno estadounidense para imponer el llamado impuesto sobre grasas y aceites que formó parte de la Ley de Ingresos de 1934. La intención de la organización no era la de detener las importaciones, sino proporcionar un apoyo al precio de los productos, para así

crearse un ambiente de mercado “justo”. La organización tuvo mucho éxito y esta legislación ayudó a fortalecer y a estabilizar los precios, al tiempo que se mantenía el mercado abierto para las importaciones. En enfoque de mantener esta política en funciones continuó hasta que empezó la Segunda Guerra Mundial. La época de la Segunda Guerra Mundial se topó con una economía controlada junto con precios fijos para los productos reciclados. En otras partes del mundo, el mismo escenario sucedía junto con el colapso básico de las infraestructuras comerciales en algunos países. Después de la Segunda Guerra Mundial, en el mercado de los productos reciclados de origen animal cambió rápida y drásticamente.

### **El mercado global de grasas animales**

Antes y poco tiempo después de la Segunda Guerra Mundial, la industria del reciclaje de subproductos de origen animal de Estados Unidos estaba dedicada principalmente al mercado nacional. La producción de proteínas animales se dirigió hacia la industria local de alimentos balanceados y la mayoría del sebo se dirigió a los fabricantes nacionales de jabón para producir hojuelas, polvos y gránulos. Un momento decisivo para la industria llegó a principios de la década de 1950, cuando en la industria estadounidense del jabón cambió hacia los detergentes que se hacían a partir de petroquímicos. Los productores de sebo perdieron el 40 por ciento de su mercado en un par de años y los precios de la grasa cayeron a menos de tres centavos la libra. Esto era una caída en el precio del 50 por ciento al 75 por ciento del sebo. En ese momento, la industria del reciclaje decidió trabajar en promover sus productos al mercado mundial y para 1953, entre una tercera parte y la mitad del sebo que se producía se exportaba, y para 1956, al menos la mitad de la producción del sebo y grasa se exportaba, con lo que de esta manera se sustituyó el mercado perdido a nivel nacional. Fue en este mismo año que la NRA entró en un acuerdo cooperativo con el Servicio Agrícola Exterior (FAS) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos para en conjunto financiar actividades internacionales de mercadotecnia para las grasas animales. Esta importante relación cooperativa permanece hasta hoy en día. Los primeros esfuerzos de mercadotecnia de la cooperación FAS/NRA de las décadas de 1950 hasta 1980 estuvieron dirigidos a la promoción de la demanda industrial de sebo de res para las compañías de jabón y para la industria química de ácidos grasos a través de seminarios técnicos y de comercialización, y de la producción de literatura técnica y promocional. Además, se llevaron a cabo programas de promoción de jabón e higiene nacionales que tuvieron mucho éxito en Japón, Turquía, Taiwán, Corea y en muchos otros lados en colaboración con los productores de jabón nacionales y los ministerios gubernamentales de educación y salud, para impulsar el uso del jabón, y así la demanda del sebo de alta calidad.

**Figura 1. Estand de la NRA que promovía el uso del jabón en una feria comercial en Asia. Los primeros esfuerzos promocionales incluían anuncios publicitarios en el metro, revistas, periódicos y campañas educativas para lavarse las manos en las escuelas primarias.**



**Figura 2. El Presidente de la NRA Ralph Van Hoven participa en una exposición de jabón en Osaka, Japón, a principios de la década de 1950.**



**Figura 3. Jabón para lavar la ropa hecho a base de sebo de la década de 1950 producido y empacado por Nihon Detergent Manufacturing Co., Ltd., Toho Grasas & Oils Co., y Nippon Fats and Oils Co.**



En el periodo de 1960 a 2004, se saturó el mercado global de grasas y aceites. Las grasas animales recicladas, la elección tradicional para los jabones, empezó a recibir una gran presión de los detergentes y de los aceites vegetales competidores (cuadro 1).

**Cuadro 1. Exportaciones globales de grasas y aceites, 1960 a 2004.**

	1960	1996	2004
	<b>Miliones de tons. métricas</b>		
Soya	0.67	5.69	9.06
Aceite de palma	0.62	10.80	25.06
Aceite de colza	0.05	1.75	1.15
Aceite de girasol	0.22	2.71	2.52
Aceite de coco	0.27	1.40	1.73
Aceite de palmiste	0.06	0.91	1.85
Pescado	0.36	0.77	0.71
Sebo	1.08	2.12	2.25

Fuente: Oil World (1960 – 1996); USDA/FAS para las cifras de aceite vegetal de 2004; FAO para las cifras de aceite de pescado y sebo de 2004.

El sebo pasó de ser la grasa de mayor exportación en 1960, a la cuarta en 2004, y de ser un producto que fijaba los precios del aceite y de la grasa a uno que los copia. Los aumentos espectaculares en la producción de aceites vegetales competidores que resultó en grandes cantidades durante esa temporada, afectaron la disminución de los precios de las grasas animales. El comercio de aceite de palma, el principal competidor del sebo para usos industriales, pasó de 0.62 millones de toneladas métricas (mmt) en 1960 a aproximadamente 25 millones de toneladas métricas en 2004, es decir un incremento de 40 veces en exportaciones contra un aumento del doble en las exportaciones de sebo en el mismo periodo. Las exportaciones globales de aceite de soya también crecieron 14 veces en el mismo periodo. Esto fue el resultado de un gran crecimiento en la producción de estos productos. Por ejemplo, la producción de aceite de palma creció de 1.32 mmt en 1960 a 33.24 mmt en 2004, mientras que la producción de aceite de soya creció de 3.36 mmt a 32.43 mmt durante el mismo periodo. Malasia e Indonesia históricamente han sido los principales productores de aceite de palma. Juntos, estos dos países tradicionalmente han representado más del 80 por ciento de la producción global total de este aceite. Con respecto a la producción de soya, de manera tradicional Estados Unidos ha sido el mayor productor, seguido de Brasil, China y Argentina.

Como se señaló anteriormente en este capítulo, la producción de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal está ligada a la producción ganadera. De ahí que la industria no puede aumentar o disminuir la producción respecto a cambios en las condiciones del mercado y se ha convertido en un producto que copia precios en el mercado global. Los grandes aumentos en la producción de aceites vegetales competidores se han visto parcialmente impulsados por el apoyo y la intervención gubernamentales, lo que les da una ventaja injusta en comparación con las grasas recicladas en el mercado mundial. Estas mismas políticas gubernamentales han también tenido el efecto de cambiar artificialmente los precios globales de grasas y aceites, de ahí que se afecte de manera injusta el precio que los recicladores reciben en el mercado mundial por sus productos. Los principales proveedores de sebo en el mundo son como se encuentra a continuación (cuadro 2).

**Cuadro 2. Exportaciones de sebo de los principales proveedores, 2000 a 2005.**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	% de cambio últimos 2 años
	Tons. métricas						
Estados Unidos	915,879	781,383	1,034,398	904,673	853,015	790,204	-7.36%
Australia	384,099	414,962	340,901	384,758	396,129	376,064	-5.07%
Canadá	227,099	252,480	245,243	173,433	289,432	227,654	-21.34%
Nueva Zelanda	117,421	125,045	114,180	136,337	143,760	142,493	-0.88%
Brasil	146	22,974	13,352	4,259	46,347	44,491	-4.00%
Total mundial	1,687,718	1,611,027	1,814,947	1,653,582	1,807,845	1,658,928	-8.24%

Fuente: Global Trade Atlas para las exportaciones nacionales; el total mundial no incluye el comercio intra UE.

La producción de sebo está ligada a una naturaleza cíclica de la industria de la carne de res en los países productores. Las exportaciones de los principales proveedores han estado bastante estáticas en los últimos cinco años. Sin embargo, es interesante ver que una gran parte del aumento de las exportaciones es de Brasil. La industria del reciclaje en Brasil es bastante nueva y probablemente va a continuar aumentando sus exportaciones en el futuro cercano. La mayoría de las exportaciones de sebo de estos países se utiliza para propósitos industriales, mientras que el resto se utiliza en alimento para ganado como fuente de energía. Los principales importadores de sebo se listan en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Importaciones de sebo de los principales mercados, 2000 a 2005.**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	% de cambio últimos 2 años
	<b>Tons. métricas</b>						
México	261,458	283,464	377,441	370,966	454,512	430,619	-5.26%
China	332,914	299,265	320,865	296,478	318,520	306,575	-3.75%
Centroamérica y Caribe	139,852	136,832	161,852	150,460	169,214	98,389	-41.86%
Turquía	123,656	88,436	136,430	116,640	130,993	133,891	2.21%
Pakistán	99,838	71,324	84,324	113,483	70,189	83,126	18.43%
Nigeria	47,615	57,215	51,585	62,705	57,834	105,440	
Total mundial	1,687,718	1,611,027	1,814,947	1,653,582	1,807,845	1,658,928	-8.24%

Fuente: Global Trade Atlas; el total mundial no incluye el comercio intra UE.

Como es de esperarse, México, el importador más grande de sebo, importa casi todo el sebo de Estados Unidos, mientras que China importa de Australia y de Nueva Zelanda. Antes que se encontrara la BSE en Estados Unidos, China estaba importando cantidades cada vez más grandes de sebo de Estados Unidos. Sin embargo, después de haberse encontrado la BSE, China cerró el mercado y al momento de escribir este capítulo, no han vuelto a reabrirlo a pesar de todas las pruebas científicas que muestran que es seguro el sebo con un nivel de impurezas insolubles máximo de menos del 0.15 por ciento.

### Harinas de proteína posteriores a la Segunda Guerra Mundial

Las investigaciones en la Universidad de Purdue del Profesor Plumb a principios del siglo XX, mostraron que los cerdos que se alimentaban con residuos de proteína o tankage junto con maíz crecían mucho mejor que los alimentos solamente con maíz. De tal manera que empezó la alimentación de las proteínas de animales recicladas al ganado debido a su contenido rico en nutrientes y al complejo de aminoácidos de estas proteínas. Antes de la Segunda Guerra Mundial, se comercializaban muy pocas proteínas animales, si es que esto se hacía. La mayoría se alimentaba de regreso en la industria de la ganadería en los países en donde se producían. Después de la Segunda Guerra Mundial, continuó habiendo poco comercio en proteínas animales, porque eran valiosas y por lo tanto se utilizaba en los países donde se producían. De ahí que sea sumamente difícil encontrar datos de comercio de las proteínas animales antes de finales de la década de 1980. Parece que a finales de la década de 1980, las exportaciones de proteínas animales empezaron a aumentar espectacularmente. Muchos países en el mundo son deficientes en proteína, y conforme se desarrollan sus industrias ganaderas, ha crecido la necesidad de importar ingredientes de proteínas. Las proteínas animales de alta calidad ofrecen una buena fuente de nutrición junto con atractivos complejos

de aminoácidos, que son un muy buen complemento a las harinas de proteínas vegetales en un alimento balanceado.

Las exportaciones de harinas de proteínas animales se han hecho cada vez más importantes para la industria estadounidense del reciclaje de subproductos de origen animal. Durante el periodo de 1992 a 2002, las exportaciones estadounidenses pasaron de 160,000 toneladas métricas a más de 550,000 toneladas métricas, un incremento de casi cuatro veces. Sin embargo, en 2004 y 2005, debido a las preocupaciones por la BSE de las naciones importadoras, las exportaciones de proteínas animales bajaron sustancialmente. En el lado nacional, de acuerdo con las encuestas mensuales de la Oficina del Censo de Estados Unidos y a los cálculos de la NRA, la producción estadounidense de harinas de proteína animal ha pasado de ser más o menos estática a una disminución ligera (cuadro 4).

**Cuadro 4. Producción y consumo de harinas de proteína animal en Estados Unidos.**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	% de cambio últimos 2 años
	<b>Miles de toneladas métricas</b>						
Producción	4,215.5	4,120.1	4,525.1	3,845.1	4,020.5	3,881.1	-3.5%
Consumo							
Nacional	3,729.6	3,619.1	3,916.7	3,296.8	3,841.5	3,644.9	-5.1%
Exportaciones	485.8	501.0	608.4	548.3	179.0	236.2	32.0%
Total	4,215.5	4,120.1	4,525.1	3,845.1	4,020.5	3,881.1	-3.5%

Fuentes: U.S. Census Bureau. Global Trade Atlas for exports. De ahí se obtuvo el consumo nacional.

La industria ganadera debe cumplir con una medida de salvaguarda de la BSE de 1997 de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) que prohíbe la alimentación de materiales derivados de rumiantes (principalmente de ganado y ovejas) de regreso a animales rumiantes. Esto ha resultado en una diferenciación del mercado en el que los materiales porcinos y las harinas avícolas cuentan con una prima en el precio. Como consecuencia, antes de diciembre de 2003, los recicladores comercializaban con éxito los materiales derivados de rumiantes o mezclados de diferentes especies en el mercado de exportación. Sin embargo, desde que Estados Unidos anunció el caso de la BSE de una vaca importada hacia finales de 2003, han desaparecido todos los mercados de exportación para los materiales rumiantes o mezclados. Las exportaciones de 236,000 toneladas métricas en 2005 se atribuyeron principalmente a la harina de subproductos avícolas, harina porcina, harina de plumas y un periodo breve de exportaciones de HCH de rumiantes de Indonesia antes de que se informara de dos casos adicionales de BSE. Es suficientemente sorprendente que después de haberse informado de la BSE, la mayoría de los mercados internacionales hayan cerrado las puertas a las harinas porcinas y avícolas estadounidenses. Sin embargo, las

negociaciones de gobierno a gobierno resultaron rápidamente en la reapertura de la mayoría de estos mercados. Esto ha llevado a primas de precio en el mercado nacional para estas proteínas en contraposición a la HCH de rumiantes. Continúa habiendo también un cambio en el consumo, en el que el material de rumiantes o el mezclado se alimenta a nivel nacional a aves y cerdos, y el material de una sola especie no rumiante cuenta con una prima en el mercado de exportación, en contraposición a diciembre de 2003.

Las exportaciones mundiales de proteínas animales estuvieron relativamente estables en el periodo de 2000 a 2005 (cuadro 5). La Unión Europea emitió una prohibición en las exportaciones de HCH debido a la BSE en 2000, que causó una disminución del 29 por ciento en las exportaciones globales de HCH entre 2000 y 2001. La superficie plantada de soya en los principales países productores continúa creciendo, lo que empuja a las exportaciones de harina de soya de aproximadamente 36 mtm en 2000 a alrededor de 48 mtm en 2005.

**Cuadro 5. Comercio mundial de harinas, 2000 - 2005.**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	% cambio últimos 2 años
	<b>Miliones de tons. métricas</b>						
Total de harinas veg. y de pescado	48.79	52.79	53.72	58.49	59.91	62.27	3.9%
Soya	36.11	41.53	42.67	45.41	46.15	47.89	3.8%
Pescado	3.46	3.19	2.88	3.13	3.55	3.60	1.4%
Otros	9.22	8.07	8.17	9.95	10.21	10.78	5.6%
Prot. animal	1.37	0.97	1.23	1.12	1.26	1.27	0.8%

Fuentes: USDA/FAS Oilseeds: World Markets and Trade Circular, Febrero 2006.

Estimados y pronóstico de la NRA de proteínas animales.

El comercio mundial de proteínas animales aumentó en aproximadamente 4 por ciento en 2005, el cual continúa una tendencia de incrementos en el comercio de todas las harinas de proteína. El comercio de la harina de soya aumentó en un 4 por ciento, a un total de 48 mtm comparado con el comercio en las proteínas animales de un poco más de un millón de toneladas.

En 2005, las exportaciones de Estados Unidos de HCH aumentaron en alrededor del 42 por ciento en comparación con los niveles de 2004, debido principalmente a un incremento sustancial en las exportaciones de harinas de proteínas de no rumiantes a México y a un periodo breve en el que la HCH de rumiantes se exportaba a Indonesia (cuadro 6). Las exportaciones australianas aumentaron, así como también las de Argentina. Ambos países estaban cubriendo la demanda que se dejó abierta, al estar Estados Unidos y Canadá fuera del mercado de la HCH de rumiantes. Cabe hacer notar que entre el grupo de exportadores está el de la UE-25 que continúa aumentando las exportaciones de HCH. Conforme

vuelven a entrar al mercado de exportación, van a ser una competencia fuerte para las exportaciones estadounidenses. Brasil es uno de los productores de aves y de ganado de engorda más grandes del mundo, por lo que conforme se desarrolla su industria de reciclaje se podrían convertir también en un importante competidor.

**Cuadro 6. Exportaciones de harina de carne y hueso de los principales proveedores, 2000 - 2005.**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	% cambio últimos 2 años
	<b>Tons. métricas</b>						
EUA	460,824	458,641	569,435	505,671	136,932	193,857	41.6%
Australia	192,903	204,747	222,424	282,486	201,869	205,821	2.0%
Nueva Zelanda	133,169	140,384	132,540	131,390	233,018	132,049	-43.3%
UE-25	365,628	21,773	32,638	46,007	111,434	117,559	5.5%
Canadá	53,005	65,634	110,011	77,393	60,891	57,811	-5.1%
Brasil	2,243	3,493	16,448	31,847	44,505	40,296	-9.5%
Argentina	62,952	32,302	39,864	41,813	75,058	75,887	1.1%
Total mundial	1,050,745	884,311	1,180,683	1,197,084	872,504	915,890	5.0%

Fuente: Global Trade Atlas, para las exportaciones nacionales; no incluye el comercio intra UE.

Con respecto a los importadores globales de HCH, Indonesia continúa siendo el importador más grande (cuadro 7). Sin embargo, en 2005 las importaciones disminuyeron en un 15 por ciento, una disminución continua desde 2004. Esta disminución se debe principalmente a la presencia de la influenza aviar en ese país y a la eliminación de las parvadas. En 2005, las importaciones de HCH de Egipto también bajaron en un 34 por ciento, una vez más debido a las preocupaciones por la influenza aviar y el impacto sobre la industria avícola y por lo tanto en la industria de alimentos balanceados. En 2005, los principales proveedores de HCH a Egipto fueron Argentina y Uruguay. En 2004, las importaciones de HCH de China bajaron un 79 por ciento debido a la prohibición de la HCH proveniente de Estados Unidos y Canadá, sus dos principales proveedores. Sin embargo, en 2005, Australia llenó esta demanda y crecieron las exportaciones en un 78 por ciento.

**Cuadro 7. Importaciones de harina de carne y hueso de los principales mercados, 2000 - 2005.**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	% de cambio últimos 2 años
	<b>Tons. métricas</b>						
Indonesia	283,816	250,021	310,301	394,379	212,056	180,469	-14.9%
Egipto	65,112	74,610	111,465	106,920	110,651	73,518	-33.6%
México	92,755	79,868	62,634	61,711	59,750	113,267	89.6%
Bangladesh	10,971	24,746	30,373	30,667	110,187	46,032	-58.2%
China	135,972	75,314	130,932	73,561	21,097	37,323	76.9%
Taiwan	35,023	31,142	56,169	88,020	36,420	44,044	20.9%
Total mundial	1,050,745	884,311	1,180,683	1,197,084	872,504	915,890	5.0%

Fuente: Global Trade Atlas, para las exportaciones nacionales; no incluye el comercio intra UE.

Tradicionalmente, las exportaciones de las harinas de proteína iban a países con grandes sectores avícolas porque ellos proporcionaban los nutrientes necesarios para las aves a precios razonables. La HCH es única en comparación con otros ingredientes de alimentos en el sentido de que proporciona una fuente altamente digestible de proteína, grasa, calcio y fósforo: todos juntos en una sola fuente. Los avicultores entienden la importancia de la HCH en el alimento, debido a sus beneficios nutritivos y económicos. Esto es importante para las compañías avícolas que compiten como productores de bajo costo en el mercado global. El uso de proteínas animales, en contraposición a la dieta de únicamente maíz y harina de soya, ha mostrado ahorros de un 5 por ciento en el costo del alimento, en el que algunos muestran ahorros de hasta un 10 por ciento (*Render*, Agosto 2004). De acuerdo con investigadores en Brasil, cuando su industria avícola detuvo el uso de proteínas animales para cumplir con los requisitos de la Unión Europea, se hicieron notar las siguientes observaciones (Penz, Brasil, 2004):

- Aumento de \$10 dólares/tonelada en el costo del alimento
- Una conversión alimenticia más baja
- Calidad del pellet en riesgo
- Aumento en los oligosacáridos dañinos y en los antígenos
- Aumento en problemas de patas
- Aumento en el consumo de agua y cama húmeda
- Energía metabolizable más baja
- Variabilidad en la proteína de la harina de soya, no se tomó en cuenta la digestibilidad en la investigación

De ahí que haya buenas razones de por qué las proteínas animales tienen una demanda tan alta en todo el mundo de los avicultores. La demanda de proteínas animales está empezando a incrementarse en el sector acuícola. Debido a que la producción de harina de pescado, que es el principal ingrediente en los

alimentos acuícolas, no está pudiendo cumplir con la demanda, los precios están subiendo a niveles extremos y los productores acuícolas están buscando alternativas a este ingrediente. Las proteínas animales son una excelente fuente para reemplazar parcialmente y complementar la harina de pescado en los alimentos acuícolas, con una fracción del costo de esta harina.

**Perspectivas de producción de los productos reciclados**

Al extrapolar los datos del Servicio de Investigación Económica (ERS) de los pronósticos de producción de carne, la producción estadounidense de harinas de proteína debe mantenerse constante en el corto plazo y aumentar a más de 2.9 mtm para 2013 (cuadro 8), un incremento del 19 por ciento comparado con 2003. La producción de las grasas animales se predice que va a aumentar en un 15 por ciento entre 2003 y 2013, para llegar a aproximadamente a 4.9 mtm en 2013 (cuadro 9).

**Cuadro 8. Pronóstico de producción de harinas de proteína animal estadounidenses, 2003 - 2013.**

Año	Tons. métricas
2003	2,432,603
2004	2,392,234
2005	2,565,505
2006 (Pronóstico)	2,601,388
2007 (Pronóstico)	2,655,684
2008 (Pronóstico)	2,709,603
2009 (Pronóstico)	2,767,493
2010 (Pronóstico)	2,800,743
2011 (Pronóstico)	2,833,385
2012 (Pronóstico)	2,867,069
2013 (Pronóstico)	2,900,551

**Cuadro 9. Perspectivas de producción estadounidense de grasas, 2003 - 2013.**

Año	Tons. métricas
2003	4,243,334
2004	4,302,755
2005	4,185,366
2006 (Pronóstico)	4,367,026
2007 (Pronóstico)	4,458,174
2008 (Pronóstico)	4,548,690
2009 (Pronóstico)	4,645,872
2010 (Pronóstico)	4,701,690
2011 (Pronóstico)	4,756,486
2012 (Pronóstico)	4,813,033
2013 (Pronóstico)	4,869,241

Las variables desconocidas dentro de Estados Unidos podrían cambiar espectacularmente los pronósticos de producción. De preocupación específica es el seguimiento tan esperado de la notificación anticipada de la legislación propuesta del 14 de julio de 2004 de la FDA (ANPR) que fue oficialmente publicada en el *Federal Register* el 5 de octubre de 2005. Hubo un periodo de comentarios públicos de 75 días que se cerró el 20 de diciembre de 2005. Actualmente, la FDA está revisando todos los comentarios y va a tomar una determinación con respecto a la reglamentación final. La FDA tiene la capacidad de implementar la regla por escrito, alterar la regla debido a comentarios o decidir no emitir una reglamentación final. Debido al proceso involucrado en la emisión de la reglamentación final, y al nivel extremadamente bajo de riesgo, es muy probable que suceda a finales de 2006, antes de que se sepa cuál es la decisión final de la FDA con respecto a la reglamentación final. Esta ANPR propone, entre otras cosas, la eliminación de la cadena alimenticia del material de riesgo especificado (MRE) del ganado de más de 30 meses y del ganado muerto. Un estudio financiado por la NRA de Informa Economics predice que estas restricciones, de aprobarse, podrían disminuir la producción de la HCH en más de 35,800 toneladas métricas, valuadas en más de \$7.1 millones de dólares. Las mismas restricciones disminuirían la producción de sebo en 21,772 toneladas métricas a un valor de más de \$8.6 millones de dólares. De ahí que la producción total de productos reciclados podría caer en más de 57,572 toneladas métricas. Esto es igual a aproximadamente el 4 por ciento de las exportaciones de Estados Unidos en volumen (datos de 2005). Como se planteó anteriormente, el periodo de comentarios de esta regla terminó el 20 de diciembre de 2005. Para septiembre de 2006, la FDA no había tomado ninguna medida con respecto a esta regla. Debido al costo relativamente alto y a la afectación en el mercado, para un nivel de riesgo relativamente minúsculo y la efectividad ya comprobada de las reglamentaciones existentes, sería difícil justificar tal regla con base en términos puramente científicos. Otra variable desconocida en la producción de grasas es el precio de la energía. La producción de grasas en 2005 bajó

aproximadamente 3 por ciento en comparación con la producción de 2004, mientras que al mismo tiempo el ganado sacrificado por peso fue mayor, junto con la producción de HCH. Parece que debido a los altos costos de la energía, los productores de grasas se basaban en su propia producción para alimentar las plantas, de ahí que llevara por consiguiente a una disminución en la producción notificada de grasas. De continuar esta tendencia, el pronóstico de la producción va a necesitar ajustarse a la baja.

### **Panorama de los productos reciclados de origen animal**

El panorama de la demanda de los productos reciclados de origen animal es bastante favorable. Aparte de la continua demanda de los productos reciclados de origen animal en los mercados tradicionales, el futuro para ser promisorio para que se formen nuevos patrones de demanda. Se espera que aumente espectacularmente la demanda de grasas conforme continúe absorbiendo más materias primas la producción de biodiesel, entre las que se incluyen tanto los aceites vegetales como las grasas animales. La demanda de proteínas animales debe continuar creciendo a largo plazo, sin embargo, en el corto plazo, el estigma de la BSE todavía va a actuar como un catalizador para las naciones importadoras al aumentar las barreras reglamentarias que bloquean las importaciones de algunos productos. Conforme avanza el tiempo, y se vaya entendiendo mejor el riesgo relativamente bajo de la BSE en Estados Unidos, y conforme crezca la demanda de harinas de proteína, los mercados van a abrirse lentamente a las importaciones de HCH. La industria del reciclaje es bastante especial, en el sentido de que toma materiales de desperdicio del sacrificio de los animales y convierte este desperdicio en productos de alta calidad y alto valor, que a su vez son la solución al brindar ingredientes alternativos seguros para los sectores de la ganadería, la acuicultura y el industrial.

*Problema: escasez de harina de pescado*

*Solución: proteínas animales como sustituto*

El panorama del aumento de la demanda de proteínas animales se está viendo avivado por la demanda de harina de pescado, para la cual las proteínas animales representan un buen sustituto. La harina de pescado es un ingrediente muy importante en los alimentos para aves, pero más en los alimentos para la acuicultura. De acuerdo con el Dr. Albert Tacon, de la Universidad de Hawái, el crecimiento anual promedio en el sector acuícola ha sido desde 1970 de aproximadamente 9 por ciento al año. En contraste, la tasa de crecimiento anual promedio en la captura de pescado no dirigida a consumo humano, solamente ha aumentado el 0.8 por ciento al año entre 1970 y 2002 (Tacon, 2004). Este contraste muestra el espectacular incremento en la demanda de harina de pescado y la falta de mayor suministro, al tiempo que los precios de la harina de pescado han aumentado a niveles nunca antes vistos. En mayo de 2006, se informó que los precios de la harina de pescado llegaron a casi \$1,000 dólares por tonelada métrica, en contraposición con los niveles tradicionales de precios promedio de \$400 a \$600 dólares la tonelada. Esto se compara con las harinas de proteína recicladas que están en un intervalo de \$120 a \$300 dólares la tonelada. Debido a que continúa

esta escasez de harina de pescado y también aumentan los precios, los fabricantes de alimentos balanceados no van a tener otra opción que encontrar proteínas alternativas para las cuales las proteínas animales recicladas son una buena opción. Los estudios con alimentos que ha realizado la NRA prueban aún más el efecto positivo de sustituir la harina de pescado con las harinas de proteína recicladas (Yu, 2006). Además, la menor oferta de harina de pescado podría tener efectos catastróficos sobre el sector acuícola de China. Ya que el pescado se considera ser el alimento preferido en China, al igual que la carne de res en Estados Unidos, la afectación del sector acuícola es una preocupación muy seria. La sustitución de harina de pescado con proteínas animales en los alimentos para aves y la acuicultura es una solución viable a la crisis siempre creciente creada por la escasez de la harina de pescado, para lo cual los estudios de alimentación han probado que la sustitución no causa efectos dañinos.

*Problema: altos costos de energía y dependencia del inestable petróleo extranjero  
Solución: grasas animales como ingredientes para biodiesel*

Con respecto a las grasas, el panorama de la utilización en el biodiesel es la variable más grande de la parte de la demanda de la ecuación. El drástico incremento en los precios del petróleo y la incertidumbre del suministro día al día de las regiones inestables del mundo, ha llevado a que muchos países busquen fuentes de energía renovable, para lo cual el biodiesel es una solución. De acuerdo con el Departamento de Energía de Estados Unidos, el “biodiesel se hace mediante la transformación de grasas animales y aceites vegetales con alcohol y puede sustituir directamente el diesel ya sea como un combustible limpio (B100) o como un aditivo oxigenado (típicamente 20 por ciento - B20).”

La Unión Europea es el productor más grande del mundo de biodiesel y Estados Unidos es el segundo. El crecimiento en la producción de biodiesel es asombroso. De acuerdo con la Mesa Directiva Europea de Biodiesel, la producción de la Unión Europea de biodiesel entre 2002 y 2004 aumentó en alrededor del 35 por ciento al año, y aumentó en un 65 por ciento en 2005 en comparación con 2004 (cuadro 10).

**Cuadro 10. Producción estimada de biodiesel de la UE.**

Año	Millones de galones
2001	278
2002	319
2003	430
2004	580
2005	955

Fuente: European Biodiesel Board.

En Estados Unidos, la producción de biodiesel pasó de ser una producción relativamente pequeña de 7.6 millones de litros (dos millones de galones) en 2000 a 283.9 millones de litros (75 millones de galones) en 2005. El crecimiento se triplicó entre 2004 y 2005 (cuadro 11). Los precios sumamente de los energéticos al

inicio de 2005 y que continuaron a través de 2006, junto con los incentivos gubernamentales de desarrollar combustibles renovables, han impulsado el masivo crecimiento en la producción de biodiesel. Debido a que las grasas animales son una buena materia primera para el biodiesel, la demanda de estos productos va a aumentar conforme continúe en aumento la producción de éste. A nivel global, la Agencia Internacional de la Energía (IEA) predice que la producción total mundial de biodiesel va a aumentar de menos 3 millones de litros (800 mil galones) en 2003 a aproximadamente 23,467 millones de litros (6,200 millones de galones) para 2020 (cuadro 12). De ahí que esté surgiendo un mercado completamente nuevo para las grasas y los aceites, en la que van a competir tanto los aceites vegetales como las grasas animales.

**Cuadro 11. Producción estimada de biodiesel de EUA.**

Año	Millones de galones
1999	0.5
2000	2.0
2001	5.0
2002	15.0
2003	20.0
2004	25.0
2005	75.0

Fuente: National Biodiesel Board.

**Cuadro 12. Proyecciones de producción mundial de biodiesel para 2020.**

Año	Millones de galones
1990	0
1995	211
2000	309
2005	991
2010	2,906
2015	4,438
2020	6,208

Fuente: International Energy Agency/Organization for Economic Cooperation and Development (IEA/OECD), 2004, p 169.

### Conclusiones

En conclusión, parece haber una demanda muy grande de proteínas animales en todo el mundo de países que son deficientes en proteína. Las proteínas animales están mejor posicionadas para usarse en las industrias avícola y acuícola, así como en los alimentos para mascotas y cerdos. Conforme continúen subiendo los precios de la harina de pescado, la demanda de harinas de proteína animal de alta calidad va

a continuar también aumentando. Sin embargo, un obstáculo para las proteínas de Estados Unidos, son las barreras de seguridad de alimentos para consumo humano y animal relacionadas a la BSE. Desafortunadamente, la situación en la UE, donde se han reportado cerca de 200,000 casos de BSE, impulsó la estructura global reglamentaria a detener el comercio de HCH de rumiantes de cualquier país que tenga un caso de BSE. Obviamente Estados Unidos, con menos de 12 casos en total hasta agosto de 2006, no debe ser tratado de la misma forma que la Unión Europea con respecto al nivel de riesgo y a las normas de importación.

Existe también una creciente demanda de las grasas animales como fuente de energía renovable. Su uso para energía es doble. En primer lugar, se pueden usar directamente en los quemadores industriales. Conforme aumentan los precios de los energéticos, va a haber un mayor quemado directo, especialmente dentro de las propias plantas de los recicladores. En segundo lugar, la creciente industria del biodiesel también va a demandar más. Actualmente, en Estados Unidos, la mayor parte de las instalaciones de biodiesel utiliza aceite de soya, mientras que en la UE usan aceite de canola. Sin embargo, hay un creciente número de plantas que pueden usar fuentes múltiples de materias primas, algunas de las cuales utilizan solamente grasas animales. Debido a que esta industria se encuentra al inicio de su mayor expansión, es difícil predecir el impacto final. Sin embargo, la expansión va a resultar en una mayor demanda de grasas animales. Los productos reciclados de origen animal son la solución para dos importantes problemas a los que nos enfrentamos hoy en día y en el futuro inmediato: el creciente costo de los energéticos y el creciente costo de la harina de pescado.

### **Bibliografía**

- Australian Government, Biofuels Task Force. 2005. Report of the Biofuels Task Force to the Prime Minister. pp. 39-55.
- Cleland, R.G. 1951. *The cattle on a thousand hills Southern California, 1850-1870*. Huntington Library, California.
- Energy Information Agency. 2005. Annual energy outlook 2005 with projections to 2025. EIA, United States Department of Energy, Washington DC.
- European Biodiesel Board, 2003-2006, Statistics, the EU Biodiesel Industry. [www.ebb-eu.org/stats.php](http://www.ebb-eu.org/stats.php).
- Federal Register. 2005. Docket No. 2002N-0273, Substances Prohibited from use in Animal Food or Feed. 70:58570-58601.
- Firman, J.D., D. Robbins, and G.G. Pearl. 2004. Poultry Rations. *Render*. 33(4):12-20.
- Informa Economics. 2004. An Economic and Environmental Assessment of Eliminating Specified Risk Materials and Cattle Mortalities from Existing Markets. Prepared for National Renderers Association, August 2004.
- International Energy Agency. 2004. Biofuels for transport: an international perspective. International Energy Agency, OECD.
- Internationale Statistische Agrarinformationen. 1990. *Oil World: 1963-2012*. ISTA Mielke GmbH. Hamburgo, Alemania.
- Internationale Statistische Agrarinformationen. 1997. *Oil World Annual. 1997*. ISTA Mielke GmbH. Hamburgo, Alemania.

- Mohammad, H.A., M.J. Mohd Fauzi, and A. Ramli. 1999. Interactions Between Malaysian and Indonesian Palm Oil Industries: Simulating the Impact of Liberalization of Imports of CPO from Indonesia. *Journal of Oil Palm Research*. 11(2):48.
- National Biodiesel Board.  
[www.biodiesel.org/pdf\\_files/fuelfactsheets/Production\\_Graph\\_Slide.pdf](http://www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/Production_Graph_Slide.pdf)
- Penz, A.M. 2004. Federal University of the State of Rio Grande do Sul, Consequences of using poultry diets formulated without animal protein meals. International Seminar Novus-NRA, Ixtapa, Mexico. Sept 30 – Oct 1.
- Williamson, S.H. 2005. What is the Relative Value? Economic History Services, December 14. [www.eh.net/hmit/compare/](http://www.eh.net/hmit/compare/).
- Tacon, A.G. 2004. Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. CAB International.
- United Kingdom House of Commons. *The BSE Inquiry*. Crown copyright; [www.bseinquiry.gov.uk/](http://www.bseinquiry.gov.uk/).
- Yu Y. 2006. Rendered Animal Proteins for Aquafeeds. National Renderers Association, Inc., Hong Kong.

## **USOS INDUSTRIALES Y ENERGÉTICOS DE LOS SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL, PASADO Y FUTURO**

Dr. S. A. McGlashan  
Gerente de Ambiente y Coproductos  
Meat and Livestock Australia, Ltd.

### **Resumen**

Este capítulo se enfoca a la aplicación de los productos reciclados de origen animal a la producción de la energía y de otros usos industriales. El alto volumen de los productos reciclados generados descarta la investigación en la mayoría de los mercados de alto valor y bajo volumen. Las reglamentaciones futuras con relación a la bioseguridad y a la protección ambiental tienen el potencial de restringir el acceso al mercado tradicional de los coproductos reciclados. Es esencial desarrollar aplicaciones de productos que demanden grandes volúmenes de materia prima para garantizar la viabilidad de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal.

Históricamente, el sebo ha tenido una aplicación mucho más amplia de energía e industrial que las harinas a base de proteína. Los fertilizantes y los acondicionadores de tierra eran una vía menor para los subproductos animales, mientras que había un uso muy amplio y rentable de las harinas a base de proteína en los sectores de alimentos para consumo animal y humano.

Los productos reciclados tradicionalmente han sido una fuente de proteína digestible, nutrientes y energía en las industrias de alimentos para consumo animal y humano. Hay métodos físicos y químicos para transformar el valor de energía intrínseco en combustible comercial. El biodiesel derivado del sebo es el uso alternativo más obvio para los subproductos animales. El uso de las harinas de proteína como fuentes de energía es técnicamente factible mediante la pirólisis, digestión anaeróbica y la incineración/coincineración, pero pueden tener limitaciones económicas.

El potencial de usos industriales de las harinas de proteína está limitado. Las proteínas son una materia prima potencial para los plásticos biológicos y para los adhesivos de cartón. Las formas naturales de hidroxapatita, encontradas en los huesos de las piernas de alta densidad de ganado, ovejas y cabras, tienen aplicaciones como absorbentes, catalizadores, sustrato dental y como un sustituto del hueso. Si se desarrollan estas aplicaciones industriales, hay varios obstáculos técnicos y económicos que se tienen que superar.

### **Usos históricos y actuales de los subproductos de origen animal**

Históricamente, las aplicaciones que no son de alimentos para consumo animal o humano de los coproductos reciclados, con la excepción del sebo, han tendido a limitarse a su aplicación en mercados nicho (Pearl, 2003). Generalmente,

estos mercados han sido muy pequeños para sustentar grandes volúmenes de harina de carne y hueso y harina de carne de aves.

Cientos de aplicaciones químicas industriales han usado, y en algunos casos todavía usan, grasas y ácidos grasos como materia prima, mientras que se han desarrollado relativamente pocas aplicaciones para las harinas de carne y hueso más allá de los adhesivos, acondicionadores de tierra y fertilizantes. El inicio de ambas Guerras Mundiales fue testigo de una demanda importante de la glicerina reciclada para la producción de explosivos, específicamente la trinitroglicerina o TNT. La demanda de coproductos reciclados para estas aplicaciones (véase el cuadro 1 para más ejemplos) ha disminuido con el aumento del uso de productos del petróleo o sintéticos más ampliamente disponibles y a menudo más baratos.

**Cuadro 1. Usos industriales de las grasas y ácidos grasos.**

Explosivos	Cosméticos	Pinturas
Jabón de calabaza (jabón para cuero)	Disolventes	Aceite industrial y lubricantes
Oleomargarina y manteca para panificación	Químicos	Productos de hule (goma)
Crayones	Insecticidas	Cera para pisos
Cosméticos	Parafina	Herbicidad
Cerámica	Jabón para lavar platos y para las manos	Medicinas
Crema y lociones	Aceite de mink (visón)	Anticongelante
Sebo para curtido de pieles	Crema para afeitarse	Detergentes biodegradables
Acondicionador para el pelo	Carbón de hueso para filtrar y decolorar soluciones de azúcar	Platos de hueso

Fuente: California Department of Food and Agriculture, [www.cdfa.ca.gov/ahfss/mpi/by\\_products.mtm](http://www.cdfa.ca.gov/ahfss/mpi/by_products.mtm).

El proceso de reciclar las partes animales se ha documentado durante al menos 2,000 años (Grummer, 1992). El propósito del reciclado era del producir sebo y otras grasas animales para hacer jabones y velas.

*Producción de energía*

El sebo se puede usar directamente como combustible de calderas o para fabricar biodiesel. Algunos sistemas quizás requieran filtrar las grasas antes de usarlas como combustibles de calderas. Un biocombustible mal filtrado puede causar problemas en el manejo de éste y mayores emisiones de gases.

#### *Aplicaciones agrícolas e industriales*

La fabricación de jabón era el principal uso del sebo. En el siglo XIX, la Revolución Industrial transformó al sector agrícola. El desarrollo de la producción intensiva del ganado condujo a un creciente problema de eliminación de desechos. El reciclaje se convirtió en una solución atractiva. Los procesos de principios del siglo XX separaban la grasa y el agua de la proteína, llamada tankage, que se usaba entonces como fertilizante.

Las corrientes de proteína de los coproductos reciclados eran muy aptas para fabricar adhesivos, debido al gran número de funcionalidades químicas de adherencia con que cuenta. Los adhesivos de origen animal se han usado desde principios del siglo XIX, cuyo consumo llegó a su pico en 1948 con 70 mil toneladas (aproximadamente 2 por ciento del consumo actual de los adhesivos derivados del petróleo). Los adhesivos sintéticos de bajo costo rápidamente se infiltraron en el mercado después de la Segunda Guerra Mundial, haciendo que su competidor de origen animal, técnicamente inferior, fuera económicamente inviable.

#### **Usos futuros de los productos reciclados**

El alto volumen de los productos reciclados generados descarta la investigación en la mayoría de los mercados de alto valor y bajo volumen. Es esencial desarrollar aplicaciones de productos que demanden grandes volúmenes de materia prima para garantizar la viabilidad de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. No se hace diferenciación entre los tipos de sebo o de proteína para usos futuros.

#### **Energía**

Tradicionalmente, los productos reciclados han sido una fuente de proteína, nutrientes y energía convertibles en las industrias de alimentos para consumo animal y humano. Hay métodos físicos y químicos para transformar el valor de energía intrínseco en combustible comercial.

#### *Biodiesel*

En 1898, Rudolph Diesel fue el primero en demostrar su máquina de ignición de compresión en la Exposición Mundial en París. Su fuente de combustible se basaba en aceite de cacahuete (maní), el primer biodiesel. Diesel creía que el combustible de biomasa era una alternativa viable al recurso de la máquina consumir de vapor. Los aceites vegetales se usaban en las máquinas diesel hasta 1920 cuando se le hizo una alteración a la máquina, lo que permitía su uso del residuo del petróleo, lo que se conoce ahora como diesel No. 2.

El biodiesel es un sustituto del combustible diesel que se produce de recursos renovables como los aceites vegetales, grasas animales y aceites reciclados para cocinar. El biodiesel es biodegradable y no tóxico y tiene emisiones significativamente menores que cuando se quema el diesel de petróleo. El biodiesel

funciona en las máquinas actuales de diesel, además de que es un posible candidato para reemplazar a los combustibles fósiles como proveedor importante de la energía mundial para el transporte.

El biodiesel se produce por la transesterificación de las grasas animales tales como el sebo; los triglicéridos reaccionan con el metanol para producir ésteres de metilo y glicéridos. El proceso es típicamente catalizado por el hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH) para aumentar las tasas de reacción. El producto del proceso es un combustible líquido similar al diesel común. El biodiesel tiene un valor calórico bruto de aproximadamente 33.3 megajulios por litro y una densidad de 0.88 kg por litro (Khan, 2002). Una ventaja que ofrece el biodiesel en comparación con otras fuentes de energía (como el metano) es que el combustible resultante ya está en forma líquida y es por lo tanto más fácil almacenarlo y transportarlo. El biodiesel ya se usa ampliamente en todo el mundo. Se mezcla con diesel en la misma forma que el etanol se mezcla con la gasolina. Sin embargo, se ha encontrado que el biodiesel puede mezclarse a concentraciones mucho más altas que el etanol, sin que se requiera de modificaciones de la máquina. La mezcla estándar es 20 por ciento biodiesel, 80 por ciento diesel (Paisley, 2003). Sin embargo, dependiendo de su uso, la producción de biodiesel a partir del sebo ofrece desafíos que no tiene la producción de biodiesel de aceites vegetales tradicionales.

Una desventaja que presenta el biodiesel hecho de sebo como combustible líquido es con respecto a sus propiedades de flujo en frío. La cristalización en los ésteres del sebo (biodiesel) sucede debido a los altos puntos de fusión de los ésteres de los ácidos grasos saturados presentes en el biodiesel (Papadopoulos, 2005). Los biodieseles de sebo de metilo limpio (100%) han mostrado que se cristalizan a temperaturas significativamente más altas que el diesel normal (es decir, hasta 15° C). Esto se atribuye a los altos niveles de ácidos grasos saturados presentes en el sebo de res, que conducen a la producción de estearato de metilo por esterificación (punto de fusión del estearato de metilo es de 39.1°C).

Existen varias opciones para el mejoramiento de las características de flujo en frío que incluyen la mezcla con diesel normal, el uso de alcoholes de cadenas ramificadas y el uso de aditivos. El mezclado con diesel normal es el método actual preferido debido a su simplicidad y practicidad (National Biodiesel Board, 2005). Se ha encontrado que el uso de alcoholes de cadena ramificada en la reacción de esterificación (alcohol isopropilo en lugar de metanol) mejora las propiedades del flujo en frío. El diesel resultante va a comprender al sebo de isopropilo en lugar del sebo de metilo. Esto indica que los ésteres de isopropilo tienen un punto de cristalización de 7°C a 11°C más bajo que los ésteres de metilo producidos de la misma fuente (Wang, 2003). El problema con el uso de los alcoholes de cadena ramificada es el aumento en el costo de la fabricación. Sería ideal el uso de aditivos similares a los usados en el diesel común y corriente. Actualmente, no obstante tales aditivos no existen.

Un método de mejorar las propiedades de flujo en frío del biodiesel es el “winterizado.” Este proceso básicamente involucra la recirculación del biodiesel a través de etapas de enfriamiento y de filtración de los compuestos cristalizados. Este proceso reduce la cantidad de ésteres de metilo saturados (de mayor punto de

fusión), que por lo tanto mejora las características de flujo en frío. No obstante, es impráctico en la producción en masa debido a las grandes cantidades de producto que se pierden durante la filtración y debido a los requisitos de energía que implican con los pasos de enfriamiento repetidos. Obviamente, las mejoras futuras de las características del flujo en frío es probable que provengan de métodos que inhiben la formación y crecimiento de cristales, más que de la eliminación de los componentes de bajo punto de fusión.

*Subproductos de la producción del biodiesel*

El biodiesel se puede producir de grasas animales extraídas mediante el proceso de reciclado. Las grasas producidas por este proceso se pueden dividir en dos grupos: comestibles y no comestibles. Las grasas comestibles es probable que sean objeto de un mayor precio en la industria de alimentos para consumo humano. Los productos de reciclaje no comestibles típicamente son objeto de precios más bajos y pueden ser más aptos para la producción de biodiesel.

Los niveles más altos de ácidos grasos libres (AGL) generalmente significan un menor calidad y valor del sebo. La composición de AGL más altos es probable que requiera de más tratamiento antes de la producción de biodiesel, lo que va a generar un subproducto de la glicerina de más baja calidad. Existen las operaciones comerciales que convierten los AGL a biodiesel en presencia de catalizadores ácido-base, en las que el contenido de AGL es menor a 20 por ciento.

El cuadro 2 es un resumen del balance de masa y energía utilizado para calcular la viabilidad económica de la producción del biodiesel con base en un ternero de 400 kg en el proceso, derivado del balance de masa general.

**Cuadro 2. Balance de masa de la producción del biodiesel.**

	Insumo	Producción	Fuente
Sebo	37.20 kg		Balance general de masa
Metanol	3.72 kg		Estequiometría (Duncan, 2003)
Glicerina		3.72 kg	Estequiometría (Duncan, 2003)
Biodiesel		37.20 kg	Estequiometría (Duncan, 2003)

El principal beneficio sería la conversión de productos reciclados no comestibles de bajo valor a un combustible con un contenido de energía medio de valor más alto. Tal proceso podría reducir la demanda general de energía de la planta o proporcionar un combustible líquido valioso para el transporte y venta. La tasa de producción del biodiesel es casi de 1:1 de la grasa animal que reacciona en términos de peso.

Actualmente, los precios del diesel son lo suficientemente altos como para garantizar una rentabilidad significativa de la industria. Sin embargo, los precios actuales están significativamente arriba de los promedios históricos y un regreso a los promedios históricos haría que la industria fuera no sustentable.

Dado el efecto relativamente bajo del costo de capital en el costo de producción del biodiesel, comparado con el costo del sebo para alimentos

balanceados, la viabilidad económica en el futuro no va a aumentar por los mejoramientos tecnológicos en el proceso. La viabilidad futura de la producción de biodiesel se va a ver determinada por el precio del combustible diesel normal y el costo del sebo como materia prima. Adicionalmente, la viabilidad económica a largo plazo de la producción de biodiesel se va a ver afectada por las disposiciones fiscales para combustibles alternativos. En general, la viabilidad de los combustibles de biodiesel está altamente influida por las tendencias del mercado, debido a la baja proporción de costo de capital de la inversión y a los precios tan variables de las secciones de alimento balanceado y de producto. La alternativa relativamente barata del gas natural para el calentamiento de la planta y la necesidad de desgravamiento o de precios altos sostenidos del diesel afectan la viabilidad de las inversiones en el biodiesel.

Dada la inestabilidad política de las naciones petroleras del Medio Oriente el costo a largo plazo del petróleo (y por lo tanto del diesel) no se pueden predecir de manera fidedigna, lo que de esta manera aumenta el riesgo potencial de la inversión. Aunque el mercado del sebo sigue ahí, los productores de carne que producen sebo de las operaciones de reciclaje estarían mucho mejor si lo pudieran vender, posiblemente a un productor de biodiesel centralizado, de continuar la tendencia actual del aumento de los precios del petróleo, en lugar de enfrentarse a los posibles riesgos económicos relacionados con la misma producción de biodiesel. Los recicladores pueden obtener beneficios de la producción de biodiesel de una planta centralizada y aprovechar los beneficios de las economías de escala en forma de los mayores precios del sebo, sin incurrir en costos operativos ellos mismos.

Los costos operativos de la producción de biodiesel calculados en “Potential Feedstock Supply and Costs for Biodiesel Production” (Nelson, 1994) indican que la mayoría de los costos operativos relacionados con la producción típica de biodiesel es el costo de la materia prima (aceites y grasas). El costo del metanol, mano de obra, catalizador y conexos se consideró como muy bajo; en este estudio el costo de la materia prima se calculó en 85.8 por ciento de los costos operativos totales al año.

La utilización de esta tecnología depende mucho del tipo de reciclaje que utilice la planta, y por lo tanto la posible contribución al proceso de producción de biodiesel. Al considerar la evaluación de Nelson (1994), la viabilidad económica del sebo para una operación de biodiesel depende más en el costo de las materias primas principales. Por esta razón, la planta que produce sebo de alta calidad y alto valor capaz de vender para propósitos comestibles es mucho más probable que se beneficie de esta tecnología, que la que produce sebo de baja categoría para alimentación del ganado.

#### *Producción de hidrógeno del glicerol*

El glicerol es un importante subproducto de la producción del biodiesel vía la esterificación de las grasas animales. Aunque el glicerol tiene sus usos en la fabricación del jabón y otros químicos, se espera que su valor disminuya en los siguientes años como resultado de la mayor producción de biodiesel en el mundo. El Departamento de Energía de Estados Unidos predijo en 2004 que la producción de biodiesel podría llegar a los 7,570 millones de litros (2 mil millones de galones)

al año después de echarse a andar los incentivos de energía renovable. Este nivel de producción de biodiesel resultaría en la coproducción de 908 mil toneladas (2 mil millones de lb) de glicerol al año. El *Chemical Market Reporter* declaró también en 2004, que la demanda mundial de glicerol era de 224,276 toneladas (494 millones de lb). Esta expectativa de que la oferta vaya a sobrepasar a la demanda que resulta en menores precios de glicerol da la justificación para explorar usos alternativos, dado que la viabilidad económica del proceso de producción de biodiesel es la parte menos dependiente de la venta de glicerol.

De esta manera, se necesitan desarrollar aplicaciones completamente nuevas para el glicerol. Un proceso prometedor implica la reformación de la fase acuosa de glicerol para producir hidrógeno (Liu, 2005). El hidrógeno es un combustible limpio y materia prima para las industrias de la energía y de los químicos industriales. Una de las ventajas de este proceso es que la reacción de reformación y la reacción de cambio de agua / gas son termodinámicamente favorables en condiciones operativas similares. Como resultado, es posible que se lleven a cabo las reacciones en este proceso en un sólo recipiente. Liu (2005) indica que una temperatura óptima para la reformación es de aproximadamente 250°C, y bajo estas condiciones el gas producido del reformador contiene 63.8 por ciento de hidrógeno y 33 por ciento de dióxido de carbono mientras que el resto es etileno y metano. Este gas se podría usar en sistemas de combustión, tal y como está; sin embargo, la absorción de variación de presión se puede usar para generar una corriente pura de hidrógeno y una corriente pura de dióxido de carbono que representarían productos más valiosos. El beneficio de esta operación es la conversión de glicerol a un producto más valioso: el hidrógeno. El hidrógeno se puede usar como materia química para la producción de amoníaco o metanol. La producción de metanol puede ser de particular interés ya que es uno de los reactivos que se requieren para la producción del biodiesel en las primeras etapas. El hidrógeno se puede usar también como combustible en celdas. Dados los beneficios ambientales de las celdas o células de combustible en comparación con las máquinas de combustible interna estándar, es probable que la demanda de hidrógeno puro pueda aumentar en el futuro, por lo que es probable que la reformación de glicerol sea el método más costeable de producir hidrógeno puro de una fuente de combustibles no fósiles. El subproducto de dióxido de carbono puro también tiene valor en la industria alimenticia y como refrigerante en la industria cárnica. Su suministro, sin embargo, es relativamente abundante. Cabe hacerse notar que aunque el proceso tiene una corriente de salida del dióxido de carbono, aún se considera neutral en carbonos en lo que se refieren a los gases de efecto invernadero. Esto se debe a que el carbón liberado se absorbió previamente durante la creación de la materia orgánica en lugar de que saliera de los combustibles fósiles. Finalmente, la viabilidad de este proceso depende del valor del alimento balanceado, el glicerol, que se espera que disminuya con el exceso futuro.

### **Uso de la harina de carne y hueso**

Los ingresos por harina de carne y hueso (HCH) son un aspecto importante para la rentabilidad de las operaciones de reciclaje y la industria cárnica en general.

Las ramificaciones de una prohibición total de alimento necesitan una consideración especial. Si se hecha a andar una prohibición de alimento, va a ser básico tener posibilidades alternativas rentables para el uso del HCH.

*Pirólisis*

La pirólisis es una tecnología similar a la gasificación. Sin embargo, la pirólisis se realiza en ausencia del aire y el producto es un líquido en lugar de un gas. El producto de la pirólisis se llama bioaceite y tiene una capacidad de calentamiento del valor de alrededor de 16 a 19 megajulios por kg (Paisley, 2003). Los índices de rendimiento del bioaceite se mejoran fuertemente al proporcionar calor a una tasa más rápida en el reactor, lo que a su vez mejora la tasa de reacción de la pirólisis. Esta reacción es una pirólisis térmica rápida, o RTP. Para poder lograr estas tasas de reacción rápidas, el alimento por lo general se muele en partículas pequeñas, de menos de dos milímetros (Paisley, 2003). Para poder ayudar a la velocidad de reacción y disminuir el contenido de humedad del bioaceite, el alimento típicamente necesita un contenido de humedad de menos del 15 por ciento. Tal vez se requiera de la reducción del tamaño de partícula y de la tecnología de secado, dependiendo del desperdicio a tratar.

**Cuadro 3. Balance de masa de la pirólisis: producción del insumo de 32 kg de HCH (rendimiento aproximado de un ternero).**

	<b>Producción</b>	<b>Fuente</b>
bioaceite	20 kg	Con base en 560 L/ton de insumo (Wisconsin Biorefining)
Carbón	8 kg	Con base en 15 - 25% de rendimiento (DynaMotive)
Gases no condensables	4 kg	Con base en 10 - 15% de rendimiento (DynaMotive)

El cuadro 3 es un resumen del balance de masa utilizado para calcular la viabilidad económica de la pirólisis con base en un ternero de 400 kg de insumo al proceso, derivado del balance de masa general.

El principal potencial de la pirólisis es la producción de un combustible líquido apto para su almacenamiento y transporte. Una ventaja de esa tecnología en comparación con los otros métodos de extracción de energía de las corrientes de desperdicio son las condiciones operativas más ligeras, típicamente alrededor de 500°C, en comparación con los 800°C a 900°C para la gasificación, y los tiempos de procesamiento muy cortos comparados con las varias semanas que se requieren para la digestión anaeróbica.

La inversión de capital que se requiere para esta tecnología es similar a la de la gasificación, ya que ambas requieren de una cámara de combustión de cama fluidizada. Los materiales de construcción pueden ser más baratos para la pirólisis, dadas las temperaturas operativas más bajas. Habrán costos de capital más grandes

si se hace necesario el secado o reducción de tamaño. Los costos de capital calculados varían y dependen mucho de los requisitos del pretratamiento del alimento. McArthur (1996) indica que la porción de costos de capital atribuible al horno es relativamente pequeña, mientras que los costos de la preparación del material, del secado y del pretratamiento representan aproximadamente la mitad del costo de capital. Como es de esperarse, las condiciones de procesamiento actuales, y por lo tanto, los alimentos potenciales van a dictar en mucho la viabilidad.

El rendimiento de bioaceite se espera que sea alrededor de 560 litros por tonelada de alimento seco (Wisconsin Biorefining Development Initiative), con un valor calorífico de 16 a 19 megajulios por kg (Paisley, 2003). Debido a la reciente escalada en el precio del petróleo, puede estar garantizado el análisis de su uso como combustible líquido; no obstante, su densidad relativamente baja de energía y la incompatibilidad con las máquinas de combustión interna estándar puede causar problemas. Su viabilidad económica general también depende de los usos alternos de su materia prima, particularmente en relación a la pirólisis de la HCH, que actualmente es un producto alimenticio de gran valor. De casualidad, la HCH típicamente es un polvo fino y tiene un contenido de humedad muy bajo de alrededor del 5 por ciento, lo que la hace un producto ideal para la pirólisis. El análisis financiero básico indica que no es viable este uso de la HCH, cuyo proceso no se considerará mientras prosiga el mercado del HCH como ingrediente de alimentos para animales.

La tecnología más madura y apta para la implementación dentro de la industria del procesamiento de carne es un reactor de cama fluidizada. Desafortunadamente, los requisitos de tamaño pequeño de producto (se requieren de partículas pequeñas para ayudar a la tasa de reacción) pueden representar un problema en consideración para la energía que se requiere para la reducción de tamaño de partícula, con excepción del HCH. La tecnología de cama fluidizada es bien conocida y podría escalarse del tamaño de demostración actual al tamaño comercial.

Pocas compañías han construido y operado una biomasa comercial de una planta de bioaceite que utilice tecnología RTP. El éxito comercial de estas operaciones se basa en la generación de productos múltiples:

- Productos químicos de mayor valor extraídos del bioaceite
- Bioaceite para usos energéticos de menor valor
- Carbón para uso interno de energía, o para la venta.

La clave para el éxito comercial parece ser la extracción de subproductos químicos de valor más alto que se encuentran naturalmente durante la pirólisis de la biomasa, además del bioaceite en sí mismo. Además, la biomasa de la materia prima utilizada en este proceso es generalmente del producto de desperdicio de la madera. Están garantizadas las investigaciones de posibles subproductos que pudiera haber de la pirólisis de biomasa típica de mataderos.

#### *Digestión anaeróbica*

La digestión anaeróbica no desactiva los patógenos, ya que la temperatura máxima que se logra en la formación de composta comercial está por debajo de lo necesario para la inactivación de patógenos y del prion de la encefalopatía

espongiforme bovina (BSE). La HCH puede requerir tratamiento térmico previo (pasteurización) para poder cumplir con las reglamentaciones de uso. La pasteurización de una corriente de ese tamaño incurriría en costos adicionales significativos para el proceso de digestión anaeróbico. La materia prima también requeriría de enfriamiento e inoculación con bacterias frescas para que continúe la digestión. La digestión anaeróbica produce metano, gas dióxido de carbono y fertilizante, por lo que es posible que la presencia de materiales de “alto riesgo” (es decir, cerebro, médula espinal, etc.) no se permita que entren a la corriente del proceso, ya que el fertilizante podría encontrar su camino de regreso hacia el sistema ecológico.

#### *Coincineración/Incineración*

En Europa se pueden encontrar ejemplos del coincineración/incineración de la HCH; Lagan Cement, Ltd. tiene planes de coincinerar hasta 45 por ciento de HCH con carbón en sus hornos. Castle Cement también tiene planes de sustituir una parte del carbón con HCH. Esta sustitución ofrece varias ventajas comparado con otras opciones de eliminación. No sólo proporciona un método de recuperación de energía, sino que reduce las emisiones netas de gases de efecto invernadero al reemplazar el carbón con un combustible de “carbón neutral”. El combustible de carbón neutral es un combustible derivado de biomasa. Se considera carbón neutral porque el carbón liberado de la combustión es absorbido de la atmósfera durante el crecimiento del organismo. Como se mencionó, el tratamiento a altas temperaturas ha mostrado tener los mejores resultados en la desactivación del prión de la BSE (USDA, 2005). Otra ventaja es que la ceniza resultante se incorpora al producto de cemento final. Por lo tanto, se reduce la cantidad de desperdicios sólidos que termina en los rellenos sanitarios.

#### *Inclusión de harina de carne y hueso en las mezclas de construcción de cemento y asfalto*

Parece que la aplicación de HCH en el cemento y asfalto para la construcción puede ser algo promisorios y garantiza que haya más investigaciones. Las aplicaciones más interesantes pueden hacerse más atractivas con la utilización de un producto de harina fraccionada.

La solución a corto plazo más atractiva está en el desarrollo de aplicaciones en la construcción. Como se mencionó, el valor calorífico de la HCH hace que sea marginal la economía de la recuperación energética, aunque estas dos soluciones son mucho más atractivas que el gasto de eliminar en un relleno sanitario.

Se anticipan pocos problemas del uso de la HCH en las aplicaciones de construcción. Las cuestiones ambientales percibidas de la recuperación de energía a través de la incineración pueden generar una opinión pública negativa y una considerable presión para cerrar esta forma de eliminación.

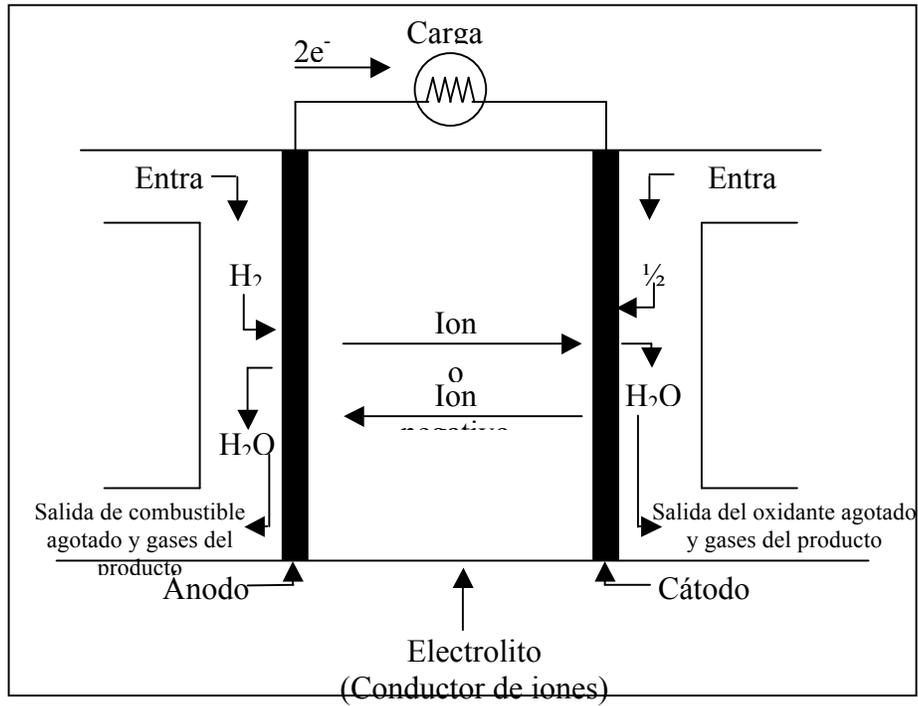
#### **Generación de electricidad a través de la tecnología de celdas de combustible**

*Aplicaciones de celdas de combustible*

Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos que convierten la energía química directamente a electricidad. Las celdas de combustible ofrecen una ventaja inherente significativa en comparación con los ciclos de combustión típicos. En una máquina de combustión interna típica, la eficiencia se pierde debido a la conversión de la energía química almacenada, primero a energía térmica, luego a energía mecánica y finalmente a electricidad. Las celdas de combustible tienen el potencial de eficiencia significativamente mejor que las máquinas de combustión interna, ya que no están sujetas a las limitaciones de eficiencia del ciclo Rankine/Carnot. Existe el concepto erróneo común de que las celdas de combustible son portadoras de energía, como las baterías. De hecho, son convertidores de energía, similares en aplicación a las calderas o máquinas, aunque tienen una conversión más directa de la energía almacenada del combustible a electricidad. En teoría, la celda de combustible puede continuar produciendo energía indefinidamente si se proporciona una corriente de combustible, como el hidrógeno, de manera constante. Sin embargo, una batería no puede producir energía cuando se gasta la energía química almacenada. Esto es un atractivo obvio para prácticamente cualquier proceso de consumo de energía. Una eficiencia de conversión más alta de energía química almacenada a electricidad trae consigo una reducción de los costos operativos. El problema que tienen las celdas de combustible comercialmente hablando está relacionado a los costos muy altos de instalación y procesos que típicamente son más complicados y sensibles a la variación que la generación de energía estándar.

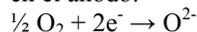
Se espera que disminuyan los problemas de fiabilidad y costo de capital conforme aumente la demanda de energía alterna, para así permitir a los fabricantes aprovechar las economías de escala y el mayor volumen. Con una mayor demanda, los fabricantes esperan que se puedan optimizar sus procesos de producción. Se está llevando a cabo mucha investigación con respecto a las configuraciones de celdas de combustible y los materiales de construcción para poder reducir los costos de capital.

Figura 1. Configuración de una celda básica de combustible de Hydrogencommerce.com.

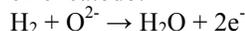


La figura 1 muestra la configuración básica de una celda. Las reacciones electromecánicas que suceden dentro de ellas son:

en el ánodo:



en el cátodo:



con la reacción general de las celdas:



Para poder producir energía de la celda, se requiere de una fuente constante de hidrógeno y de oxígeno. De particular interés, en términos de aplicaciones a la industria cárnica, es la integración de una tecnología de celdas de combustible con la digestión anaeróbica. A diferencia de otras opciones de conversión de energía, las celdas de combustible no pierden eficiencia al reducir el tamaño de la unidad. Una aplicación inmediata para la industria es la conversión del metano generada por digestión anaeróbica a energía, dióxido de carbono y agua.

Es de esperarse que la celda de combustible opere a temperaturas suficientemente altas como para facilitar la reformación de metano a hidrógeno y dióxido de carbono dentro de la celda de combustible. Hay opciones de celdas de combustible de baja temperatura que pueden operar con un paso de reformación externo. Hablando de manera general, se requiere aún de investigación para cuantificar el desempeño y la durabilidad de la celda de combustible reformado interna de alta temperatura impulsada con metano.

Es de esperarse que sean de gran interés las celdas de combustible de alta temperaturas. La demanda creciente de celdas de combustible va a corresponder al aumento en la demanda de los catalizadores de metales preciosos que se requieren para la operación de celdas de combustible de baja temperatura. Típicamente, se requieren catalizadores de platino para celdas de combustible de baja temperatura, mientras que el níquel o la perovskita pueden usarse para catalizar las celdas de combustible de alta temperatura.

#### *Proteínas para plásticos*

La demanda y uso de plásticos ecológicos fabricados de recursos renovables está en aumento anualmente. En la actualidad, las tecnologías más maduras utilizan almidones de trigo y de maíz, proteínas de soya y ésteres derivados de aceites como materias primas.

Hay pocos plásticos biodegradables producidos comercialmente que sean competitivos en el precio con los plásticos tradicionales derivados del petróleo, tales como el polietileno y el poliestireno. Por lo general se requiere de legislación, en forma de impuestos ambientales, para darle al plástico biológico un margen competitivo. El plástico biológico derivado de procesos de la fermentación (como los plásticos hechos de proteína) generalmente son más caros que los que se fabrican a través de procesos químicos. Las bajas tasas actuales de conversión de

proteína a plásticos biológicos son un obstáculo significativo para que sean competitivos en precios.

Los plásticos más biodegradables son mecánica e inherentemente inferiores al polietileno y poliestireno. No obstante, el polietileno y el poliestireno están significativamente “sobrediseñados” para la mayoría de las aplicaciones. Por ejemplo, la bolsa de compras de plástico se puede llenar con productos hasta un punto en que es difícil levantarla, aunque la bolsa permanece intacta.

Una amplia gama de proteínas se pueden y se han usado para producir empaques biodegradables o comestibles y recubrimientos para productos alimenticios, farmacéuticos e industriales. Por ejemplo, el intestino delgado (predominantemente colágeno) fue el empaque original de los embutidos. Un libro recientemente editado por Gennadios (2002) proporciona una revisión integral de la materia. El formado se basa principalmente en el vaciado de disolventes, con agua, agua ácida, agua alcalina, o etanol acuoso como disolvente (dependiendo del tipo de proteínas). Se utiliza la extrusión para los productos de colágeno: una suspensión acuosa acidificada y purificada se extruye en un baño coagulante. La extrusión termoplástica, como la que se usa comúnmente en la industria del plástico, no se emplea para las películas a base de proteína. Sin embargo, existen pruebas de que algunas proteínas pueden mostrar propiedades termoplásticas; la inducción de estas propiedades para permitir el uso de tecnología de extrusión más “tradicional” es una de las áreas de investigación (Gennadios, 2002).

Las películas de proteínas en sí mismas tienden a ser bastante quebradizas, de tal manera que se puede usar una amplia gama de plastificantes, como el glicerol, el propilenglicol, el trietilenglicol, el sorbitol, la sacarosa y el polietilenglicol. El uso de plastificantes tiende a disminuir la dureza de la película y la resistencia a la tracción, al mismo tiempo que se incrementa la elasticidad y permeabilidad. Las propiedades de las películas de proteína también se pueden modificar al hacer enlaces cruzados de moléculas de proteína y modificar la estructura molecular con varios procesos físicos y químicos, tales como el calor, la presión, el corte, la irradiación y el tratamiento ácido o alcalino.

En general, la naturaleza hidrofílica de las películas de proteínas significa que tienen pocas propiedades de barrera contra la humedad, aunque su modificación estructural o la adición de ceras o lípidos puede disminuir la tasa de transmisión de vapor de agua (Tharanathan, 2003). Tienden también a tener malas propiedades mecánicas en comparación con las películas sintéticas y las basadas en polisacáridos. No obstante, en aplicaciones de humedad relativa baja a media puede proporcionar excelentes barreras al oxígeno, aroma y aceites.

Para poder tener éxito, necesita resolverse el principal problema técnico de la estabilidad de la película bajo procesamiento térmico. Necesita resolverse el principal desafío técnico de la estabilidad térmica de una proteína durante el procesamiento para poder desarrollar una capacidad de producción importante.

#### *Hidroxiapatita como catalizador*

La hidroxiapatita (HAP) se encuentra en los huesos de las piernas de alta densidad de ganado, ovejas y cabras. Algunos de los usos actuales de la HAP sintética son como absorbente, como catalizador y sustrato dental, y como sustituto

del hueso. Claramente, la percepción del público elimina el uso de productos animales en aplicaciones biomédicas, de ahí que las aplicaciones fundamentales de la HAP sean como un catalizador y absorbente.

El mercado de tubos de escape de automóviles de catalizador sólido y las celdas de combustible es un área de alto valor añadido que parece tener crecimiento futuro en el crecimiento potencial del sector de la nanotecnología. Hay experiencias anteriores en el uso de la HAP sintética como apoyo de catalizador (por ejemplo, Lewis et al. (U.S. Patent Office, 2003)). Sin embargo, la especificidad catalítica difiere entre las diversas formas del material. Esta especificidad puede permitir a la HAP derivada de animales diferenciarse de su rival sintético.

La búsqueda de patentes sobre la materia revela un gran número de referencias con relación a los diferentes usos de la HAP. La libertad de operación va a depender de encontrar el camino a través de laberinto de patentes japonesas publicadas en los últimos años.

Va a ser difícil penetrar y desarrollar el mercado médico para humanos para huesos reconstruidos y aplicaciones dentales. Los mercados no humanos de la cerámica de HAP y catalizadores eliminan el impacto de la salud percibido con el contacto humano. En este paso hay muy poca información en el dominio público para llegar a la conclusión de futuras oportunidades. Sin embargo, existe un área de aplicación de riesgo moderado con el potencial de añadir valor a la cadena de coproductos del HCH. La investigación clave y los desafíos de desarrollo son:

- Escalamiento del proceso
- Variación natural en las materias primas
- Pruebas de desempeño contra las alternativas sintéticas.

Si la HAP puede llenar incluso a una aplicación nicho en el mercado de cerámicas o de catalizadores, la demanda de su oferta tendría un impacto considerable sobre la industria de coproductos.

#### *Proteínas como adhesivos*

Como se mencionó anteriormente en este capítulo, las corrientes de proteína de los coproductos reciclados van muy bien con las aplicaciones de adhesivos, debido al gran número de funcionalidades químicas para la adherencia. El principal mercado objetivo es para las formulaciones de adhesivos a base de proteínas que pueden actuar como sustitutos de las resinas de formaldehído, y particularmente, las resinas de urea-formaldehído en aplicaciones para adhesivos de productos de mezclas de maderas, tales como la madera laminada, madera comprimida, y los aditivos químicos para la fabricación de papel y recubrimientos. Los adhesivos a base de proteínas animales se pueden derivar de la sangre animal, aunque algunos involucran el uso de proteínas específicas principalmente seleccionadas del colágeno y la albúmina sanguínea.

El uso de proteína de desecho como materia prima en la fabricación de adhesivos para las mezclas de madera ha sido tema de un amplio estudio en muchos países en los últimos 50 años. A pesar de este hecho, hay pocos usos, si es que los hay, a gran escala de las proteínas animales de desecho en esta forma.

La mayor parte de los adhesivos de menor fuerza, que no resistentes al agua se encuentran en la parte más baja de la escala de costos y encuentran su uso

en productos de construcción de interiores, principalmente en pisos. El valor relativamente bajo de la mayor parte de los productos adhesivos junto con los costos de transformar la proteína animal de desecho a una forma que sea apta para su uso en la formulación de adhesivos hace que este uso no sea económicamente atractivo.

En comparación con los adhesivos de mezclas de maderas, se ha explorado muy poco la posible aplicación de los productos de proteína animal de desecho para fabricar papel y cartón. Se combinan los importantes defectos de desempeño en muchos químicos que actualmente se usan y su alto valor relativo para hacer este un posible producto atractivo para las proteínas de desecho.

La barrera para las aplicaciones en el mercado de mezclas de madera es la baja resistencia al agua inherente de los adhesivos a base de proteína y el deterioro biológico acelerado resultante del producto. Las investigaciones en los procesos de enlaces cruzados y la adición de reactivos o la modificación de grupos funcionales puede superar algún aspecto de los adhesivos de la mala resistencia al agua, pero es poco probable que produzcan una resina epóxica que se parezca a las resinas sintéticas, ya sea en desempeño o en costo. Existe el potencial real en papel y cartón para empaque de almacenamiento de corto plazo (uno a tres meses).

Los adhesivos se usan para reducir la deformación (fatiga o falla progresiva dependiente del estrés) en las cajas apilables, pero como resultado el contenedor no se puede reciclar. Cada vez hay más presión para reciclar todas las formas de papel. Existe el problema adicional de que las cajas de cartón recicladas muestran cuatro veces más deformación (U.S. Patent Office, 2003). Si los adhesivos a base de proteína sustituyen a la versión actual no reciclable, la inoculación con una proteasa (para hacer el adhesivo hidrosoluble) podría hacer posible el reciclaje del artículo utilizado.

Las investigaciones con éxito y en el desarrollo de los agentes de enlaces cruzados que reducen significativamente la deformación general en las cajas recicladas haría que los adhesivos a base de proteínas animales de desecho fueran una realidad comercial. La eliminación de formaldehídos, particularmente de las formulaciones interiores es un paso muy positivo hacia la percepción pública. Para ir hacia lo ecológico y el hecho de que este adhesivo podría fabricarse de una corriente de desecho se combinaría para dar una ventaja comercial significativa sobre los productos tradicionales.

El mercado del empaque de cartón tendría el mayor uso de producto, por lo que el desarrollo de un adhesivo apto para esta aplicación generaría una mayor demanda de los coproductos de proteína.

### **Incentivos para el descubrimiento**

El preámbulo de la conferencia de inauguración del Clemson University Animal Co-Products Research and Education Center (abril 2006) plantea que “es imperativo para la sociedad que la industria de reciclaje permanezca viable”. Como se consigna en el primer capítulo de este libro, “Visión general de la industria del reciclaje”, la disponibilidad de productos reciclados para alimentos de animales en el futuro depende de las reglamentaciones y del mercado. Las reglamentaciones futuras con relación a la bioseguridad y a la protección ambiental tienen el potencial

de restringir el acceso al mercado tradicional de los coproductosreciclados. De ahí que sea esencial que se descubran, investiguen y desarrollen nuevas aplicaciones y formas de disposición rentables de los coproductos en procesos comerciales viables y se adopten ampliamente por parte de la industria para poder mantener el reciclaje de subproductos de origen animal como un servicio viable y valioso para el sector del procesamiento de la carne.

## Bibliografía

- California Department of Food and Agriculture. 2006. Beef by-products. [www.cdffa.ca.gov/ahfss/mpi/by\\_products.htm](http://www.cdffa.ca.gov/ahfss/mpi/by_products.htm)
- Duncan, J. 2003. Costs of Biodiesel Production. Energy Efficiency and Conservation Authority, New Zealand. [www.eeca.govt.nz/eeca-library/renewableenergy/biofuels/report/cost-of-biodiesel-production-03.pdf](http://www.eeca.govt.nz/eeca-library/renewableenergy/biofuels/report/cost-of-biodiesel-production-03.pdf).
- DynaMotive. 2006. [www.DynaMotive.com](http://www.DynaMotive.com).
- Freel, B., and R. Graham. 2000. Commercial Bio-oil Production via Rapid Thermal Processing. Ensyn Group, Boston. [www.ensyn.com/info/11122000.htm](http://www.ensyn.com/info/11122000.htm).
- Gennadios, A. 2002. *Protein-based films and coatings*. 1<sup>st</sup> ed. CRC Press.
- Grummer, R.R. 1992. Chapter 6: Inedible Fats and Greases. *Inedible Meat By-Products*. Eds. Pearson, A.E. and T.R.Dutson. Elsevier Applied Science, London and New York. pp. 113-148.
- Hanlon, J., R. J. Kelsey, and H. E. Forcinio. 1998. *Handbook of Package Engineering*. 3<sup>rd</sup> ed. CRC Press.
- Khan, A. 2002. Research into Biodiesel Kinetics and Catalyst Development. The University of Queensland.
- Liu, B., Y. Zhang, J.W. Tierney, and I. Wender. 2005. Hydrogen by Catalytic Reforming of Glycols. Department of Chemical Engineering, University of Pittsburgh.
- McArthur, K. 1996. Financial Feasibility Analysis of Alternative Potential Biomass Based Products. University of Nevada, Reno. [www.ag.unr.edu/uced/reports/technicalreports/fy1995\\_1996/9596\\_12rpt.pdf](http://www.ag.unr.edu/uced/reports/technicalreports/fy1995_1996/9596_12rpt.pdf)
- National Biodiesel Board. 2005. Cold weather blending study. [www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/20050728\\_Gen-354.pdf](http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/20050728_Gen-354.pdf)
- Nelson, R.G., S.A. Howell, and J. Weber. 1994. Potential Feedstock Supply and Costs for Biodiesel Production. Presented at the sixth national bioenergy conference in Nevada, October 2-8. [www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/19941006\\_gen-290.pdf](http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/19941006_gen-290.pdf)
- Paisley, M. 2003. Biomass Energy. Kirk-Othmer Encyclopaedia of Chemical Technology.
- Papadopoulos, E., and S. Clarke. 2005. Modification of Tallow for Better Performance as Biodiesel. Flinders University, Adelaide, Australia.
- Pearl, G.G. 2003. Non-feed, non-food applications for animal by-products. *Render*. 32(1):22-25.
- Tharanathan, R.N. 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trend in Food Science and Technology*. 14:71-78.
- USDA. 2005. General Guidelines for the Disposal of Carcasses. [www.aphis.usda.gov/NCIE/oie/pdf\\_files/tahc-carcass-disp-jan05.pdf](http://www.aphis.usda.gov/NCIE/oie/pdf_files/tahc-carcass-disp-jan05.pdf).
- U.S. Patent Office. 1996. Patent number 5569482, Process for producing edible proteinaceous film.
- U.S. Patent Office. 2003. Patent number 6544439, Low coke formation catalysts and process for reforming and synthesis gas production.

- Wang, P. 2003. The production of isopropyl esters and their effects on a diesel engine. Iowa State University. [www.me.iastate.edu/biodiesel/Technical%20Papers/Wang%20Intro.pdf](http://www.me.iastate.edu/biodiesel/Technical%20Papers/Wang%20Intro.pdf).
- Wang, Y., and G.W. Pauda. 2003. Tensile Properties of Extruded Zein Sheets and Extrusion Blown Films. *Macromolecular Materials and Engineering*. 228:886-893.
- Wisconsin Biorefining Development Initiative. 2006. [www.wisbiorefine.org](http://www.wisbiorefine.org).

Ilustración de un periódico de 1884.



Vehículo y conductor de los primeros recicladores.



## **ASUNTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL**

Gregory L. Sindt  
Ingeniero Ambiental  
Bolton and Menk, Inc.

### **Resumen**

La industria del reciclado de subproductos de origen animal tiene un impacto positivo importante sobre la calidad ambiental. El procesamiento de la materia orgánica de bajo valor económico de las industrias de la producción ganadera, el procesamiento de la carne, el procesamiento de alimentos y del servicio de alimentos por parte de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal reduce la cantidad de desperdicios que se depositan en los rellenos sanitarios y que se descargan a las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales. El reciclaje de animales muertos de la producción ganadera reduce el riesgo de la contaminación de los mantos freáticos y los problemas de salud pública que se relacionan con la eliminación inadecuada de la mortalidad.

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal cuenta también con el potencial de producir un impacto negativo sobre la calidad ambiental. Aunque la mayoría de las instalaciones de reciclaje no producen desechos peligrosos, el manejo y el procesamiento de la materia prima orgánica produce cantidades importantes de subproductos biodegradables indeseables que pueden tener un impacto fuerte sobre la calidad del agua y del aire. Las modernas plantas de reciclaje tienen procesos de tratamiento y equipo de control sofisticados para mantener las emisiones del agua y el aire a niveles aceptables. Los sistemas de control de emisiones del agua y el aire requieren de importantes cantidades de capital y de costos operativos de la planta.

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal opera bajo varios conjuntos de reglamentaciones ambientales. Además del control gubernamental bajo las reglamentaciones federal, estatal y local, la industria del reciclaje también está sujeta a presiones de los grupos de intereses ambientales y de los ciudadanos en particular. Se ha hecho cada vez más difícil situar nuevas plantas y garantizar el cumplimiento de todas las reglamentaciones ambientales, conforme continúan en aumento el número y la complejidad de reglas y reglamentaciones, así como de asuntos legales ambientales.

Muchos de los miembros de la industria del reciclaje dependen de las organizaciones de industria y comercio, tales como la National Renderers Association (NRA) y el American Meat Institute (AMI), y sus comités ambientales para el monitoreo del desarrollo de las políticas y reglamentaciones ambientales.

El desarrollo del concepto del sistema de manejo ambiental (EMS) es un paso adelante en la autorregulación y en las mejoras de la calidad ambiental echadas

a andar a escala de la planta. Los programas EMS están impulsados por las agencias de reglamentación ambiental, entre las que se incluyen a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

La reglamentación ambiental va a ser más estricta y el cumplimiento va a ser más complejo y caro conforme se regulen en el futuro más contaminantes del agua y el aire. La reglamentación de las emisiones de gases de invernadero y de amoníaco al aire y las descargas de nitrógeno total, fósforo y de sólidos disueltos en las aguas residuales van a ser desafíos para el futuro cercano. La reglamentación de otros contaminantes desconocidos en este momento, sin duda se van a desarrollar en respuesta a la investigación ambiental y a los problemas ambientales reales y percibidos.

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal ha participado voluntariamente en proyectos de investigación y estudios de la industria de la EPA. Este tipo de trabajo cooperativo, en lugar de las relaciones de confrontación tradicionales con los legisladores, está conduciendo al desarrollo de reglas, reglamentaciones y políticas federales que se basan en la aplicación de tecnologías de control económicamente factibles y confiables para proporcionar una protección ambiental adecuada.

### **Asuntos de aguas residuales**

Las plantas de reciclaje generan volúmenes importantes de aguas residuales. Las aguas residuales contienen contaminantes que son relativamente bajos en el riesgo ambiental a largo plazo, pero que no se pueden liberar directamente en ríos, arroyos o lagos sin el tratamiento adecuado. Las descargas de aguas residuales están reglamentadas por las leyes y reglamentaciones federales, estatales y locales.

#### *Preocupaciones ambientales*

Hay cuatro categorías básicas de preocupaciones ambientales con respecto a las aguas residuales que generan y descargan las plantas de reciclaje: protección de la vida acuática, protección de la salud humana y animal, protección de la estética de arroyos receptores y protección de la calidad del suministro de agua. La protección de la vida acuática requiere de la atención y el gasto más importante en el tratamiento de las aguas residuales.

La limitación de la descarga de materia orgánica logra la protección de la vida acuática del bajo oxígeno disuelto en arroyos, río abajo de las descargas de aguas residuales. Las bacterias utilizan la materia orgánica como fuente alimenticia en los arroyos. Conforme las bacterias consumen la materia orgánica, consumen oxígeno. Si la tasa de consumo de oxígeno de las bacterias excede la tasa en que el oxígeno se disuelve en el arroyo, va a disminuir la concentración del oxígeno disuelto y se morirán los peces debido a la falta de oxígeno disuelto. Los peces muertos debido a una cantidad inadecuada de oxígeno disuelto río abajo de las descargas municipales e industriales inadecuadamente tratadas eran muy comunes antes de la construcción a gran escala de las plantas de tratamiento biológico de aguas residuales en Estados Unidos en la década de 1970 y 1980.

La demanda bioquímica carbonácea de oxígeno (CBOD) y la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) son métodos para medir la concentración de materia orgánica. El CBOD y el BOD son las cantidades de oxígeno consumido por los microorganismos conforme utilizan los contaminantes como fuente alimenticia durante una prueba de laboratorio de cinco días. Los resultados se expresan en términos de miligramos por litro (mg/l), o partes por millón de oxígeno consumido durante la prueba de cinco días.

El BOD se ha utilizado durante varias décadas como la medida de concentración orgánica. El CBOD es similar al BOD, pero la reacción del nitrógeno orgánico se bloquea en la prueba de CBOD. Se supone que en la prueba de BOD la cantidad de reacción de nitrógeno es insignificante cuando se analizan aguas residuales de baja potencia. Las concentraciones de BOD y CBOD son similares en las aguas residuales que tienen bajas concentraciones de nitrógeno. La reacción de los compuestos nitrogenados durante la prueba de BOD pueden ser significativa en aguas residuales con altas concentraciones de amoníaco y nitrógeno orgánicos, tales como las de las plantas de reciclaje. Por lo tanto, es preferible el uso de CBOD en lugar del BOD en estas aguas residuales. La concentración de CBOD siempre es menor que la de BOD. Las aguas residuales de las plantas de reciclaje tienen concentraciones de CBOD en el intervalo de 4,000 a 10,000 mg/l. Las limitantes típicas de CBOD para descargas en arroyos son de 10 a 25 mg/l.

El amoníaco se produce de la degradación biológica de las proteínas. El nitrógeno total Kjeldahl (TKN) es la suma del nitrógeno orgánico y del amoníaco. El amoníaco es muy tóxico para la vida acuática. El amoníaco libre ( $\text{NH}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) coexisten en equilibrio en el agua. El amoníaco es tóxico, mientras que el amonio no lo es. Conforme aumenta el pH, el amonio se convierte en amoníaco libre. El amoníaco también es más tóxico a temperaturas del agua del arroyo más altas. Por lo tanto, el pH y la temperatura son consideraciones importantes en la evaluación de la toxicidad del amoníaco para la vida acuática. La toxicidad del amoníaco aumenta conforme aumenta el pH y la temperatura. Las aguas residuales de la planta de reciclaje sin procesar tienen concentraciones de TKN en el intervalo de 500 a 1,000 mg/l. Los límites típicos del amoníaco de la calidad del agua en los arroyos son menores a 2 mg/l expresados como nitrógeno.

La vida acuática es sensible al pH. El intervalo típico de pH permisible para descargar en arroyos es de seis a nueve.

Algunas de las sales disueltas, tales como el cloruro y el sulfato, pueden ser tóxicas para la vida acuática. Las aguas residuales de las plantas de reciclaje pueden contener concentraciones altas de sales disueltas debido a la descarga de éstas de las operaciones de pieles y las que contienen las materias primas, tales como el agua del suero de sangre. Los sólidos disueltos totales (TDS) son la concentración de sólidos que pasan a través del papel filtro. Es una medida de la materia orgánica disuelta y de las sales. Las concentraciones de componentes específicos de los TDS tales como el cloruro, sulfato y otros constituyentes, son de mayor preocupación más que la concentración de TDS. Por lo tanto, el uso de TDS como parámetro de protección de la vida acuática no es tan técnicamente firme como el uso de la concentración del contaminante específico, como el cloruro y el sulfato. Aunque durante varios años varios estados han tenido sus normas de

calidad del agua de sólidos disueltos, cloruro, sulfato y otros constituyentes disueltos, en muchos casos, no se han aplicado las normas de estos parámetros para descargar límites permisibles sino hasta hace muy poco. En el futuro va a ser importante el desarrollo de normas reglamentarias de los constituyentes que conforman los sólidos disueltos conforme los estados desarrollan las normas de calidad de agua corregidas.

Las aguas residuales de las plantas de reciclaje de subproductos de origen animal contienen el líquido que se drena de las materias primas crudas, que incluyen microorganismos potencialmente patógenos. Los coliformes fecales se usan como un indicador del potencial de los organismos patógenos. La concentración de coliformes fecales se expresa en términos del “número más probable” por 100 mililitros (MPN/100 ml). La limitación típica de la descarga de coliformes fecales a arroyos y lagos es de 200 a 400 MPN/100 ml.

Los sólidos suspendidos totales (TSS) son una medida de la cantidad de material que se puede eliminar de las aguas residuales al pasar una muestra de agua residual a través del papel filtro. Los TSS son un parámetro estético de calidad de agua importante. Las limitaciones típicas de sólidos suspendidos para la descarga en arroyos es de 10 a 30 mg/l.

Los compuestos de fósforo y nitrógeno son fuentes de nutrientes para el crecimiento de plantas en lagos y arroyos. Las aguas residuales de los procesos de reciclaje pueden tener concentraciones relativamente altas de compuestos de nitrógeno como resultado de la degradación de la proteína. Los nutrientes estimulan el crecimiento excesivo de algas en lagos y arroyos, y por lo tanto impactan la vida acuática y la estética del agua. Las limitaciones en las descargas de fósforo a la cuenca de drenaje de los Grandes Lagos han estado en vigor durante varios años. Las reglamentaciones de la EPA de 2004 exigen que las descargas de las plantas de reciclaje de subproductos de origen animal a arroyos y lagos contengan no más de 134 mg/l de nitrógeno total. Las limitaciones locales con base en las normas de calidad de agua del estado pueden ser más estrictas. Las limitaciones típicas de descarga de fósforo en regiones con normas de calidad de agua de fósforo son de 1.0 mg/l de fósforo total. Los límites de fósforo y nitrógeno total pueden hacerse significativamente más estrictos conforme los estados adoptan normas de calidad de agua de nutrientes más rigurosas.

Los aceites y las grasas son un parámetro estético de calidad de agua. El aceite y la grasa se definen como cualquier material que se pueda recuperar con un disolvente orgánico, tales como el hexano. El aceite y la grasa se definen más correctamente como el material extraíble con hexano (HEM) ya que todos los compuestos recuperados por el método de prueba tal vez no sean aceites o grasas verdaderos. La descarga de aceites y grasas en exceso puede resultar en la acumulación de sólidos flotantes en arroyos y lagos. La descarga excesiva de aceites y grasas en las alcantarillas de la ciudad forman recubrimientos grasos en el desagüe que conducen a problemas de mantenimiento del mismo. Las limitaciones típicas de aceites y grasas para descargar en los desagües de la ciudad van de 100 a 200 mg/l.

*Reglamentación de descargas de aguas residuales*

Las limitaciones de las descargas de aguas residuales en arroyos y lagos se basan en dos consideraciones: la calidad mínima con base en el uso de la tecnología del tratamiento (límites basados en tecnología) y la calidad que se requiere para la protección de la calidad del agua del arroyo o lago (límites basados en la calidad del agua). La EPA establece la calidad mínima de agua con base en la aplicación de la tecnología de tratamiento para industrias específicas, comúnmente conocida como limitaciones de descarga industriales por categorías o directrices de limitación de efluentes (ELG). La industria del reciclaje de subproductos de origen animal está sujeta a los ELG en la subcategoría de reciclador de la Categoría de Fuente de Productos de Carne y Avícolas de acuerdo a lo publicado en el *Code of Federal Regulations* (40 CFR Parte 432, Subparte J). En 1975 la EPA estableció ELG para recicladores independientes, los cuales reajusta periódicamente. La EPA ajustó los ELG para la subcategoría de recicladores de subproductos de origen animal en 2004, la cual incluye normas para fuentes de descarga nuevos y existentes a arroyos y lagos. Las normas del amoníaco, BOD, aceite y grasa y TSS se basan en el volumen de materia prima y se expresan en términos de libras de contaminante por cada 1,000 libras de materia prima. La norma de coliformes fecales es de 400 MPN/100 ml, mientras que la de nitrógeno total es de 134 mg/l por litro, de acuerdo a las reglas promulgadas en 2004.

Los límites de descarga basados en la calidad del agua se fundamentan en las normas de calidad de agua del sistema del arroyo que recibe. Los organismos regulatorios estatales desarrollan normas para proteger la vida acuática y otros usos de las corrientes y lagos. Se calculan los límites de descargas en los arroyos mediante la distribución de la capacidad para recibir y asimilar los constituyentes de las aguas residuales de todas las fuentes, sin que se violen las normas de calidad del agua del arroyo.

Las descargas directas a arroyos y lagos están autorizadas por los permisos del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES), emitidos por los organismos regulatorios estatales bajo la autorización de la EPA y de la Ley de Agua Limpia.

La EPA también puede imponer normas para la descarga por categoría de la industria a las instalaciones de tratamiento municipales, conocidas como normas de pretratamiento. En las reglas de 2004, la EPA no incluye normas de pretratamiento para la subcategoría de fuentes de reciclaje de subproductos de origen animal.

Las limitaciones sobre la descarga en obras de tratamiento públicas (POTW) o los desagües sanitarios municipales se basan en las reglas estatales, reglas urbanas locales y la capacidad de las instalaciones de tratamiento POTW. En general, las características de las aguas residuales de las instalaciones de reciclaje son compatibles con los procesos de tratamiento convencionales POTW, si es que tienen una capacidad de tratamiento adecuada.

Las descargas de POTW por lo general las autorizan las leyes y acuerdos municipales locales entre los usuarios industriales y las POTW. En algunas regiones, se requieren de permisos o aprobaciones estatales de acuerdos de tratamientos.

Las descargas de agua de tormentas están autorizadas por los permisos NPDES emitidos por los organismos estatales bajo la autorización de la EPA.

*Fuentes de aguas residuales*

Los contaminantes en las aguas residuales de las plantas de reciclaje de subproductos de origen animal representan un producto perdido. Por ejemplo, la descarga de aceite y grasa es grasa que se pudo haber recuperado como grasa terminada en las operaciones de reciclaje. La pérdida de proteína en las aguas residuales se puede calcular multiplicando la concentración de TKN por 6.25. La descarga de amoníaco es indicativo de la cantidad de proteína que se ha degradado. La descarga de nitrógeno orgánico (TKN menos el nitrógeno de amoníaco) es indicativo de la pérdida real de proteína en el sistema de aguas residuales. Las plantas de empacado de carne usan de manera rutinaria datos de monitoreo de TKN y aceite y grasa en las aguas residuales para determinar la pérdida de producto e indicadores de desempeño de la planta de producción.

Las tasas de generación de aguas residuales de una planta de reciclaje y sus características son bastantes variables, las cuales están en función de los tipos de materia prima y condiciones, el tipo de procesos de reciclado y las prácticas de limpieza general. Los problemas de las aguas residuales a menudo son el resultado de volúmenes relativamente bajos de aguas residuales, pero de concentración muy alta. Una planta de reciclaje de animales muertos típica con tres a siete millones de libras de materia prima a la semana de capacidad de producción genera alrededor de 100,000 galones de aguas residuales al día con 5,000 lb de CBOD y 900 lb de TKN por millón de libras de materia prima.

Una planta típica de reciclaje de subproductos de origen animal genera aguas residuales de las siguientes fuentes:

- Líquidos de las materias primas
- Condensado de la cocción
- Procesamiento de grasa de restaurant
- Procesamiento de sangre
- Lavado y saneamiento de la planta
- Operaciones de las pieles
- Equipo de control de contaminación del aire
- Agua de enfriamiento de no contacto
- Agua de tormentas

Aunque los líquidos de las materias primas son sólo una pequeña parte del volumen total de aguas residuales, estos líquidos pueden ser una fuente importante de CBOD, nitrógeno orgánico y amoníaco. Por ejemplo, la concentración de CBOD de la sangre entera está en el intervalo de 150,000 a 200,000 mg/l. Los líquidos que drenan de las materias primas aumentan en volumen y potencia conforme la calidad de la materia prima se degrada durante los largos periodos de retención en agua caliente.

En las instalaciones de reciclaje convencionales, se enfrían los vapores de cocción y el condensado de vapor se descarga a las aguas residuales. El condensado de vapor de la cocción contiene compuestos orgánicos condensables, amoníaco,

grasa en aerosol y el residuo de sólidos del proceso de cocción. Algunos procesos de reciclaje experimentan problemas de espuma, lo cual resulta en concentraciones periódicamente muy altas de grasa y sólidos en el condensado de vapor. La cantidad de condensado de cocción fácilmente se calcula a partir de los rendimientos del proceso de reciclaje. La calidad del condensado de la cocción está en función del tipo y calidad de materia prima. El condensado de cocción del procesamiento de plumas y de las materias primas degradadas puede tener concentraciones muy altas de amoníaco. El condensado típico de cocción tiene de 2,000 a 5,000 mg/l CBOD y 500 a 1,000 mg/l TKN.

Algunas instalaciones de reciclaje utilizan tratamiento de tiempo corto y altas temperaturas de los vapores de cocción para destruir los compuestos orgánicos olorosos y descargar los vapores tratados térmicamente a la atmósfera en lugar de condensar el vapor de agua. Estas plantas no generan desperdicio líquido del condensado de cocción.

El agua libre que se elimina de la grasa de restaurante es muy alta en potencia debido a los ácidos grasos libres y a los productos de degradación de la proteína. Las aguas residuales del proceso típico de grasas de restaurante tienen de 50,000 a 100,000 mg/l CBOD, 100 a 800 mg/l de fósforo y de 1,000 a 3,000 mg/l TKN.

La coagulación al vapor y la separación centrífuga de la sangre entera genera agua de suero que tiene concentraciones muy altas de CBOD o de TKN. La típica agua del suero de sangre tiene 7,000 mg/l CBOD, 150 mg/l de fósforo y 1,800 mg/l de TKN.

La salmuera del procesamiento de las pieles genera aguas residuales que son muy altas en concentraciones de TDS, sodio y cloruro. Las concentraciones típicas de cloruro en la salmuera del curtido de pieles van de 100,000 a 150,000 mg/l.

Los limpiadores de aire de cama empacada producen aguas residuales con una potencia orgánica relativamente baja pero una alta concentración de TDS, debido a la adición de químicos tales como blanqueador y sosa cáustica.

#### *Pretratamiento primario*

El pretratamiento convencional de las aguas residuales antes de descargarse al desagüe sanitario municipal implica la eliminación de los aceites, grasas y sólidos suspendidos. La eliminación de los sólidos suspendidos elimina también la fracción de CBOD que se relaciona con los sólidos suspendidos.

El pretratamiento convencional de las aguas residuales incluye las siguientes operaciones unitarias:

- Separación por filtración
- Separación por gravedad
- Igualación de flujo
- Pretratamiento químico
- Flotación de aire disuelto

Se utilizan mallas de tambor giratorio con aperturas de un tamaño de aproximadamente 7 mm (0.030 pulg.) para eliminar los sólidos de diámetro grande.

La separación por gravedad es la eliminación de partículas y grasa libre flotante por gravedad. Los sólidos y la grasa se eliminan en tanques circulares o rectangulares con mecanismos raspadores para una eliminación continua de la grasa y los sólidos.

La igualación de flujo se utiliza para brindar una tasa de flujo y características de aguas residuales más consistentes para las operaciones de pretratamiento posteriores. Los tanques de igualación de flujo también actúan como trampas de grasa para la protección parcial de las operaciones posteriores de las descargas de grasa en torta.

El pretratamiento químico es la adición de químicos para mejorar la eliminación de aceite, grasas y sólidos pequeños. Los sólidos y la grasa permanecen en suspensión debido a las características de cargas superficiales. La mayor parte de los sólidos en suspensión tienen cargas superficiales negativas netas. La reducción del pH con la adición de ácido reduce la carga superficial negativa. La adición de coagulantes metálicos tales como el sulfato de aluminio (alum) reduce más las cargas superficiales de partículas negativas netas y forma precipitados de metal que atrapan los sólidos pequeños dentro de los grandes aglomerados de sólidos llamados flóculo. Los polímeros orgánicos con altas cargas superficiales ayudan aún más con la coagulación de sólidos y la formación de flóculo.

Los sólidos desestabilizados del paso de pretratamiento químico típicamente se eliminan con flotación por aire disuelto (DAF). La DAF convencional implica la introducción de agua que está saturada con aire a alta presión junto con las aguas residuales químicamente pretratadas a un tanque abierto en la parte superior ya sea circular o rectangular. Conforme se reduce la presión, el aire sale de la solución, se forman pequeñas burbujas en las partículas y las partículas flotan hacia la superficie del tanque. Los sólidos se decantan y eliminan de la superficie. Una porción del agua residual tratada se recircula al sistema de presurización de aire disuelto.

El pretratamiento con químicos y DAF típicamente produce aguas residuales con menos de 100 mg/l de aceite, grasa y TSS. Los sólidos y grasas recuperadas de las operaciones de pretratamiento comúnmente se reciclan junto a la materia prima.

El pretratamiento convencional no elimina el CBOD soluble o el TKN soluble. Las proteínas solubles se pueden eliminar con un pretratamiento químico fuerte para desnaturalizar proteínas seguido de DAF. Las proteínas se pueden desnaturalizar con la adición de ácidos a un pH muy bajo o la adición de un agente oxidante fuerte, como el cloro. El pretratamiento químico fuerte para la eliminación de proteína soluble, por lo general no es costeable si se compara con los tratamientos biológicos de aguas residuales secundarios.

#### *Tratamiento secundario*

El tratamiento secundario se refiere a la eliminación de los contaminantes orgánicos con los procesos de tratamiento biológico. Los procesos de tratamiento secundario implican la misma biodegradación natural básica de la materia orgánica que sucede en arroyos y lagos. La biodegradación se lleva a cabo en los tanques con concentraciones muy altas de microorganismos, por lo que la materia orgánica

se puede eliminar de las aguas residuales en un periodo mucho más corto que en el ambiente acuático natural.

El tratamiento secundario anaeróbico es la eliminación biológica de contaminantes orgánicos en ausencia de oxígeno. La mayor parte de la materia orgánica la convierte las bacterias en metano y gas de dióxido de carbono conocido como biogas. Parte de la materia orgánica se incorpora a la biomasa o lodos. El nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco. El biogas es alrededor de 70 por ciento metano o gas natural con un valor de calentamiento de alrededor de 700 BTU por pie cúbico. El biogas se puede recuperar para usarse como combustible de calderas para calentar el proceso anaeróbico o para usarse en calderas de la planta de producción. Los procesos anaeróbicos producen alrededor de ocho a diez pies cúbicos de gas natural equivalente por libra de CBOD eliminado.

Las lagunas anaeróbicas y los tanques de reactores anaeróbicos cubiertos generalmente se usan en la industria de reciclaje de subproductos de origen animal para el tratamiento secundario biológico anaeróbico. Los tanques se cubren para el control de emisiones de aire y recuperación de biogas. Muchas lagunas anaeróbicas más nuevas están cubiertas con membranas de plástico para la recuperación de biogas. Los procesos anaeróbicos se llevan a cabo mejor a una temperatura de alrededor de 37.8°C (100°F). Las lagunas anaeróbicas generalmente no están calentadas. Los tanques de reactor anaeróbico por lo regular se calientan para mantener la temperatura de operación óptima de 37.8°C (100° F). El pretratamiento anaeróbico elimina alrededor del 80 al 90 por ciento del CBOD. La mayor parte del nitrógeno orgánico se convierte a amoníaco. Por lo tanto, no hay una reducción significativa en TKN con el tratamiento secundario anaeróbico.

El tratamiento secundario anaeróbico es la eliminación biológica de contaminantes orgánicos en presencia del oxígeno. La materia orgánica la convierte las bacterias y otros microorganismos en dióxido de carbono, agua y biomasa o lodos. El proceso de lodo activado comúnmente se usa para el tratamiento biológico aeróbico. El proceso de lodo activado incluye los tanques de aireación en los que se suministra oxígeno a los microorganismos mediante el uso de aire comprimido y difusores de aire. Los microorganismos, conocidos como lodos activados, se eliminan del líquido tratado por gravedad en un tanque clarificador separado y se regresan a la cuenca de aireación.

Los procesos de tratamiento por lote, o reactores secuenciales por lote (SBR) también se usan como procesos de tratamiento secundario. No se usa un tanque clarificador separado en el proceso de SBR. El proceso SBR se hace funcionar como un proceso por lotes. Los sólidos se separan en el tanque de aireación al apagar el aire de aeración, lo que permite que se sedimenten los sólidos y se decante el líquido.

Los sólidos de los lodos activados se retienen en el sistema de la cuenca de aeración durante varios días, aunque el tiempo de retención de líquido puede ser menor a dos días. El tiempos largos de retención de sólidos proporcionan una eliminación muy rápida de los contaminantes orgánicos. El proceso de lodos activados genera alrededor de cuatro a cinco veces la masa de sólidos biológicos por libra de CBOD eliminados más que los procesos anaeróbicos. La eliminación de los biosólidos de los lodos activados pueden constituir un costo operativo muy

importante. Los lodos activados de desperdicios generalmente se aplican a tierra como una adición extra de nutrientes para la planta y el suelo.

Las lagunas aeróbicas y facultativas se han utilizado para el tratamiento secundario biológico, pero el uso de tratamientos de lagunas para la descarga directa a arroyos se está haciendo menos común, debido a que se han hecho más estrictas las limitaciones de las descargas. El tratamiento de laguna produce una descarga con una concentración significativa de TSS debido al crecimiento de las algas en las lagunas. El tratamiento de laguna requiere tiempos de retención muy largos para lograr la eliminación del amoníaco en climas fríos.

#### *Desinfección*

La desinfección se refiere a la eliminación de organismos patógenos. Comúnmente se utiliza un agente oxidante fuerte como el cloro o la luz ultravioleta para desinfectar las aguas residuales de las plantas de reciclaje de subproductos de origen animal. El gas cloro y el hipoclorito de sodio o blanqueador son fuentes comunes de cloro. Los depósitos de contacto con el cloro están diseñadas con un volumen y un control de flujo adecuados que garanticen que el líquido se retenga durante al menos 15 minutos antes de la descarga. El cloro es tóxico para la vida acuática. El cloro que no reacciona se elimina antes de descargarse con un químico agente reductor como el dióxido de azufre o el metabisulfito de sodio.

#### *Tratamiento terciario*

El tratamiento terciario se refiere a los procesos que eliminan contaminantes más allá de la eliminación convencional de CBOD y TSS en los procesos de tratamiento secundario. Esto incluye al amoníaco, al nitrógeno total, el fósforo y la eliminación mejorada de TSS. El tratamiento terciario frecuentemente se requiere para cumplir con los límites de descarga de nutrientes y amoníaco. La eliminación de sólidos suspendidos puede ser obligatorio para cumplir con los estrictos límites de descarga de CBOD o BOD, debido a que los sólidos suspendidos biodegradables y orgánicos contribuyen al CBOD.

El nitrógeno orgánico se convierte a amoníaco en los procesos de tratamiento biológico anaeróbico y aeróbico. El amoníaco se puede convertir biológicamente a nitrato en el proceso de lodos activados bajo las condiciones operativas adecuadas. Este proceso se le llama nitrificación. La nitrificación se logra en el proceso del tratamiento secundario de lodos activados al brindar las condiciones operativas adecuadas. En general, la nitrificación requiere de periodos de retención de sólidos más largos que la operación convencional del proceso de lodos activados, ya que las bacterias de la nitrificación tienen tasas de crecimiento más lentas que otros organismos. El proceso de nitrificación requiere de una aireación adecuada para proporcionar oxígeno para la conversión biológica del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) a nitrato ( $\text{NO}_3^{2-}$ ). La nitrificación también produce ácido, por lo que por lo general se requiere del control del pH y la adición de la alcalinidad.

Los procesos de nitrificación generalmente logran concentraciones de nitrógeno de amoníaco de menos de dos mg/litro. Se requiere la eliminación de nitrato para cumplir con los límites de nutrientes o nitrógeno total en la descarga. El nitrato se elimina mediante la conversión biológica del nitrato a gas nitrógeno en ausencia de oxígeno disuelto. Este proceso se le llama desnitrificación. Las

bacterias en presencia del nitrato, sin oxígeno disuelto y una fuente alimenticia lo utilizan de una manera similar al oxígeno y convierten el nitrato a gas nitrógeno. A esto se le llama tratamiento biológico anóxico. El tratamiento anóxico es una etapa separada del tratamiento biológico. El amoníaco se convierte a nitrato en los depósitos de aireación como parte del proceso del tratamiento secundario. Los lodos eliminados en el clarificador después del depósito de aireación y el efluente del depósito de aireación contienen nitratos y bacterias, pero muy poca fuente alimenticia de carbono orgánico. La desnitrificación se logra al traer los lodos de regreso del clarificador y recircular el efluente del depósito de aireación en contacto con aguas residuales sin procesar en un depósito mezclado, pero no aireado. Las bacterias usan el nitrato conforme metabolizan la materia orgánica en las aguas residuales sin procesar.

La desnitrificación se logra en procesos por lote SBR mediante la operación de periodos más largos sin aireación después de que las aguas residuales sin procesar se introducen al inicio de cada lote. El proceso de desnitrificación proporciona algunos beneficios a la operación del proceso de nitrificación. El uso de CBOD en las aguas residuales sin procesar como fuente alimenticia en el proceso anóxico, reduce la carga de CBOD y los requisitos de aireación en el proceso de lodos activados. El proceso de desnitrificación produce alcalinidad y eleva el pH. Esto reduce la adición química de la alcalinidad que se requiere en el proceso de lodos activados para la neutralización del ácido producido por la nitrificación. La concentración de nitrato del efluente que se logra con el proceso de desnitrificación depende de las concentraciones relativas de TKN y CBOD en las aguas residuales sin procesar y de la tasa de recirculación de los lodos. Debe haber un CBOD adecuado disponible como fuente alimenticia en el proceso anóxico para la eliminación de nitrato.

El fósforo se elimina mediante la precipitación química. El fosfato se precipita con aluminio de sulfato de aluminio (alum) y con el uso de cloruro férrico o sulfato férrico. Estos químicos se añaden comúnmente más adelante de los clarificadores en el proceso de tratamiento secundario de lodos activados. Los sólidos de fosfato precipitado forman parte de los lodos activados. Se puede utilizar un paso separado de precipitación de fósforo después de los clarificadores de lodos activados para producir un lodo rico en fósforo y reducir la carga de sólidos en el proceso de lodos activados.

El fósforo se puede eliminar biológicamente en el proceso de lodos activados bajo las condiciones operativas adecuadas. Las bacterias pueden concentrar el fósforo en la biomasa. El uso de tiempos de retención de sólidos largos que se requieren para la nitrificación y desnitrificación en las instalaciones de reciclaje de subproductos de origen animal generalmente no brindan las condiciones operativas que favorezcan la eliminación del fósforo biológico. La eliminación del fósforo químico puede lograr consistentemente un mg/l de fósforo total en la calidad de la descarga.

Normalmente se requiere de la eliminación adicional de sólidos suspendidos si los límites de descarga de sólidos suspendidos y CBOD son menores a 15 mg/l. La eliminación mejorada de sólidos suspendidos comúnmente se logra mediante la filtración con filtros de medios granulares. Los sólidos suspendidos se

capturan dentro de los poros de filtros de camas profundas. Los filtros de cama profunda son arenas de medios sencillos o medios dobles y carbón antracita. Los sólidos se eliminan de los filtros con el lavado revertido con agua y aire. Los filtros de camas bajas eliminan los sólidos al capturarlos en la superficie de los medios de filtros granulares de diámetro muy pequeño. Al mover el equipo de filtro puente, el filtro se divide en segmentos angostos. Los sólidos se limpian de la superficie del medio con lavado revertido con agua con un mecanismo de lavado que aísla y lava cada segmento del filtro. La filtración terciaria puede lograr consistentemente cinco mg/l de TSS de calidad de agua de la descarga.

#### *Aplicación en la tierra*

Las aguas residuales de las operaciones de reciclaje de subproductos de origen animal se pueden aplicar a tierras agrícolas para un uso benéfico del agua como suministro de agua de riego. El nitrógeno y el fósforo que contienen las aguas residuales se usa benéficamente como suplemento o sustituto de fertilizantes comerciales. El carbono orgánico en las aguas residuales estimula el crecimiento de bacterias benéficas de la tierra.

Las tasas de aplicación de las aguas residuales generalmente están limitadas por la absorción de nitrógeno o fósforo del cultivo o la tasa agronómica. Las aguas residuales generalmente se pretratan para reducir el CBOD antes de su almacenamiento y aplicación en la tierra para minimizar las emisiones de olores. No se requiere el pretratamiento amplio porque el amoníaco, fósforo y materia orgánica en CBOD son benéficos para la fertilidad de la tierra. Por lo tanto, la aplicación sobre la tierra puede tener una ventaja en el costo operativo y de capital significativo en comparación con los tratamientos secundario y terciario y la descarga en arroyos.

Las aguas residuales se aplican en la tierra con equipo de riego convencional, tales como pivotes centrales o pistolas móviles. Los desperdicios altamente concentrados con un potencial de emisión de olores se pueden aplicar en la tierra mediante inyección directa en la zona radicular con cuchillo o inyección de cultivador de campo.

El uso de sodio y otras sales disueltas son limitantes para el uso de la eliminación mediante aplicación en la tierra. La aplicación de sodio excesivo puede causar que se expandan las tierras arcillosas y se pierda la estructura porosa de la tierra. Esto conduce a la incapacidad de percolar el agua a través del perfil de la tierra y a desarrollar una capa de tierra dura y pérdida de la fertilidad. La aplicación de sal disuelta es una preocupación particular en climas áridos, donde las sales se acumulan en el perfil de la tierra superior debido a la alta evaporación y a las bajas tasas de precipitación.

#### **Aspectos de la calidad del aire**

Las emisiones de olores históricamente han sido el problema de emisiones de aire más importante en la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. La reglamentación de las emisiones de olores ha sido todo un desafío

debido a la dificultad de cuantificar la concentración de olor. Las emisiones de olor a menudo se regulan a nivel gubernamental local, cuyas reglamentaciones se basan con frecuencia en conceptos de molestia más que en conceptos analíticos.

Frecuentemente se usan paneles de personas o expertos en la evaluación cualitativa y la caracterización de olores en la evaluación de las emisiones. El concepto de unidad de olor se ha desarrollado como un método para cuantificar la intensidad del olor. La unidad de olor es una medida de la disolución requerida para reducir el olor a una concentración que no ha detectado un panel de expertos de olor.

Otras emisiones al aire de las plantas de reciclaje están reglamentadas por la EPA bajo la Ley de Aire Limpio y por los estados. En general, el amoníaco, las partículas, el nitrógeno y los óxidos de azufre de las operaciones de la caldera, así como el sulfuro de hidrógeno o azufre reducido son las emisiones que más preocupan en estas plantas. Los gases de efecto invernadero de las operaciones de la caldera pueden constituir un problema significativo en el futuro.

#### *Controles de emisión del aire*

Las instalaciones de reciclaje de subproductos de origen animal tienen controles amplios de emisiones de olores y partículas. La mayor parte de las plantas no tienen emisiones importantes de otros constituyentes que requieran la operación de equipo de control de emisiones. Las emisiones de partículas de las operaciones de producción que generan polvo comúnmente se controlan con colectores de polvo de filtros de sacos. Los colectores de polvo de filtros de sacos son filtros de tela que capturan las partículas conforme el aire pasa a través de ellos. Los filtros se limpian mediante la purga de aire periódico o con vibración.

Las plantas de reciclaje están diseñadas para capturar y tratar los posibles olores en el aire y vapores. Los sistemas de ventilación del aire de las salas están diseñados para mantener presión negativa en ellas, de tal manera que se prevenga el escape del aire de estas salas. Las operaciones de producción que generan olores de alta intensidad están diseñadas con sistemas de recolección de vapor y aire que aíslan las fuentes de olor del aire de las salas de más baja intensidad.

Los métodos de control de olor incluyen los siguientes procesos:

- Oxidación química
- Combustión
- Destrucción térmica
- Reducción del olor biológico

La oxidación química involucra la absorción de compuestos olorosos en el agua y la oxidación de estos compuestos con un agente oxidante fuerte como el cloro o el dióxido de cloro. Los compuestos olorosos también se pueden oxidar directamente en la fase de vapor con ozono. El aire de los sistemas de ventilación de aire de las salas generalmente se limpia en un sistema de oxidación química con el uso de limpiadores de cama empacada con cloro, blanqueador y dióxido de cloro.

Los vapores de cocción tienen una alta intensidad de olor. A menudo los vapores de cocción se tratan en un proceso de dos etapas. Los vapores se enfrían y las partículas se eliminan parcialmente en limpiadores venturi. Los vapores se pasan a través de una restricción de tubería venturi a alta velocidad. El agua se

asperja hacia arriba del venturi. Los vapores de cocción se enfrían y partes de las partículas y de la grasa en aerosol arrastradas en los vapores se eliminan en el venturi. Los vapores del venturi se pueden tratar más adelante en un limpiador de cama empacada química.

Los vapores de cocción también se pueden condensar con un condensador enfriado con aire o un condensador de concha y tubo que usa agua de enfriamiento sin contacto. Los vapores no condensables se pueden tratar químicamente o se pueden incinerar en una caldera. Los olores de alta intensidad de los procesos de reciclaje y los vapores de cocción no condensables a menudo se utilizan mezclados con aire de combustión en las calderas de las plantas. Los compuestos olorosos se incineran en las calderas.

Los compuestos olorosos se pueden eliminar mediante destrucción térmica. La destrucción térmica implica el calentamiento de los vapores de olor a temperaturas muy altas que resultan en la destrucción de los compuestos olorosos. Esta técnica se aplica al tratamiento de los vapores de cocción y otros olores de muy alta intensidad. La ventaja de la destrucción térmica de los vapores de cocción es que no genera condensado de vapor de cocción. El agua evaporada de los procesos de cocción sale a través de las emisiones de aire más que a través de las emisiones de las aguas residuales.

Los compuestos olorosos son compuestos orgánicos que las bacterias pueden usar como fuente alimenticia. Los biofiltros se utilizan para la eliminación biológica del olor. Un biofiltro consiste en una cama empacada que sirve como estructura de apoyo para el crecimiento bacteriano. El aire oloroso se hace pasar a través de la cama empacada. Los compuestos olorosos se absorben en la cama húmeda y las bacterias consumen los compuestos como fuente alimenticia.

### **Otras cuestiones ambientales**

El cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios ambientales puede ser un gran desafío, particularmente para los recicladores pequeños e independientes que no mantienen personal ambiental de tiempo completo. La siguiente es una lista parcial de las reglamentaciones y requisitos ambientales para el funcionamiento de plantas de reciclaje de subproductos de origen animal:

- NPDES de aguas residuales que permita la descarga de aguas residuales del proceso a arroyos
- Permiso local de descargas y pretratamiento de aguas residuales
- Permiso y notificación de NPDES de agua de tormentas
- Control de prevención de derrames y planes de contramedida e implementación
- Permiso y notificación de aplicación en tierra
- Permiso de emisiones de aire y notificación de inventario para las reglamentaciones de la Ley de Aire Limpio Título V
- Notificación de liberación de químicos tóxicos
- Registro y notificación de tanques de almacenamiento externos y subterráneos
- Notificación de inventarios de químicos peligrosos

- Reglamentaciones del derecho a saber de la comunidad y de la planeación de emergencia
- Requisitos de eliminación de desperdicios peligrosos y sólidos

Cada vez se hace más difícil poder manejar el cumplimiento ambiental y darle seguimiento a las cuestiones ambientales conforme las reglamentaciones federales y estatales crecen a tasas, según parece, exponenciales. Muchos recicladores cuentan con las organizaciones comerciales y de la industria, como la NRA y el AMI y sus comités ambientales, para el monitoreo del desarrollo de políticas y reglamentaciones ambientales. Esta industria y las organizaciones comerciales conjuntan los recursos de sus miembros para mantener una vigilancia estrecha del desarrollo de problemas y políticas ambientales. Estas organizaciones comerciales mantienen consultores legales y técnicos para monitorear las agencias reglamentarias y los desarrollos legales, y para el desarrollo de políticas de la organización comercial sobre asuntos ambientales. Aunque las organizaciones comerciales han sido bastante efectivas en proporcionar ideas profesionales y científicas en el desarrollo de políticas y reglas federales, ha sido bastante difícil monitorear los desarrollos regulatorios estatales y locales.

#### *Sistemas de manejo ambiental*

El desarrollo del concepto EMS en los últimos años es un paso hacia delante en la autorregulación y el mejoramiento de la calidad ambiental implementado a escala de la planta. El método EMS para el manejo ambiental en el empacado de carne, procesamiento de alimentos y la industria del reciclaje de subproductos de origen animal, se ha desarrollado en un esfuerzo cooperativo entre el personal regulatorio estatal y federal y las organizaciones de la industria que incluyen al Comité Ambiental de la AMI.

Un EMS es un método sistemático e iterativo para lograr las metas individualizadas, ambientales y organizacionales específicas a la planta a través del mejoramiento continuo. Se basa en el objetivo de identificar las debilidades ambientales o del proceso que pueden impactar de manera adversa las operaciones. El método EMS califica las debilidades y desarrolla un programa de prioridades para resolver los problemas. La base se evalúa anualmente y el plan se modifica para una mejora continua. Los resultados mejoran el desempeño financiero y reducen los riesgos de no cumplimiento ambiental. El sistema EMS infunde vigor a los empleados para que formen parte del equipo de mejoramiento.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado una norma para los sistemas EMS. La norma ISO 14001 define a EMS como “parte del sistema de manejo general que incluye la estructura organizativa, actividades de planeación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, echar a andar, lograr, revisar y mantener la política ambiental”.

Un EMS logra lo siguiente:

- Identifica riesgos e impactos ambientales
- Da prioridades a riesgos e impactos
- Aplica control del manejo para los riesgos e impactos
- Sienta la base para el mejoramiento continuo

Un EMS incluye la evaluación del cumplimiento regulatorio, prevención de la contaminación, reducción de los residuos y manejo de la energía. Las instalaciones que han implementado programas de EMS han documentado mejoras importantes en los registros de cumplimiento ambiental y reducciones en los costos operativos que han excedido por mucho los costos del desarrollo del programa EMS.

Las agencias regulatorias, entre las que se incluye la EPA, están motivando el desarrollo e implementación de programas EMS. La EPA ha indicado que puede reducir la frecuencia y alcance de las inspecciones del cumplimiento regulatorio y relajar los castigos de cumplimiento a las instalaciones que tengan programas EMS.

Un EMS formal ISO 14001 es un método muy estructurado que requiere auditorías externas periódicas de auditores certificados por ISO. La implementación completa del programa EMS ISO 14001 es una gran tarea, en la que la experiencia ha demostrado que ésta no es apta para todas las instalaciones. Un programa EMS se puede desarrollar en fases o niveles que se enfoque a las necesidades inmediatas de la planta y luego se expandan en el futuro. El Comité Ambiental de la AMI ha desarrollado un programa EMS de cuatro niveles y un modelo que conduce a la certificación de ISO 14001.

#### *Desarrollo cooperativo de normas de protección ambiental*

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal ha participado voluntariamente en proyectos de investigación y estudios de la industria de la EPA. Los recicladores han ayudado a los reguladores con información técnica y han revisado las reglamentaciones ambientales propuestas. Este tipo de trabajo cooperativo, en lugar de las relaciones de confrontación tradicionales con los legisladores, está conduciendo al desarrollo de reglas, reglamentaciones y políticas federales que se basan en la aplicación de tecnologías de control económicamente factibles y confiables para proporcionar una protección ambiental adecuada.

Conforme se expande la protección y regulación ambiental para atacar las preocupaciones de calidad ambientales en el futuro, la cooperación entre legisladores y la comunidad regulada cada vez va a ser más importante. Se requiere de este esfuerzo cooperativo para el desarrollo de políticas y reglamentaciones ambientales que sean razonables y económicamente factibles.

## LA INVESTIGACIÓN Y LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL

Dr. Gary G. Pearl

Fats and Proteins Research Foundation, Inc. (Jubilado)

### Introducción

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal es una de las industrias más antiguas, tal y como lo describió Frank Burnham en el libro *The Original Recyclers* (Franco y Swanson, 1996). Su papel en la investigación puede de la misma forma rastrearse al siglo XVIII. Aunque históricamente el proceso crudo de extraer grasa del tejido animal o de las canales con fuego se puede caracterizar como una forma de reciclaje, el reciclaje en sí evolucionó durante el siglo XX como proceso. Sus predecesores comprendían el valor de recolectar el unto de la grasa en la cocción a fuego abierto que acompañaba a las buenas cacerías. Conforme avanzó la evolución industrializada, el valor de estas costumbres tradicionales se modificó hacia sistemas de cocción en recipientes que utilizaban los tres principios básicos del reciclaje de subproductos de origen animal: eliminación del agua, extracción de la grasa de la fracción de proteína y esterilización. El proceso continuó para proporcionar productos que podrían consiguientemente almacenarse y usarse tanto para beneficios de mantener la vida, como de mejorarla. El avance que trajo la industria del reciclaje de subproductos de origen animal del proceso de fuego abierto a los sistemas modernos electrónicamente controlados y monitoreados de las plantas de hoy en día, estuvo impulsado por una serie de factores, pero la investigación ha probado ser una influencia consistente y significativa.

Como la industria pecuaria evolucionó hacia las unidades de producción animal que sustituyeron en gran medida la cacería para conseguir carne, leche, huevos y pieles, la evolución de cómo ser más productivos y más eficientes, ha sido el principal motivo para llevar la moderna industria pecuaria al presente. Las investigaciones han influido en casi todos los aspectos de la industria pecuaria en su avance hacia los estándares de hoy en día. El recuento histórico de la relación simbiótica de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal con todos los segmentos de la industria pecuaria, es más evidente en la búsqueda por mantener la carne, leche, huevos, fibra y ahora la bioenergía hasta arriba en la cadena de producción agrícola. Las investigaciones han hecho contribuciones muy importantes para guiar la producción y el procesamiento de los productos reciclados de origen animal y en ayudar a la producción de los alimentos de origen animal para consumo humano, más seguros, más económicos y más sanos en el mundo. La investigación va a continuar siendo un componente activo en guiar a la industria del reciclaje de subproductos de origen animal hacia su papel futuro como parte vital e integral de la industria pecuaria sustentable.

## **Investigación**

La investigación se describe como la búsqueda diligente, la investigación científica y el estudio para descubrir nuevos hechos. De esta manera, “si sólo se considera lo que es, tal vez nunca se logre saber qué será” (Anónimo). En la actualidad, la investigación ha avanzado del proceso básico de prueba y error. Una idea tenía éxito si uno podía demostrar que funcionaba una teoría o incluso una idea. La ciencia y el proceso de investigación se han convertido en un proceso más bien preciso. Los requisitos están ahora muy bien articulados y para una publicación científica de referencia, el informe de la investigación debe someterse a un estricto proceso de revisión arbitrada. Aunque el proceso de investigación varía sustancialmente, para que sea efectivo debe de contener componentes básicos. Debe establecerse un objetivo que vaya de acuerdo con la hipótesis. También se debe desarrollar un plan o protocolo para resolver el problema o hipótesis identificada. El plan se implementa para desarrollar datos que se puedan evaluar científica y estadísticamente. La duplicación o replicación de los parámetros exactos de tratamiento debe ser suficiente para evaluar una interpretación estadística de los datos resultantes. De esta manera, los principios de un buen diseño experimental para la investigación en ciencias animales se basa en libros de texto estándar que describen el diseño y el análisis de experimentos. La American Society of Animal Science (ASAS) ha publicado *Techniques and Procedures in Animal Science Research* como una ayuda que guía el proceso (ASAS, 1969 - 1998). Esta revisión simplista del proceso altamente científico de establecer conclusiones de investigación proporciona oportunidades para preguntas de interpretación o aplicación. Hay muchos ejemplos como tales que pertenecen a la investigación animal, de los cuales se van a hablar más adelante en este capítulo. Sin embargo, es un hecho que los resultados de investigación y su interpretación e implementación crean obsolescencia y cambios en nuestras vidas de todos los días. Es importante hacer notar que en conjunto, más del 80% de la mayor eficiencia y avances en la productividad general en la industria agropecuaria estadounidense se puede atribuir directamente a la investigación y su aplicación.

## **Perspectiva histórica**

La formalidad de la investigación animal no siempre ha estado claramente articulada como los métodos científicos modernos del 2006. El desarrollo de los requerimientos de nutrientes ha sido un proceso perpetuo sujeto a interpretación, inclusión de factores de seguridad y sesgos personales sustanciales. Ha tenido una evolución similar en todas las especies. Asimismo, la correspondencia de las especificaciones de nutrientes a los requerimientos establecidos o que se cree que ya están establecidos ha sido un proceso que ha requerido de múltiples interpretaciones.

El método “científico” real de los primeros proyectos de nutrición animal se puede describir como una observación y demostración astuta, cuando se compara con las normas de investigación de hoy en día. Como una perspectiva histórica, el Dr. George Fordyce de Inglaterra en 1791 fue el primero en usar un experimento

con grupo control para documentar la necesidad de la suplementación de calcio en las gallinas ponedoras para producir huevos con cascarones que no se rompieran fácilmente en el nido. Cien años después, el Profesor C.S. Plumb en la Universidad de Purdue informó del primer experimento para demostrar el crecimiento acelerado que ocurría cuando se utilizaban proteínas animales para suplementar los alimentos de maíz que hasta ese momento habían sido la dieta estándar para los cerdos en crecimiento y finalización en el medio oeste de Estados Unidos. Fue un evento histórico y abrió la arena de la investigación en la nutrición de proteínas. Los primeros estudios utilizaron proteínas animales en gran medida, lo que consistía en fuentes de carne y leche. Los suplementos de origen vegetal comprendían las leguminosas altas en fibra que precedieron al advenimiento de la evolución de las oleaginosas que ahora predomina el mercado de ingredientes de proteína. Las demostraciones de los beneficios de las proteínas animales fueron comunes. El libro de *Feeds and Feeding* de Morrison se publicó por primera vez en 1898, el cual tuvo una amplia acogida por parte de los ganaderos y profesores prácticos, así como profesores y estudiantes de zootecnia (Morrison, 1957). La primera edición la escribió Dean William Arnon Henry de la Universidad de Wisconsin. Se proporcionaron volúmenes de ediciones anuales o bianuales con datos científicos actualizados. Numerosas revistas veterinarias de principios del siglo XX hacen referencia a las cualidades preventivas de la proteína animal y de la carne para muchas enfermedades y condiciones en animales, tales como el canibalismo en pollos confinados. A pesar de las protestas actuales contra los sistemas confinados de alojamiento que se usan hoy en día, fue necesario encerrar a las aves como protección de los predadores, incluso en aquellos días. El picoteo de las plumas y otras condiciones de canibalismo se informaron que podían prevenirse a través de proveer pedazos de carne suspendidos en alambres para que las aves picotearan. El libro de *The Practical Stock Doctor*, con derechos de autor de 1904, hace referencia al uso de manteca, tankage y leche descremada en muchos de los remedios para muchas de las enfermedades descritas (Waterman, 1904).

Hoy en día, hay innumerables revistas, tanto de ciencias animales como de ciencias veterinarias, que han continuado relatando el refinamiento de los requerimientos nutritivos de los animales. Estas revistas han sido históricamente prolíficas en añadir ciencia con cada nuevo volumen. Combinadas, sin duda hay más volúmenes publicados en nutrición animal que ninguna otra materia. La American Dairy Science Association se fundó en 1906, seguida de la formación de la American Society of Animal Science y la Poultry Science Association en 1908. Estas asociaciones o sociedades se reunieron en 1998 como la Federation of Animal Science Societies para representar a las sociedades miembro como un enlace científico. Las revistas, la sección y las reuniones nacionales proporcionadas por estas organizaciones, han sido las principales fuentes para el establecimiento de los requerimientos de nutrientes animales. El National Research Council de la National Academy of Sciences de manera rutinaria han publicado informes por especies que resumen el conocimiento de los requerimientos de nutrientes y las características nutricionales de las fuentes de nutrientes (NRC, 2006).

De esta manera, la investigación basada en principios científicos ha guiado a la industria pecuaria a través de un periodo arcaico a las normas de hoy en día, en

las que Estados Unidos está produciendo ahora un número mucho mayor de animales para carne, leche, huevos, fibra y bioenergía con menos del uno por ciento de su población comparado con el 80 por ciento cuando se fundó el país.

### **Los años de formación de la FPRF**

La Fats and Proteins Research Foundation, Inc. (FPRF), se encuentra ahora en su 44º año de servicios de investigación y técnicos para la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. La FPRF, cuyos estatutos se aceptaron formalmente como una fundación el 20 de junio de 1962, ha terminado más de 570 proyectos de investigación individuales e innumerables manuscritos técnicos y científicos en apoyo al reciclaje de subproductos de origen animal y a sus productos. La FPRF tal vez es tan bien conocida por su acrónimo como por su nombre oficial. Es un reconocimiento adquirido a través de la colaboración cercana con la comunidad científica y por financiar proyectos de calidad.

La investigación de productos animales reciclados previamente estaba patrocinada bajo la dirección del Comité de Investigación de la National Renderers Association (NRA). Este comité fue la inspiración de Robert J. Fleming en 1959 para el desarrollo de un concepto de fundación para dirigir las iniciativas de investigación de la industria. La formación y financiamiento inicial de la fundación se atribuye a la visión de Bob Fleming, de National By-Products, Inc., y a Charles L. Haussermann Jr., de Darling Delaware Company, Inc. Esto es indicativo del cambio, pero es irónico que estas dos compañías se fusionaran en una sola en 2006.

La visión de que la investigación infunde un modelo de negocios diferente en comparación con otras funciones organizativas, inspiró la formación de la fundación. La FPRF fue fundada con una misión específica de investigación y educación, además de que en sus propios estatutos cuenta con una referencia de no llevar a cabo cabildeo. El éxito de la acción de los fundadores de la FPRF es evidente cuando uno revisa los criterios científicos y entiende que los requerimientos de investigación los tengan que aceptar revisores de las revistas y los usuarios finales. Se formó el 23 de octubre de 1962 un comité de investigación. El Dr. Fred D. Bisplinghoff, de Faber Industries, Inc., fue miembro por estatutos del comité. El Dr. Bisplinghoff es miembro vitalicio actual del Comité de Investigación de la FPRF, quien ha fungido como su presidente y director de servicios técnicos de 1988 a 1993.

No es posible revisar cada uno de los campos de investigación en que la fundación se ha dedicado durante sus actividades, ni tampoco es posible reconocer a todos los contribuyentes del comité de investigación o la multitud de científicos e investigadores que han formado parte de la historia de la fundación. Sin embargo, durante el inicio de la década de 1960, las grasas animales atrajeron una atención importante. La exploración en aspersores de herbicidas, intentos de modificar los ácidos grasos saturados y el sebo, la deshidratación de las grasas saturadas y el uso de las grasas animales como agentes impermeabilizantes para el cemento, encabezaron las aprobaciones de los proyectos de investigación. Los estudios de disminución del olor también tuvieron proyectos de alta prioridad. Había en operación una planta piloto en Theobald Industries que la usó el Battelle Institute

para la investigación de la disminución del olor. La fundación más tarde adquirió una patente para un olfatómetro para medir los componentes e intensidad del olor (FPRF, 1965).

A finales de la década de 1960, seguían siendo prioritarios los proyectos que se enfocaban al olor y a los usos alternativos del sebo. Es interesante hacer notar que al principio se rechazó una propuesta de proyecto para estudiar el uso del “Ozono como control del olor”, no obstante en 2002 se terminó un proyecto de la FPRF de la Dra. Annel Greene de Clemson University, el cual se enfocaba al mismo objetivo. A finales de la década de 1960, se atrajo la atención de la posible contaminación por *Salmonella* y plaguicidas de los productos reciclados de origen animal, por lo que se estimuló la investigación en estas áreas. Continúa la investigación para mejorar nuestra comprensión y control sobre los riesgos químicos y biológicos de seguridad del producto hoy en día.

En la década de 1970, con el incremento en el uso de las grasas animales como ingredientes de alimentos balanceados, así como el avance de la nutrición de los aminoácidos (AA) llegaron nuevas oportunidades de investigación. Se realizaron estudios sobre sustitutos lácteos para becerros, bagres y aminoácidos digestibles. La competencia del advenimiento del concepto del maíz-soya puso en riesgo el uso de los subproductos de origen animal en los alimentos para cerdos a favor de la simplicidad de mezclar en la granja el maíz local, la harina de soya y un pequeño paquete de vitaminas y minerales para entrar a la era de la “planta de mezclado”. Se inició una mejor atención a los estudios de nutrición porcina, ya que los proveedores de ingredientes de proteínas animales se preguntaban entonces con frecuencia sobre el contenido y digestibilidad de aminoácidos. Los proyectos de investigación dirigida con estudios de nutrición animal básica son, y continuarán siendo necesarios para estar al mando de la posición en el mercado en las dietas de todas las especies. Bajo la guía del comité de investigación de la FPRF, actualmente hay una serie de proyectos multiespecies que se están realizando para enfocarse a estos objetivos.

La década de 1970 también atrajo el interés en el mejoramiento del contenido de energía de las dietas de la mayor parte de las especies animales. Las grasas animales contribuyen con 2.6 a 3.8 veces el valor calórico metabolizable en comparación con el maíz, atributo que encabezó la investigación que se dirigió a estos usos. La vaca lechera, la cerda lactante, la gallina ponedora, pollos de engorda y el ganado de engorda tanto estabulado como no estabulado, fueron los objetivos de los proyectos de investigación de la utilización de grasas animales. Los beneficios de alimentar grasas se expandieron posteriormente hacia los equinos, animales de compañía y las especies acuícolas.

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal respondió al suministrar almacenamiento de grasa en la granja con sistemas que la enviaban directamente a las dietas preparadas en la granja. El desarrollo de las “grasas secas” trajo numerosos nuevos productos al mercado. Para la década de 1980, los proyectos de investigación estaban altamente orientados hacia los temas nutricionales. La fundación se organizó en cuatro subcomités: grasas, proteína, proyectos especiales y nutrición. Como se hace notar en el capítulo de la nutrición de ruminantes de este libro, la investigación que demostró los beneficios de la

proteína de “sobrepaso” para el rumiante proporcionó nuevos usos y productos innovadores para los ingredientes de proteína animal. La fundación estuvo sumamente involucrada en apoyar la investigación que traía importantes avances en la comprensión de los misterios de muchos de los procesos digestivos del rumiante. Los proyectos fundados por la FPRF de numerosos líderes de investigación en la nutrición de rumiantes han ayudado a llevar al concepto de la proteína de “sobrepaso” a aquéllos que ahora incorporan los modelos matemáticos para predecir fracciones de proteína y componentes amino degradables y no degradables, y sus disponibilidades digestibles. Desafortunadamente, muchos de esos beneficios en la nutrición de rumiantes proporcionados por los coproductos animales se eliminaron y se pusieron en riesgo de manera crítica a través de la reglamentación de alimentos de 1997 de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) en el que se restringe el uso de proteínas de rumiantes y la subsiguiente reacción reglamentadora y del consumidor.

### **La investigación y la última década**

La década de 1990 trajo nuevos desafíos, pero también, como siempre, nuevas oportunidades para la industria pecuaria y la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. Fue un periodo en el que se exacerbó la intensidad de las preocupaciones de la seguridad alimentaria. La epidemia de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE) en el Reino Unido impulsó reacciones de miedo, percepciones, mitos, procesos reuulatorios, programas de mercadeo oportunistas y mejores actividades de los defensores de los derechos animales, que hasta entonces no tenían precedentes. Varias fuerzas han sido proactivas en contrarrestar estas influencias intensificadas. Es muy evidente que la investigación y la ciencia han proporcionado papeles positivos; sin embargo, es muy difícil contrarrestar el miedo y las percepciones. No obstante, estas influencias han afectado el enfoque de la FPRF.

Debe reconocerse la realidad de las influencias que todas estas cuestiones tienen sobre un programa de investigación. En la última década, la FPRF ha terminado, iniciado o colaborado en aproximadamente 200 proyectos de investigación. Casi todos estos proyectos han resultado en publicaciones arbitradas y en contribuciones significativas para las numerosas conferencias de nutrición y científicas que se realizan cada año. Los objetivos y las prioridades de los proyectos se han alterado en la última década. A mediados de la década de 1990, la fundación estableció una política para dirigir 75 por ciento de sus recursos a proyectos de objetivos que no estaban enfocados a alimentos para consumo animal o humano, pero reservaron el 25 por ciento para los estudios de nutrición multiespecies. Esta agenda de investigación prestó atención especial a los asuntos de bioseguridad, a aplicaciones de nuevos usos, acuicultura y bioenergía.

La FPRF se involucró en cooperar con el National Soydiesel Development Board en 1992, que posteriormente se le cambió el nombre a National Biodiesel Board. La industria del biodiesel se ha expandido espectacularmente, no sólo en Estados Unidos, sino internacionalmente. Además, la demanda de combustibles alternativos y la impulsores económicos de la energía han motivado la necesidad de

las investigaciones en biocombustibles. En un proyecto en la Universidad de Georgia, la FPRF proporcionó grasas animales y grasas de restaurante y aceites de cocción reciclados para calentar el campus durante el invierno de 2002, lo cual proporcionó datos importantes para las comparaciones de las emisiones y energía con los combustibles fósiles. La FPRF se ha convertido en el centro de intercambio de información para el informe final resultante y su interpretación (Adams, 2002). Un volumen significativo de la producción de grasa total de la industria del reciclaje se utiliza ahora como biocombustible.

El biodiesel, en su relación con la industria del reciclaje de subproductos de origen animal, se merece en realidad un libro en sí mismo. El número de plantas que producen biodiesel se está expandiendo rápidamente, y también se está expandiendo la disponibilidad de éste. Aunque la mayor parte de las plantas actuales están estructuradas para usar aceites vegetales, numerosas compañías de reciclaje, tanto en Estados Unidos como en Canadá, han invertido o están considerando fuertes inversiones en las instalaciones de producción de biodiesel. Griffin Industries, Inc. fue la primera compañía de reciclaje estadounidense en construir una planta y producir biodiesel en la localidad de Butler, Kentucky, en 1998. Se debe reconocer a la American Soybean Association (ASA) por dedicar los principales recursos para las iniciativas de biodiesel. Los objetivos de la FPRF y de la industria de reciclaje de subproductos de origen animal han sido para apoyar especificaciones de la materia prima, reglamentaciones y legislativas neutras. Las acciones legislativas para retener la paridad entre las materias primas han sido una cuestión constante y no siempre han resultado en la igualdad que se merecen las grasas y los aceites animales reciclados. Los procesos técnicos y los datos analíticos proporcionan seguridad de que las materias primas lípidas de la industria del reciclaje pueden resultar en la producción de biodiesel de calidad, que cumpla con los actuales requisitos de la Norma D6751 de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Los biocombustibles derivados de las grasas animales no han sido inmunes a asuntos de bioseguridad similares tan conocidos para los productos reciclados. Sin embargo, ya se han tratado las preguntas con respecto a cualquier influencia de la BSE, de otras encefalopatías espongiformes transmisibles (TSE) y de tóxicos que pudieran tener sobre la seguridad del biodiesel o biocombustible. La FPRF Directors Digest No. 329 proporciona un resumen de estas interrogantes (Pearl, 2004). Además, una amplia revisión de literatura realizada en Clemson University lleva a conclusiones de riesgo de bioseguridad sumamente bajo en total (Greene y Dawson, 2005).

La producción de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal de materias primas lípidas se aproxima casi a una tercera parte de todas las grasas y aceites que actualmente se producen en Estados Unidos y Canadá. Las fuentes alternativas de combustibles y energéticos van a continuar siendo una oportunidad no solo nacional, sino una en que todo el mundo debe enfocarse de manera más activa. Los coproductos animales reciclados están posicionados para seguir siendo un importante contribuyente de las necesidades de energía alternativa de Estados Unidos.

La investigación abocada a la seguridad microbiana de los productos reciclados de origen animal ha sido evidente a lo largo de la historia de la FPRF.

Más recientemente, un estudio de la Universidad de Illinois realizada por el Dr. Fred Troutt validó la efectividad del proceso de esterilización del reciclaje adecuado. Para realizar este estudio, cooperaron 17 plantas de reciclaje con el Dr. Troutt, sus asociados y la FPRF (Troutt et al., 2001). Continúa la investigación en el Animal Co-Products Research and Education Center (ACREC) para tratar este tema. Se espera que se pueda planear en el futuro cercano la construcción de una planta piloto de reciclaje de subproductos de origen animal.

Para cumplir con las prioridades de investigación ajustadas de la FPRF, continuó en la década de 1990 con los estudios tradicionales de nutrición, pero con una prioridad más enfocada. El trabajo financiado en acuicultura se expandió a un programa internacional. Se terminaron proyectos o están en desarrollo en China, Vietnam, Canadá, Reino Unido y en numerosas instalaciones de investigación en Estados Unidos en una gran variedad de especies piscícolas y de mariscos. La acuicultura se ha proyectado que sea una importante oportunidad para los ingredientes derivados de animales para alimentos balanceados. Sin embargo, el crecimiento de la acuicultura en Estados Unidos no ha mantenido el mismo ritmo que el resto del mundo. Las importaciones de mariscos en Estados Unidos están ahora en tercer lugar en el balance comercial, detrás del petróleo y los automóviles. De esta manera, el mercado mundial y las proyecciones de mercado a corto plazo para la producción acuícola deben dirigirse al segmento internacional, al tiempo que no se deben de ignorar el crecimiento más lento de la industria en Estados Unidos.

La diversidad de proyectos se pueden ver al revisar la lista de los proyectos terminados y aquéllos que están en desarrollo en la página web de la FPRF, [www.fprf.org](http://www.fprf.org). Los proyectos han servido a la industria muy bien para poder cumplir con las necesidades actuales del mercado, el desarrollo de nuevos mercados y las necesidades regulatorias y legislativas. Es probable que en el futuro vaya a ser necesaria la continua diversidad. Sin embargo, el desarrollo de ACREC como un bien de investigación adjunto y complementario, con su misión enfocada suplementada con los estudios de nutrición animal también enfocada, va a posicionar a la FPRF muy bien en el futuro para poder cumplir los deseos y las necesidades de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal.

### **Investigación y vigilancia de la BSE**

En acontecimientos que conducen a y la promulgación de la regla de alimentos de 1997, la FDA reconoció que numerosos hechos científicos necesarios no estaban y aún no están disponibles con respecto a las TSE, incluyendo la BSE. El Dr. Stephen Sundlof, Director del Center for Veterinary Medicine (CVM), dijo que “la investigación de los estudios independientemente validados sobre la etiología, patógenos y transmisión de las TSE sería de ayuda para la FDA, así como para otros gobiernos, ya que cada uno de nosotros hace esfuerzos para reducir el riesgo de las enfermedades TSE en el hombre y animales. De manera más importante desde la perspectiva de las medidas eficaces regulatorias y de hacer valer la ley, es que hay una gran necesidad de más conocimientos científicos sobre el ensayo del agente(s) en los alimentos para consumo humano y animal, de un ensayo confiable para la proteína específica en la harina de carne y hueso, de procesos de

fabricación que destruyan o de otra manera desnaturalicen el agente(s) de la enfermedad y pruebas para el diagnóstico de la enfermedad TSE en animales vivos” (Sundlof, 1997). Aunque hay un fuerte apoyo para la investigación en todas las áreas antes mencionadas, hay pocas respuestas que se hayan producido en la década que acaba de pasar. Sin embargo, en respuesta a la necesidad, la FPRF estableció un equipo internacional para desarrollar un protocolo para la investigación sobre la inactivación en 1997. Se diseñó un estudio y se apoyó ampliamente por parte de diferentes agencias y organizaciones. Hubiera sido una inversión de mucho valor para todos en la industria pecuaria, pero no se financió, otro ejemplo de las oportunidades perdidas en la investigación.

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal ha sido un importante contribuyente para el mejoramiento al programa de vigilancia de BSE del Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). Ha cooperado en toda su capacidad para adquirir datos de vigilancia, especialmente para los animales muertos en granja y los no ambulatorios de alto riesgo. El número de cerebros de ganado que se han examinado ha sido impresionante en el transcurso de los últimos dos años. Sin embargo, la necesidad de un programa mejorado requirió de varios años de motivación. En 1996, la FPRF desarrolló un estudio de laboratorio de diagnóstico para conseguir datos sobre las enfermedades del sistema nervioso central (SNC). Hubo 23 laboratorios estatales que participaron en el estudio en coordinación con los veterinarios del estado. Los resultados se proporcionaron a APHIS y a la FDA. Se recolectaron datos de los números de las muestras bovinas enviadas a los laboratorios con antecedentes de síntomas del SNC. Además, se obtuvieron datos de esas muestras enviadas al National Veterinary Services Laboratories (NVSL) para la confirmación de BSE. Las muestras con un diagnóstico positivo de otras enfermedades del SNC, tales como la listeriosis, rabia, polio o toxicidad química, no se enviaron al NVSL. La edición del verano de 1996 del Dx Monitor informó que la vigilancia de BSE en Estados Unidos llegó a un total de 3,425 cerebros durante el periodo de 1986 al 31 de julio de 1996. El estudio de la FPRF de laboratorios de diagnóstico estatales acreditados informó a través de sus veterinarios estatales que se habían examinado y proporcionado diagnósticos de otro agente causante del SNC o de un examen de BSE negativo en 8,383 animales durante el periodo de 1991 a junio de 1996. Estos datos proporcionaron una mayor seguridad de que la BSE no estaba presente o de una muy baja incidencia en ganado de Estados Unidos en ese momento.

En 1997, se formó una vez más el Subcomité de Vigilancia de TSE para ayudar en un programa a garantizar la eliminación adecuada de las canales de ganado descartadas por trastornos del SNC en empacadoras, mientras esperaban la prueba confirmatoria de BSE. El subcomité estuvo encabezado por el Dr. Fred Bisplinghoff y comprendía del Dr. Gary Pearl, Doug Anderson, Edward Murakami, Mike Gilbert y Greg Van Hoven. La industria del reciclaje de subproductos de origen animal cooperó completamente para evitar que se procesaran canales que mostraran enfermedades neurológicas hasta que se estableciera un diagnóstico negativo confirmado de la BSE. Este programa cooperativo una vez más suplementó la fortaleza de la vigilancia de BSE en Estados Unidos. La industria del reciclaje, una vez más, fue importante en el programa intensificado de pruebas que

se inició después del primer caso de BSE en Estados Unidos en el 2003. Un porcentaje muy alto de los 785,638 animales actualmente analizados ha sido proporcionado por los recicladores desde junio de 2004 cuando se iniciaron las pruebas mejoradas. La infraestructura y el apoyo de la industria en la vigilancia de enfermedades animales es solamente otra función importante que contribuye a la industria pecuaria.

Las medidas reglamentarias de la FDA de prohibir ciertas proteínas derivadas de rumiantes en los alimentos usados en animales rumiantes, las numerosas demandas de países de exportación y las preocupaciones recientes con respecto a la enfermedad de pérdida crónica de peso en cérvidos, así como las reglamentaciones pendientes del material de riesgo especificado (SRM) han creado la necesidad de procedimientos analíticos rápidos. Aún se requiere de ensayos para detectar e identificar tejidos derivados de especies de animales específicos. Los asuntos sobre SRM crean ahora también la necesidad de identificar tejidos específicos dentro de las mismas especies. Estas capacidades no están disponibles con la especificidad y la precisión de especies que se requiere, que sean consistentes con el costo y los resultados oportunos que se necesitan. La FPRF ha estado colaborando con la Florida State University y Neogen en patrocinar investigación para desarrollar esta tecnología. Se espera que estos esfuerzos continuos de investigación vayan a rendir frutos en traernos procedimientos que ayuden a cubrir estos vacíos.

### **El Animal Co-Products Research and Education Center**

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal ha entrado en una nueva era de compromiso para asegurar una base científica para la utilización de tejidos de coproductos animales. La FPRF y Clemson University han consumado un acuerdo de colaboración para la formación de un centro de investigaciones dirigido a los coproductos animales. El ACREC se aprobó oficialmente en octubre de 2005 y se inauguró en una conferencia que se realizó en el campus de Clemson University, Clemson, Carolina del Sur, el 27 de marzo de 2006. El ACREC es un centro internacional de investigación de coproductos concentrado en los tejidos no comestibles de la producción y procesamiento de animales para consumo humano. Su enfoque será en la utilización nueva o mejorada, y segura de los recursos de coproductos animales. Su establecimiento va a permitir una red de científicos, en concierto con todos los segmentos de la producción animal, para que se concentre en la utilización segura de casi el 50 por ciento de toda la producción del peso vivo de los animales para consumo humano. Este volumen de materia prima animal en Estados Unidos se acerca a los 24.5 millones de toneladas (54 mil millones de libras) al año, lo cual en sí mismo justifica el desarrollo del ACREC por parte de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal.

#### *Un resumen histórico del ACREC*

La industria y sus productos han pasado a otro nivel de escrutinio. Aunque no hay razones científicas que impidan el uso continuo de subproductos animales

como fuentes de nutrientes en alimentos balanceados, los desafíos de esta noción se han hecho más frecuentes y han aumentado en intensidad. Es imperativo que la investigación dirigida a nuevos objetivos de uso que no sean de consumo animal o humano, reciban una mayor prioridad. Además, la garantía de la seguridad microbiana de los productos reciclados de origen animal debe convertirse en una prioridad de investigación más alta. Estas realidades y los numerosos aportes de planeación estratégica llevaron a la concepción de un centro o instituto que pudiera enfocarse a estos objetivos. El concepto primero fue primero analizado por el presidente de la FPRF con el comité ejecutivo en la primavera de 2002. Al presidente se le dio la autoridad de buscar el interés y las oportunidades mutuas con varias instituciones de investigación, tanto públicas como privadas. Uno se pudo haber desilusionado por las numerosas reacciones negativas que se recibieron durante las presentaciones iniciales. Las reacciones fueron muy típicas de la percepción del reciclaje de subproductos de origen animal y sus productos. El compromiso multimillonario en dólares requerido para asociarse con instituciones privadas significaba que la alternativa no era económicamente factible. La industria y sus aliados compitieron con numerosas industrias que cuentan con financiamiento de investigación a través de programas de contribuyentes de productores y de subsidios gubernamentales.

Sin embargo, durante una revisión de consulta de proyectos con la Dra. Annel Greene, del Departamento de Ciencias Animales y Veterinarias de Clemson University, se analizó el concepto de un centro. Inmediatamente, se consultó al Dr. Paul Dawson del Departamento de Ciencias de los Alimentos, y este par de investigadores y profesores de Clemson University se convirtieron en los campeones en lograr el establecimiento de ACREC.

Clemson University, ubicada en Clemson, Carolina del Sur en Estados Unidos, es una de las instituciones establecidas para promover una relación simbiótica entre la investigación, la enseñanza y la extensión. Tiene una inscripción de 17,000 estudiantes en cinco instituciones académicas con más de 70 campos de estudio. De particular importancia es su magnífico registro de establecer una atmósfera intracurricular. Esta interacción de intereses y experiencia ha conducido al desarrollo de centros de investigación para industrias específicas. Los más notables son el National Brick Research Center fundado en 1987, y el recientemente fundado International Center for Automotive Research en Greenville, Carolina del Sur. Prácticamente toda la investigación con referencia a la mezcla, fabricación y aseguramiento de la calidad de ladrillos y cerámica se realiza en el National Brick Research Center, que ya ha crecido hasta ser un programa multimillonario en dólares, albergado en un edificio de reciente construcción. La cultura interdisciplinaria entre el profesorado de Clemson los ha colocado entre las 25 principales universidades en el país en cuanto a los ingresos ganados de patentes y propiedad intelectual.

Después de la discusión conceptual del centro, los Drs. Greene y Dawson abogaron por la integración de científicos y educadores de diversos campos académicos. El 21 de febrero de 2003, se realizó un foro de discusión, en el que un quórum de gente que apoya que representaban la experiencia de numerosos departamentos y funcionarios ejecutivos, llenaron el salón F-145 del Poole

Agricultural Center a su capacidad máxima de gente de pie. El concepto y el plan básico se analizaron en la reunión de primavera de 2003 de la FPRF. Don Davis, el entonces Presidente de la Mesa Directiva de la FPRF, estableció un comité organizador para realizar el desarrollo del Animal Co-Products Research Institute:

Don Davis, Central Bi-Products  
John Dupps Jr., The Dupps Company  
Barry Glotman, West Coast Reduction  
Ross Hamilton, Darling International  
Kevin Kuhni, John Kuhni Sons  
Mark Myers, National By-Products  
J.J. Smith, Valley Proteins  
Dr. Gary Pearl, Presidente de la FPRF (Presidente)

Este comité se reunió en el campus de Clemson del 17 al 19 de agosto de 2003, para realizar discusiones profundas con los funcionarios ejecutivos de la universidad, decanos, directores de departamentos, profesores e investigadores, y además visitaron laboratorios y el centro de ladrillos. El informe del comité para la Mesa Directiva de la FPRF resultó en la aprobación del desarrollo de un acuerdo, estatutos y el inicio de un grupo inaugural de proyectos de investigación a aprobarse en la reunión del Comité de Investigación de la FPRF de abril de 2004. El nombre oficial aprobado por la Mesa Directiva fue el de Animal Co-Products Research and Education Center. El nombre se concretó solamente después de una considerable deliberación. La mayoría expresaba la necesidad de incluir el componente de educación como algo muy importante para los objetivos finales proporcionados por ACREC. La educación continúa siendo un vínculo importante perdido para describir la importancia del reciclaje y sus productos en las industrias de animales para consumo humano, para legisladores y consumidores. Se inició la ardua tarea de articular un acuerdo y los estatutos operativos, además de que se iniciaron y completaron los siguientes nueve proyectos inaugurales:

- 04C-1 Enumeración de bacterias térmicamente resistentes en materias primas recicladas – Dra. Annel Greene
- 04C-2 Determinación de los valores Z y F de las bacterias térmicamente resistentes aisladas de las materias primas recicladas – Dr. Paul Dawson
- 04C-3 Evaluación microbiológica de las bacterias resistentes a antibióticos en productos animales reciclados – Dr. Xiuping Jiang
- 04C-4 Análisis de fracciones separables de proteínas de materiales de subproductos animales crudos seleccionados – Dr. Jim Acton y Dr. Ashby Bodine
- 04C-5 Determinación del contenido de proteína y usos potenciales de sobrenadantes de homogenizados de tejidos de glándulas mamarias de bovinos y porcinos – Dr. Tom Scott
- 04C-6 Selección de péptidos bioactivos de proteínas de subproductos animales – Dr. Feng Chen

- 04C-7 Síntesis de biodiesel de grasas derivadas de animales mediante catálisis heterogénea – Dr. James Goodwin Jr.
- 04C-8 Extrusión y moldeo de fracciones de proteínas y grasas derivadas de subproductos animales para aplicaciones de empaques y estructurales – Dr. Amod Ogale
- 04C-9 Estudio de tecnologías económicamente factibles para eliminar a la dioxina y tóxicos parecidos a la dioxina de los coproductos animales – Dr. John Coates

Varios miembros del personal legal de la FPRF ayudaron en el acuerdo y en el proceso de desarrollo de los estatutos. La oficina de rector en Clemson proporcionó la ayuda de Renee Roux, por lo que de esta manera se minimizaron los gastos legales. La estructura organizativa del ACREC es única, funcional y mantiene la integración de científicos y educadores de diferentes campos en instituciones académicas, industriales y gubernamentales para cumplir con las prioridades de educación e investigación específicas que tienen que ver con los coproductos animales. La FPRF está identificada como el único patrocinador fundador. Sin embargo, está abierta la participación tanto a los miembros como a los no miembros de la FPRF. Hay beneficios claros al adquirir membresías tanto en la FPRF como en ACREC, para maximizar los beneficios de la investigación de los coproductos animales. Existe un beneficio demostrado y la productividad proporcionada por las coaliciones de investigación comprendidas por universidades, fundaciones de investigación de la industria y miembros de la industria representativa en adquirir y utilizar el financiamiento del proyecto. El acuerdo de ACREC y sus estatutos están a disposición de los miembros de la FPRF y solicitantes en cualquier momento. El apoyo de los miembros de todas las industrias conexas es de suma importancia en el éxito futuro de ACREC.

#### *Declaración de la misión de ACREC*

El centro va a avanzar en la ciencia y tecnología de los coproductos animales, a aumentar la educación de los estudiantes universitarios y del público, y a educar y servir a la industria del reciclaje de subproductos de origen animal, a los usuarios comerciales de los coproductos animales y a los miembros del centro con investigaciones prioritarias de usos nuevos y mejorados de los coproductos animales y los procesos de reciclaje.

La misión del centro es compatible con la misión educativa de la universidad y con la intención y propósito de sus miembros de impulsar y apoyar la investigación, la educación y el servicio público en asuntos relacionados con la industria del reciclaje de subproductos de origen animal.

#### *Principios orientadores del ACREC*

- Apoyo a los procesos educativos mediante la educación de estudiantes de licenciatura y posgrado e internos de la industria en actividades de investigación y servicio.

- Proporcionar servicios de investigación oportunos y resultados de investigación que tengan un impacto significativo en las operaciones de sus miembros y en las industrias pecuarias conexas.
- Estar manejado por una mesa directiva en cumplimiento con las reglamentaciones de la universidad y definido dentro de sus estatutos.
- Ser activo en proporcionar información oportuna para los miembros.
- Buscar de manera dinámica el financiamiento externo de fuentes federales, estatales y locales.
- Seguir las reglas, leyes y reglamentaciones universitarias, estatales y federales.
- Establecer el reconocimiento global como una institución de excelencia.
- Considerar las cuestiones tradicionales y nuevas que surjan dentro de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal.
- Servir como un recurso técnico y un asesor científico.

La Mesa Directiva de la FPRF y el Consejo de Administración de Clemson University aprobaron los documentos del acuerdo que entraron en vigor el 1 de octubre de 2005. Los siguientes miembros de la Mesa Directiva y Directivos fueron elegidos en la primera reunión:

Dr. Calvin L. Schoulties (Presidente), Decano del Colegio de Agricultura, Silvicultura y Ciencias de la Vida de Clemson University  
Dr. Gary G. Pearl (Vicepresidente), Expresidente de la FPRF  
Gerald “J.J.” Smith – Valley Proteins  
Dra. Annel K. Greene (Directora del Centro), Clemson University  
Dr. Paul L. Dawson (Subdirector del Centro), Clemson University  
Dra. Doris Helms (Secretaria/Tesorera), Provoste de Clemson University y Vicepresidenta de Asuntos Académicos  
Dr. Ross Hamilton – Darling International, Inc.  
Dr. John Kelly – Vicepresidente de Clemson University para Servicio Público y Agricultura  
Kevin Kuhni – John Kuhni Sons Inc.

El Comité de Investigación del ACREC se reunió por primera vez en diciembre de 2005 en la planta de reciclaje de Valley Proteins, en Ward, Carolina del Sur. Los miembros del primer comité fueron J.J. Smith, Fred Wellons de Baker Commodities, David Kirstein de National By-Products, Dr. Gary Pearl, Drs. Annel Greene y Dr. Paul Dawson.

La FPRF ha invertido mucho para hacer realidad este centro. El 27 de marzo de 2006, se inauguró formalmente el ACREC en una conferencia inaugural en el Madren Center del campus de Clemson University. La asistencia y entusiasmo del público internacional de medios, funcionarios gubernamentales, líderes políticos, estudiantes, investigadores, científicos, ejecutivos de la industria y académicos, subrayó las oportunidades de la investigación en coproductos. Las presentaciones de la conferencia ciertamente trajeron al frente la necesidad de apoyar el reciclaje de subproductos de origen animal como el medio más seguro y

económico de utilizar los coproductos animales como “el guarda de la industria pecuaria”.

### **EI USDA/ARS**

Otro recurso importante de investigación para nuestra industria, ha sido el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). El Servicio de Investigación Agrícola (ARS) del USDA es una red de instalaciones de investigación, sitios de investigación de la ARS específicamente posicionados o en cooperación con universidades. Aunque las unidades son multidisciplinarias, cada una tiene una especialidad. Por ejemplo, el Eastern Regional Research Center (ERRC) en Wyndmoor, Pensilvania, Estados Unidos, ha sido sumamente benéfico y ha apoyado mucho a los esfuerzos de investigación de la FPRF y los coproductos animales. El ERRC está dirigido por el Dr. John P. Cherry y ha servido como el lugar en el que tradicionalmente se ha realizado investigación sobre lana, cuero y pieles curtidas. El sitio y su personal han realizado cursos de capacitación de rutina dirigidos a estos coproductos durante muchos años. Actualmente, el Dr. Bill Marmer es el líder de la unidad de investigación de la recientemente nombrada Unidad de Grasas, Aceites y Coproductos animales. El cambio de nombre refleja la concentración de investigación al que este lugar se está dirigiendo: los recursos de coproductos animales. Es esencialmente el único grupo en ARS dedicado a la investigación exploratoria dirigida a añadir valor a los coproductos animales, harina de carne y hueso, sebo, grasas, pieles y lana. El trabajo colabora con aquellas prioridades de investigación establecidas por ACREC. El Dr. Marmer ha fungido en el Comité de Investigación de la FPRF desde 1998 y ha hecho consultorías con numerosos patrocinadores de la FPRF sobre sus proyectos individuales de investigación. El Dr. Raphael García, un miembro de la unidad, actualmente realiza un proyecto titulado “Propiedades de ingeniería no nutricionales de la harina de carne y hueso”. Además, el Dr. Thomas Foglia y el Dr. Michael Haas están involucrados en numerosos proyectos de biodiesel y bioenergía que utilizan tanto grasas animales como productos de proteína reciclada animal. Estas iniciativas se complementan con la agenda de investigación establecida en los planes estratégicos de la FPRF. Estos esfuerzos sinérgicos de investigación de la FPRF, ACREC, USDA/ARS e industrias conexas, son de gran importancia para todos los productores y procesadores de carne, industrias oleoquímicas y sus consumidores. La continua dependencia de Estados Unidos del petróleo extranjero, le da una significancia incluso mayor a la investigación exploratoria. La industria pecuaria tiene numerosos recursos de coproductos que contribuyen a este fin. La investigación cooperativa dirigida a estos objetivos prioritarios proporcionan la oportunidad de hacerlos realidad.

### **Resumen**

La FPRF ha sido sinónimo de investigación para la industria del reciclado de subproductos de origen animal. La importancia de la investigación para cualquier industria no debe exagerarse, pero es una necesidad para el reciclaje y los

productos reciclados de origen animal. La FPRF ha sido un recurso integral de investigación para todas las industrias pecuarias y está ahora lista para cosas aún más importantes y más productivas conforme avanza hacia el futuro. Un nuevo presidente, el Dr. Sergio Nates, está ansioso y listo para mantener al reciclaje de subproductos de origen animal como el “guarda de la industria pecuaria”. La investigación de la FPRF va a continuar dirigiendo a la industria del reciclaje de subproductos de origen animal y apoyando la integridad de sus procesos y políticas.

### **Bibliografía**

- Adams, T.T., j. Walsh, M. Brown, J. Goodrum, J. Sellers, and K. Das. 2002. A Demonstration of Fat and Grease as an Industrial Broiler Fuel. Fats and Proteins Research Foundation, Inc. Directors Digest No. 320.
- American Society of Animal Science. 1969-1998. *Techniques and Procedures in Animal Science Research*. Savoy, IL.
- Fats and Proteins Research Foundation. 1965. Research summaries and patent files.
- Franco, D.A., and W. Swanson. 1996. *The Original Recyclers*. Animal Protein Producers Industry, Fats and Proteins Research Foundation, and National Renderers Association.
- Greene, A.K., and P.L. Dawson. 2005. Biodiesel from Animal Fats: A Technical Review of the Relevant Literature. Clemson University, Clemson, S.C. Prepared by the ATF TSE sub-group.
- Morrison, F.B. 1957. *Feeds and Feeding: A Handbook for the Student and Stockman*. The Morrison Publishing Company, Ithaca, New York.
- National Research Council. 2006. Nutrition requirements series. National Academy Press. Washington, D.C.
- Pearl, G.G. 2004. Biodiesel and BSE. FPRF Directors Digest No. 329.
- Sundlof, S.F. 1997. Director, Food and Drug Administration, Center for Veterinary Medicine. Comunicación personal.
- Troutt, H.F., D. Schaeffer, I. Kakoma, and G.G. Pearl. 2001. Prevalence of Foodborne Pathogens in Final Rendered Products. FPRF Directors Digest No. 312.
- U.S. Food and Drug Administration. 1997. Regulation 21CFR 589:2000.
- Waterman, G.A. 1904. The Practical S

## **INVESTIGACIONES FUTURAS PARA LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL**

Dr. Sergio F. Nates

Presidente

Fats and Proteins Research Foundation, Inc.

### **Resumen**

Durante miles de años, el ser humano ha utilizado los animales para alimento, fibras y energía, además de que el reciclaje se ha realizado durante muchos siglos. Sin embargo, en las últimas dos décadas, la versatilidad de los subproductos reciclados de origen animal ha llevado a un mayor uso en muchas aplicaciones. Además, ha habido numerosos avances tecnológicos y cambios legislativos en estos últimos años que impactan directamente al reciclaje de los residuos agropecuarios a productos de valor agregado. Muchos de estos cambios han forzado la reevaluación de cómo enfrentarse con la población de animales de desecho y han dirigido el método y los objetivos de investigación entre la comunidad científica del reciclaje.

### **La investigación en la industria del reciclaje de subproductos de origen animal**

A finales de la década de 1950, como parte de un programa general de investigación financiado por la National Renderers Association (NRA), un número sustancial de proyectos se dirigieron hacia el campo de los polímeros y plásticos a partir de grasas. Además, se enviaron cartas a más de 100 laboratorios que solicitaban propuestas del uso del sebo y los productos de proteína. El sebo siempre se ha considerado como un producto de valor en la industria del reciclaje de subproductos de origen animal y con la caída en el valor después del miedo por la encefalopatía espongiforme bovina (BSE), se convirtió en un buen candidato para su conversión a combustible.

### *Nutrición*

La primera recomendación del uso de los subproductos de la carne en los alimentos para animales la hizo Liebig en 1865. Al trabajar con el ingeniero belga George Giebert, Liebig concibió un método eficiente de producir un extracto de res a partir de las canales y el mismo año fundaron Liebig Extract of Meat Company (Lemco), para comercializar el extracto como una alternativa barata y nutritiva a la carne verdadera. Hoy en día, Lemco es parte del grupo Unilever, que es propietario de muchas marcas de productos para el consumo en el mundo en alimentos, entre las que se incluyen Slim-Fast y Ragú.

Los resultados de los estudios que examinan la utilización y digestibilidad de una variedad relativamente grande de ingredientes de proteína animal reciclada se han resumido en numerosos estudios desde principios de la década de 1950. Durante la década de 1960 y a principios de la de 1970, se citó una gran variedad de

referencias en la literatura con relación al uso de la carne reciclada en alimentos para ganado lechero, para terneras y para ganado de engorda. En respuesta al surgimiento de la BSE, se iniciaron estudios epidemiológicos a finales de la década de 1980 y se estudió ampliamente el papel de la harina de carne y hueso (HCH) como ingrediente para alimentos balanceados. De la misma forma, el excedente de HCH ha motivado investigaciones para encontrar nuevas aplicaciones. Muchas de estas aplicaciones incluyen el uso de la HCH como fertilizante y como base para material plástico. De la misma forma, se han realizado estudios para evaluar el valor de las harinas de pluma y de carne como fuente de suplemento de proteína para múltiples especies (cerdos, ganado de engorda y lechero, aves, gatos, perros, peces y camarones). Como con la mayoría de los ingredientes de alimentos balanceados que usa la industria pecuaria, ya se han calculado los niveles de nutrientes y los valores de energía metabolizable verdadera tanto para la harina de plumas como para la harina de carne. Los problemas de palatabilidad con las harinas de carne y de plumas también se han tratado y en estudios más recientes se han enfocado a las características bioquímicas, fisiológicas y moleculares de los subproductos de reciclados de origen animal. También han sido motivo de estudio los efectos de la manipulación del pH, la hidrólisis de las plumas avícolas con enzimas, y las especies de bacterias presentes en los subproductos reciclados.

Entre las áreas exploratorias más recientes de investigación para el uso de los subproductos de origen animal se encuentran la acuicultura. Sin embargo, debido a una serie de restricciones, la investigación en acuicultura frecuentemente se realiza a escala de laboratorio, por lo que también siempre existe la incertidumbre de si los resultados de estos estudios son válidos a escala comercial. Por otro lado, con el crecimiento que ha habido en acuicultura en la última década y dado el espectacular incremento en la proporción del consumo de la harina y de aceite de pescado del sector de los alimentos acuícolas, la mayor parte de la investigación dentro de la industria se ha enfocado al uso de fuentes de proteína alternas. Entre las alternativas, se ha estudiado la harina de carne y la harina de plumas, cuyo potencial ya se ha establecido como componente importante en las dietas acuícolas para peces y camarones para reemplazar total o parcialmente la harina de pescado (Smith et al., 2001, Kureshy et al., 2000, Abdel-Warith et al., 2001). Aunque existe una preocupación importante debido a la digestibilidad relativamente baja de ambas harinas y por el efecto que puede tener sobre el aumento en la carga de nitrógeno y fósforo en los estanques y aguas de desecho, las mejoras en la calidad nutritiva de las harinas de subproductos que se han logrado en los últimos años debe disipar esos miedos. Las mejoras se atribuyen probablemente a las mejores prácticas de fabricación, a la mejor selección de las materias primas y a la optimización de las condiciones del procesamiento. En conclusión, la respuesta más marcada que se hace notar en los experimentos ha sido la diferencia en la digestibilidad de nutrientes entre los subproductos reciclados de origen animal, lo que indica que la digestibilidad está influida por los componentes de la mezcla o por el proceso del reciclaje.

### **Investigación en la FPRF**

El propósito de la Fats and Proteins Research Foundation (FPRF) es el de dirigir y administrar el proceso de investigación que resulte en un mejoramiento del uso actual y en el desarrollo de nuevos usos para los productos animales reciclados. Desde 1962, la FPRF ha realizado amplios estudios de evaluación para los recicladores y la industria de alimentos balanceados.

El proceso científico es fundamental para la investigación científica y para la adquisición de nuevos conocimientos con base en las evidencias físicas de la comunidad científica. Sin embargo, la investigación científica, como con otros esfuerzos cooperativos, requiere de confianza para que florezca. La cooperación y confianza en la industria de reciclaje de subproductos de origen animal se refleja en el hecho de que desde que se estableció la fundación, la FPRF ha terminado más de 550 proyectos. Una de las áreas prioritarias de la FPRF ha sido apoyar la investigación de la utilización de los subproductos o coproductos de origen animal procesados por la industria de reciclaje, tales como la harina de sangre, la HCH, sebo, pelo hidrolizado y harina de plumas. Durante los últimos 40 años, la investigación de la FPRF ha documentado la mejora continua en los productos de la industria de reciclaje medidos mediante la biodisponibilidad, bioseguridad y consistencia. Asimismo, la tecnología analítica ha proporcionado datos específicos de nutrientes para propósitos de formulación. La FPRF también ha presentado una amplia base de literatura para refutar problemas tales como la presencia de aminos biogénicos en las proteínas animales y polietileno en las grasas animales, en el sentido de que sean nutricionalmente perjudiciales. Hay otros proyectos que se han relacionado con los espectros ecológicos del proceso de reciclaje. Muchos proyectos anteriores fueron estudio nutricionales, mientras que otros se dirigieron a las modificaciones para aumentar su valor y aplicaciones (Pearl, 1996).

La investigación en biodiesel ha sido parte de las metas de investigación de la FPRF desde principios de la década de 1990. La industria de reciclaje de subproductos de origen animal ha experimentado un éxito importante en la utilización de grasas animales recicladas como combustible para quemadores. La acumulación de las características de quemado y pruebas de emisiones de la FPRF ha permitido que las grasas animales sustituyan al combustible No. 2 o No. 6, o al gas natural para la producción de vapor.

Casi ciertamente lo más notable y reciente de todos los logros de investigación de la FPRF ha sido la apertura oficial del Animal Co-Products Research and Education Center (ACREC) de Clemson University, en Clemson, Carolina del Sur, Estados Unidos. Como resultado, se inició en abril de 2004 la base inicial de nueve proyectos interdisciplinarios específicos de usos alternativos y de bioseguridad. Los proyectos actuales de investigación en el ACREC incluyen el análisis químico del sebo, la investigación de factores de crecimiento, los péptidos y residuos de plaguicidas en las harinas de subproductos, la solución a problemas del olor y la identificación de bacterias aisladas de los productos reciclados.

## El futuro

Una nota del Dr. C. Wayne Smith, profesor adjunto de Antropología de Texas A&M, dice así: “Es un mundo de lo paradójico y a veces, de lo macabro. Un zapato de piel del siglo XVII se siente tan suave y flexible como nunca, a pesar de haber estado en el fondo del mar durante cientos de años”. Uno de sus principales objetivos de investigación es el de desarrollar nuevos procesos que se puedan usar para conservar reliquias, que actualmente se utilizan en la preservación de órganos para estudios médicos. Una cuestión fantástica en investigación es que se pueda hacer algo que sea benéfico dentro de una disciplina y luego pasarla a otras industrias.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos llama al "reciclaje" (rendering) como el proceso de calentamiento de grasas, huesos, residuos y material relacionado derivado de las canales del ganado, aves, y pescado, y el uso de aceites y grasas de cocción. Los procesos y técnicas desarrolladas por la industria del reciclaje inicialmente estaban destinados a convertir a los animales muertos y subproductos de origen animal en ingredientes para una amplia gama de bienes industriales y del consumidor. Sin embargo, han sido tan eficaces, que ya están teniendo papeles importantes en otras áreas tales como la medicina y la biotecnología.

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal continúa beneficiándose de las mejoras en la industria agroalimentaria conforme sus subproductos se diseñan para cumplir con una serie de necesidades. Irónicamente, alrededor de la mitad de cada vaca que se sacrifica y una tercera parte de cada cerdo no lo consume el humano, y para 2020 los países desarrollados van a consumir 100 millones de toneladas métricas más de carne que lo que hicieron en 1993. Así, muchas de las innovaciones en la industria probablemente se van a enfocar al uso de las tecnologías ambientalmente responsables; para en su mayoría proporcionar a la industria de procesamiento de alimentos para consumo humano herramientas más eficientes con respecto al uso de los recursos y para disminuir el volumen de los efluentes. De la misma forma, se va a requerir de más investigación innovadora para poder proporcionar a la industria del reciclaje herramientas competitivas que sean compatibles con las consideraciones ambientales. Por otro lado, la aplicación de la ingeniería genética a la agricultura, en lo que se incluye a una amplia variedad de propósitos a una serie de animales que tradicionalmente se usan como fuentes de alimentos, como las vacas, los cerdos y los peces, van a desatar debates entre científicos, funcionarios de salud pública, líderes comerciales y legisladores sobre una serie de cuestiones, tales como la seguridad de los subproductos de la industria de reciclaje de subproductos de origen animal.

Debido a que el déficit comercial de mariscos y pesquería es el más grande de todos los productos alimenticios o agrícolas de Estados Unidos, este país tiene una gran oportunidad para desarrollar aún más una industria acuícola nacional sustentable y redituable. Sin embargo, para lograr esta meta no va a ser fácil y la investigación continuará buscando las fuentes alternativas de proteína para alimentar a los especies acuícolas cultivadas en granjas. Es imperativo que la industria siga demostrando y descubriendo maneras más eficientes y seguras para

convertir los subproductos de la industria de reciclaje de origen animal en componentes nutritivos de alimentos acuícolas.

Sin duda alguna a través del uso de las modernas tecnologías y de los modernos métodos de control de calidad y con el continuo énfasis en la bioseguridad, uno podrá ver hacia atrás antes de que pasen muchos años y darse cuenta de cuánto avance se ha logrado al expandir la calidad, valor y seguridad de los subproductos de origen animal.

### **Bibliografía**

- Abdel-Warith A.A., P.M. Russell, and S.J. Davies. 2001. Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture Research*. 32(1):296-305.
- Goodrum, J.W. 2002. Volatility and boiling points of biodiesel from vegetable oils and tallow. *Biomass and Bioenergy*. 22(3):205-211.
- Kiepper, B.H. 1985. Characterization of poultry processing operations, wastewater generation, and wastewater treatment using mail survey and nutrient discharge monitoring methods. M.S. Thesis, The University of Georgia, Athens, Georgia.
- Kureshy, N., D.A. Allen, and C.R. Arnold. 2000. Partial replacement of fish meal with meat-and-bone meal, flash-dried poultry by-product meal, and enzyme-digested poultry by-product meal in practical diets for juvenile red drum. *North American Journal of Aquaculture*. 62:266-272.
- Mathews, D. 2001. U.S. Department of Agriculture/Agriculture Research Service BSE Workshop Meeting. Marzo 15 Rockville, MD.
- Pearl, G.G. 1996. The Fats and Proteins Research Foundation. *The Original Recyclers*. Eds. D.A. Franco and W. Swanson. pp. 225-238.
- Smith, D.M., G.L. Allan, K.C. Williams, and C.G. Barlow. 2001. *Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia*. World Aquaculture Society. Louisiana State University. Baton Rouge, LA.

## **¿CÓMO SERÍA EL MUNDO SIN EL RECICLAJE DE LOS SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL?**

Stephen L. Woodgate  
Director Técnico  
European Fats Processors and Renderers Association

### **Resumen**

Se podría concebir un mundo sin el reciclaje de subproductos de origen animal, aunque la industria ha existido globalmente por muchos años. Al tratar de considerar como sería el mundo sin el reciclaje, la industria del reciclaje se ha definido a sí misma y se han establecido límites para evaluar el alcance de este capítulo. Se han considerado una gran variedad de escenarios, entre los que se incluyen las alternativas controladas para el reciclaje y la eliminación sin control de los subproductos animales como desperdicios. Con el uso de la información que hay en la literatura, se ha propuesto una jerarquía de opciones además del reciclaje. A la luz del conocimiento actual, el uso de los subproductos animales como combustibles para producir energía parece ser la mejor de las opciones que no tienen que ver con el reciclaje. La investigación y de hecho la aplicación a escala completa de estas tecnologías parecen indicar su promesa, particularmente en un mundo sin el reciclaje.

Otras opciones controladas que se consideran tienen algunos méritos en términos del procesamiento de subproductos de origen animal pero también les falta mérito, como en la falta de productos fabricados, la falta de capacidad y el impacto negativo en el ambiente. Tal vez no es de sorprendernos que tirar la basura indiscriminadamente y los rellenos sanitarios controlados serían las peores opciones que llevarían a impactos ambientales muy negativos con implicaciones posibles muy graves para la salud animal y humana. Se concluye que en el caso de que no hubiera reciclaje como una tecnología de proceso, se estarían entonces haciendo esfuerzos muy importantes para “inventarlo”.

### **Introducción: ¿Qué es el reciclaje de subproductos de origen animal?**

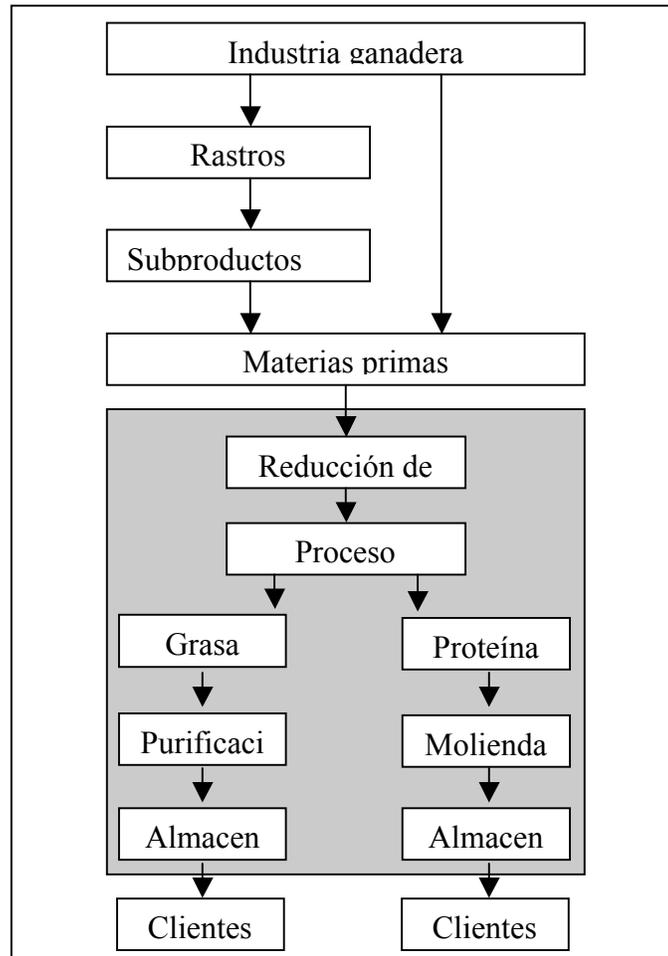
El reciclaje de subproductos de origen animal (rendering) es una de las actividades más antiguas que ha practicado la civilización humana (Woodgate y Van der Veen, 2004) aunque no se hubiera desarrollado hasta constituir una industria como la que conocemos hasta hace relativamente poco. Además, Woodgate (2005) concluyó que el reciclaje era “la industria imprescindible”. Por lo tanto, un mundo sin reciclaje es algo difícil de contemplar y describir. No obstante, ese es el desafío al que enfrentamos en este capítulo.

Para poder poner el mundo sin el reciclaje en el contexto adecuado, primero necesitamos definirlo como lo conocemos y establecer los límites más allá de lo que se describe en este capítulo. Esencialmente, el proceso de reciclaje tiene que ver con materia prima de origen animal de alto contenido de humedad y

actividad microbiológica a los que se aplica calor para evaporar el agua, se reduce la “carga” microbiana y se separa la grasa “celular” (si está presente) de los otros componentes. Si están presentes niveles altos de grasa en las materias primas, la grasa fundida se elimina de la masa por medios físicos tales como la centrifugación o el prensado con expeller. Los dos posibles productos del reciclaje son el residuo “sólido” de alta proteína conocido como proteína animal procesada o harina de carne y hueso (HCH) y el material lípido conocido como grasa reciclada (sebo). En el sentido clásico del reciclaje de subproductos de origen animal, los productos ricos en proteína se han usado en alimentos para animales y el sebo se ha usado en las industrias de alimentos para animales, oleoquímicos y de la producción del jabón.

El reciclaje se describe en términos genéricos en la figura 1. Este esquema aplica para el procesamiento de animales y subproductos que contienen niveles significativos de grasa o tejidos grasos. Sin embargo, para englobar todo, el término reciclaje también va a incluir aquellos procesos que tienen que ver con las materias primas bajas en grasa, tales como la sangre y las plumas. De esta descripción simple y general del reciclaje y de los usos de los productos reciclados, ahora es posible considerar otros procesos, métodos de tratamiento o usos que no se pueden describir como reciclaje.

**Figura 1. Diagrama de flujo de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal en el contexto de la industria pecuaria.**



### Reciclaje y procesos alternativos

Siempre ha habido muchas alternativas para el reciclaje y algunos de estos métodos aprobados que se usan en la Unión Europea (UE) se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Resumen de las opciones controladas del procesamiento de subproductos animales en la UE.**

Proceso de reciclado
Preparación de las materias primas para alimentos para mascotas
“Alternativas” aprobadas
Digestión anaeróbica: biogás
Formación de composta
Incineración
Coincineración

Al tomar en cuenta todos los subproductos animales que no están destinados al consumo humano, hay una gama de oportunidades de procesamiento que se pueden considerar de acuerdo con el estatus de la materia prima y la demanda de los productos producidos. En el cuadro 2 se muestra una gama de usos de los productos producidos ya sea por el reciclaje convencional o por los procesos “alternativos” después del reciclaje.

**Cuadro 2. ¿Qué se puede hacer con los productos reciclados de origen animal?**

Proteínas animales procesadas		Grasas recicladas	
Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
Alimentos balanceados	Combustible	Alimentos balanceados	Combustible
Alimentos para mascotas	Agregados	Jabón	Biodiesel
Fertilizante	Apatita (hidroxifosfato de calcio)	Olequímicos	Plásticos

Por lo tanto, lo que sigue es que si el reciclaje no se hubiera inventado o de repente ya no existiera, se requerirían entonces de alternativas para procesar parte de estas materias primas o el material se tiraría en basureros ilegales.

### Alternativas al Reciclado

Esta sección va a considerar solamente los aspectos técnicos independientes de cada alternativa. En una sección posterior se van a considerar los otros factores esenciales, tales como la capacidad, las implicaciones en la salud animal y humana, y el impacto ambiental. Las alternativas se pueden dividir ampliamente en cuatro grupos, de los cuales tres son tecnologías de proceso, y una es una opción de eliminación (cuadro 3). Las tres tecnologías de procesamiento se describen en términos de la energía (la que entra y la que sale).

- Baja energía: Son aquellos métodos que usan solamente materias primas y no aplican ningún calor externo al material.
- Energía media: Son aquellos métodos que aplican calor en alguna forma u otra, pero no con el propósito de deshidratación, estabilidad microbiológica o división de productos.
- Alta energía: Son aquellos métodos que aplican calor para generar energía de las materias primas que consiguientemente se pueden capturar y usar como calor o energía.
- Eliminación sin control/ tirar en basurero.

**Cuadro 3. Opciones alternativas de procesamiento controlado.**

Grupo de energía	Breve descripción de la opción
Bajo	Enterramiento/relleno sanitario Formación de composta Digestión anaeróbica Licuefacción – digestión – ensilado
Medio	Preparación de alimentos para mascotas (enfriamiento/congelación) Procesos “alternativos” de la UE Producción de materiales, por ejemplo, fibra de plumas Extracción de componentes tales como aminoácidos
Alta	Incineración Producción de energía por combustión

*Baja energía*

**Enterramiento:** Para la mayoría de los productores cuyos animales mueren en la granja, esta opción es un proceso natural que se ha realizado durante varios cientos de años. En la UE, la práctica de enterramiento (y el depósito en rellenos sanitarios aprobados) de animales muertos y de todos los subproductos animales crudos se prohibió con el advenimiento de las Reglamentaciones de Subproductos Animales (ABPR) 1774.

La justificación de la legislación de la UE se basa en el alto riesgo de diseminación de enfermedades animales que resulta del enterramiento, aunque no se han publicado estudios detallados que brinden detalles sobre la evaluación del riesgo. Desde la perspectiva de la encefalopatía espongiforme transmisible (TSE), se ha notificado sobre la ineffectividad residual después del enterramiento de las canales infectadas. Sin embargo, en términos globales, el enterramiento todavía se usa como medio de ocuparse de manera segura de los animales muertos ya sea como individuos o cuando suceden brotes de enfermedades masivas, tales como la influenza aviar en Asia en 2004, aunque la OIE (Oficina Internacional de Epizootias, ahora conocida como la Organización Mundial de Sanidad Animal, 2002) indicó que el reciclaje era la opción biosegura preferida.

**Formación de composta:** Esta opción se ha refinado en Europa a un punto en que las condiciones detalladas se establecen en la ABPR 1774. Estas condiciones incluyen la prohibición de composta de materias primas Categoría 1 (cuadro 4) y requiere el procesamiento con presión de cualquier material Categoría 2 antes del compostaje. Las materias primas de Categoría 3 se pueden transformar en composta sin pretratamiento. La composta (mejorador orgánico de tierra) resultante puede en principio regresarse a la tierra, pero la aplicación de estos materiales a ciertos tiempos de tierras agrícolas tales, como las pasturas, tiene restricciones como los periodos de “retiro” para animales en pastoreo. No obstante, el hecho de que sea teóricamente posible hacer composta con ciertos subproductos animales, en la práctica es imposible el compostaje puramente de subproductos animales debido a la composición química adversa y su naturaleza física. En la práctica, estos problemas de niveles altos de proteína y grasa limita el uso de los subproductos animales para la mezcla de formación de composta que contiene altos niveles de componentes ricos en carbono, como la paja de cereales.

**Cuadro 4. Categorías de subproductos animales en ABPR 1774.**

<b>Categoría</b>	<b>Descripción breve</b>	<b>Requerimientos</b>
Categoría 1 Riesgo muy alto	Canales y canales sospechosos de encefalopatía espongiforme bovina (BSE) Material de riesgo especificado Desperdicios de los servicios de alimentos del transporte internacional	Deben destruirse, no es para el uso en la composta o plantas de biogás.
Categoría 2 Riesgo alto	Carne descartada Heces y contenidos intestinales	Se puede usar en la formación de composta y plantas de biogás después del reciclaje (133° C, tres bares de presión). Las heces y el contenido intestinal solamente se pueden usar sin pretratamiento.

<p>Categoría 3 Riesgo bajo</p>	<p>Desperdicios de servicios de alimentos de casas y restaurantes Ex-alimentos para consumo humano La mayor parte del desperdicio de los mataderos, por ejemplo la sangre y las plumas</p>	<p>Se puede usar en la formación de composta y plantas de biogás sin pretratamiento.</p>
------------------------------------	--	--

Digestión anaeróbica - Biogás: Las preocupaciones de la composición química con respecto a los subproductos animales a los que se hace referencia en relación a la formación de composta también aplican para la digestión anaeróbica. Aquí la relación entre carbón y nitrógeno es vitalmente importante para proporcionar las condiciones óptimas de digestión anaeróbica que darán la máxima producción de metano (biogás). Una vez más, esto conduce a la situación práctica en la que los subproductos animales no se pueden procesar por sí solos, sino más bien en mezclas de otros materiales altos en carbono. En la UE, la digestión anaeróbica de materias primas de diferentes categorías está restringida de forma similar a los controles del compostaje, además de que están establecidas condiciones específicas del proceso. El biogás metano producido se requiere que se limpie de gases ácidos (por razones de las maquinarias) antes de la combustión en una máquina de gas que a su vez produce electricidad. Los lodos residuales se aplican a la tierra con restricciones similares a las que aplican para la composta.

Licuefacción – Digestión: Este método de procesamiento de los subproductos animales se ha utilizado durante muchos años para hacer productos líquidos o de digesta de materias primas específicas. En principio, este método utiliza la acción bacteriana hidrolítica para realizar la autólisis de la proteína hacia una forma líquida. Una vez en este estado, el licor digerido se puede estabilizar indefinidamente ajustando el pH a menos de 3.0. Tradicionalmente, este método se ha usado para preparar digestas líquidas como atrayentes de palatabilidad que se utilizan en alimentos para mascotas. Este proceso de fabricación requiere que las materias primas iniciales sean de una calidad muy alta, aunque en principio el método se pueda aplicar a cualquier materia prima que se pueda hidrolizar mediante enzimas endógenas o exógenas.

#### *Energía media*

Producción de subproductos animales frescos, enfriados y congelados para alimentos para mascotas: En principio, la industria de alimentos para mascotas puede utilizar una cantidad considerable de materias primas, pero hay un énfasis muy fuerte en la calidad, lo que restringe en gran medida ciertos materiales que se usan en la práctica. No obstante, esta ruta es un método alternativo viable para utilizar materias primas, aunque la cantidad de alimentos para mascotas húmedos o enlatados que pueden usar materias primas se reduce globalmente. Curiosamente, están en aumento las ventas de alimentos para mascotas secos, que usan materiales de origen animal como ingredientes.

Procesos alternativos en la UE: La regulación 92/2005 de la Comisión Europea establece condiciones de aprobación de cuatro métodos de procesamiento de materias primas. A continuación se proporciona un breve resumen de los cuatro procesos. Se da por sentado que la mayoría de estas tecnologías están diseñadas para inactivar agentes de las TSE en las materias primas Categoría 1 ABPR de la UE, aunque en principio se podría usar para cualquier categoría de materiales del mundo. Muchas de estas tecnologías se han basado en la revisión de métodos capaces de inactivar priones (Taylor y Woodgate, 2003)

- Hidrólisis alcalina

Este método de procesamiento de materias primas emplea una combinación física y química para reducir las canales enteras (si así se requiere) a una consistencia del tipo de una sopa. Las unidades de hidrólisis están calculadas para facilitar condiciones muy alcalinas (pH por arriba de 12), presiones altas (mayores a tres atmósferas) y un mezclado mediante un sistema de circulación de bombeo. En principio, el concepto incluye la capacidad de inactivar tejidos animales que puedan contener agentes infecciosos tales como la encefalopatía espongiforme bovina (BSE). Sin embargo, el costo de capital por tonelada procesada es muy alto (parcialmente debido a las producciones bajas o por lotes) y cualquier costo de eliminación subsiguiente de la sopa líquida sería considerable debido a la carga contaminante.

- Biogás de alta presión

Este proceso es esencialmente uno de un procedimiento de pretratamiento que es el prelude a una digestión anaeróbica. El enfoque, como en la hidrólisis alcalina, es el de ser capaz de procesar materias primas que puedan contener un agente infeccioso, pero aquí el concepto es convertir a los nutrientes presentes en biogás metano mediante el uso de bacterias metanogénicas en un sistema de digestión anaeróbica. Este sistema está aprobado en la Unión Europea en la reglamentación 92/2005, pero como en la hidrólisis alcalina, sufre de desventajas prácticas de altas especificaciones de diseño, altos costos y baja producción. Aunque hay un rendimiento de producción teórico (metano) que se puede convertir a energía o electricidad, no es de esperarse que sea un proceso viable en términos de sustituir al reciclaje de subproductos de origen animal.

- Hidrólisis de alta presión y temperatura

Este método está aprobado para operar a una temperatura de al menos 80°C (en el centro de cualquier materia prima) con una presión absoluta de 12 atmósferas, durante al menos 40 minutos. El proceso es efectivamente un sistema por lotes y el hidrolizado resultante puede o no deshidratarse. No está claro cuál podría ser el uso al que se destinen los materiales producidos.

- Gasificación Brooks

Este es un proceso por lotes que efectivamente volatiliza los constituyentes químicos de los subproductos animales hacia hidrocarburos complejos y gases en un periodo de 24 horas. Los productos del proceso descrito son gases secundarios, que en consecuencia entran en combustión en una cámara secundaria para producir calor y una ceniza inorgánica que se elimina.

Materiales (fibra de plumas): Globalmente, las plumas de aves se usan de dos maneras diferentes. Una pequeña cantidad se usa para producir pluma de alta

calidad para almohadas, rellenos y mobiliario. Los requisitos del procesamiento son rigurosos y los criterios esenciales incluyen la limpieza y el olor. El mercado de estos productos está más bien limitado y por lo tanto la gran mayoría de las plumas se convierte a proteína hidrolizada grado alimenticio animal. Como se mencionó en la introducción, y aunque este método no es estrictamente reciclaje, no se consideraría como una alternativa a éste. Tal vez no se encuentre muy lejana una solución viable posible que sea una alternativa al reciclaje.

Un proyecto de la EU, de matrices de proteína industrial de alto desempeño a través del bioprocesamiento (HIPERMAX), está investigando una gama de tecnologías que podrían ser métodos viables para convertir proteínas animales tales como lana, seda, plumas o pieles (o cueros) en nanomatrices. Estos materiales se pueden usar en una amplia variedad de aplicaciones una vez que se hayan optimizado los aspectos de biotecnología de cada proceso. Considerando sólo el segmento de plumas del proyecto, se han logrado avances importantes en los últimos 18 meses. El desarrollo de un método efectivo, pero aceptable ambientalmente, de limpiar las plumas de la industria del sacrificio de animales ha sido un paso preliminar vital. Se ha logrado asegurando que las plumas “limpias” sean capaces de entrar a la segunda fase del proceso. En esto, las plumas enteras se convierten a fibra que se usa en una amplia variedad de aplicaciones. El programa de investigación va a terminarse en 2007 y a partir de ahí se van a hacer públicos más detalles de las posibilidades.

Extracción y purificación de componentes: Los subproductos animales están constituidos de componentes químicos esenciales, igual que cualquier forma de vida. Los principales constituyentes, además del agua son las proteínas, los lípidos y los minerales. Las proteínas, desde luego están constituidas principalmente de aminoácidos, mientras que el contenido de lípidos está hecho de ácidos grasos triglicéridos. Los constituyentes minerales comprenden las dos principales constituyentes del hueso, es decir, el calcio y el fósforo. De vez en cuando se han hecho propuestas para extraer componentes interesantes o con un potencial de valor de las materias primas.

Más comúnmente, los aminoácidos se han propuesto para la extracción de materiales tales como hueso o plumas. Aunque estas ideas podrían haber estado basadas en principios sólidos de bioquímica e ingeniería química, ninguno de esos métodos ha tenido un lanzamiento con éxito. Muchos de los problemas comerciales se han centrado en los altos costos de diseño y mano de obra, con los consiguientes altos costos de producción. Lo incierto y el bajo valor de los productos han llevado a que fallen muchos procesos para llenar este potencial.

#### *Alta energía*

Incineración: El término incineración, como se aplica en la ABPR 1774 de la UE, está limitado a la eliminación de materiales sin ninguna recuperación de calor u otros residuos tales como cenizas. La mayor parte de los diseños de incineradores resultan en una combustión aeróbica de alta temperatura durante suficiente tiempo como para lograr la conversión de todos los materiales orgánicos de regreso a sus moléculas constituyentes tales como CO, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Esta opción es una de las que probablemente proporcionen una máxima seguridad en términos

de eliminación de material orgánica, pero con la principal desventaja de que no resultan productos.

Coincineración: La coincineración significa “hacer la combustión o incinerar, con recuperación de energía” en cualquier forma de calor, electricidad o ambos. Esta tecnología también puede incluir el proceso de fabricación de cemento, que es un producto, junto con el calor recuperado. Se han desarrollado varios sistemas en la UE, después de la crisis de la BSE en 1996, en los que se pedía que a la mayoría de las proteínas animales procesadas (PAP) y las grasas recicladas se eliminaran como parte de las políticas precautorias de la BSE. Estos sistemas, tales como la combustión de la grasa reciclada en calderas de vapor y PAP en reactores de cama de fluido burbujeado, han logrado una reducción excelente de la materia orgánica junto con la producción combinada de calor y electricidad, que en muchos casos se ha usado para electrificar el mismo proceso de reciclaje. Sin embargo, si no hay PAP y el sebo porque no hay reciclaje de subproductos de origen animal disponible, entonces se tiene que considerar el uso directo de las materias primas. En esto ha habido algunos avances significativos en el transcurso de los últimos tres años.

El concepto Biomal en Suecia puede ser el mejor ejemplo para ilustrar las oportunidades de este método. El proceso Biomal es menos complicado ya que se elimina el proceso que usa mucha energía para convertir las materias primas en grasa y HCH. La comparación de un sistema de reciclaje convencional comúnmente visto en Europa (figura 2) y el sistema Biomal (figura 3) muestra la clara diferencia en el método. En el sistema Biomal, la materia prima se tritura y muele, y luego se bombea a una caldera de cama fluidizada donde se quema junto con un combustible base como astillas de madera, turba o residuos municipales.

Figura 2. Bosquejo del proceso de los subproductos de origen animal que muestra el aporte y la producción de energía.

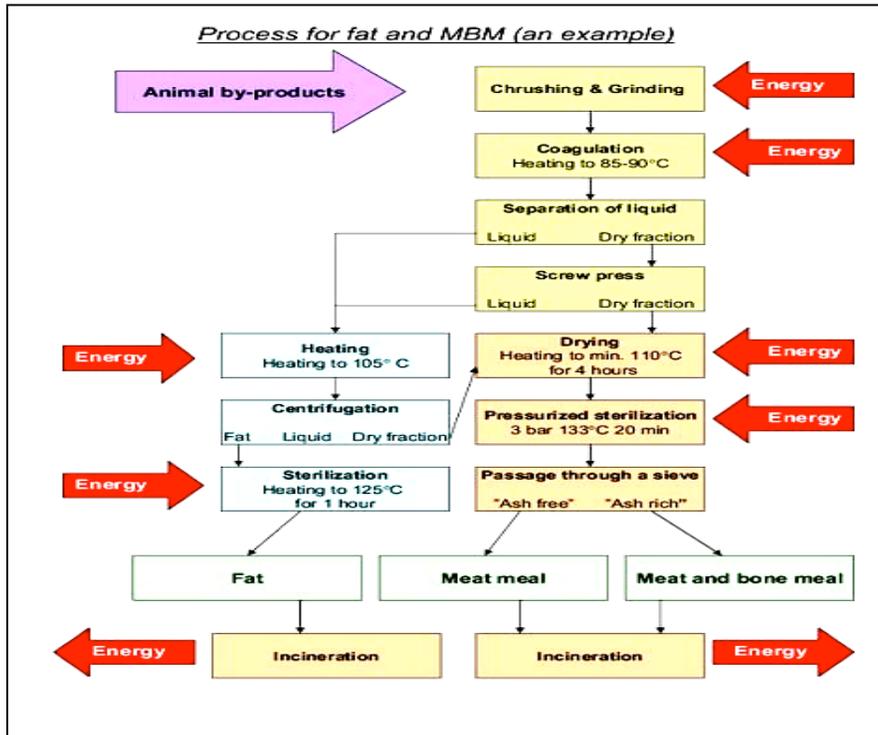
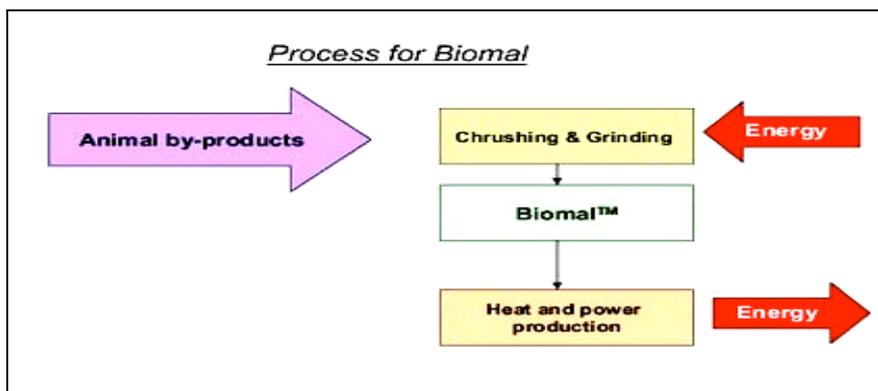
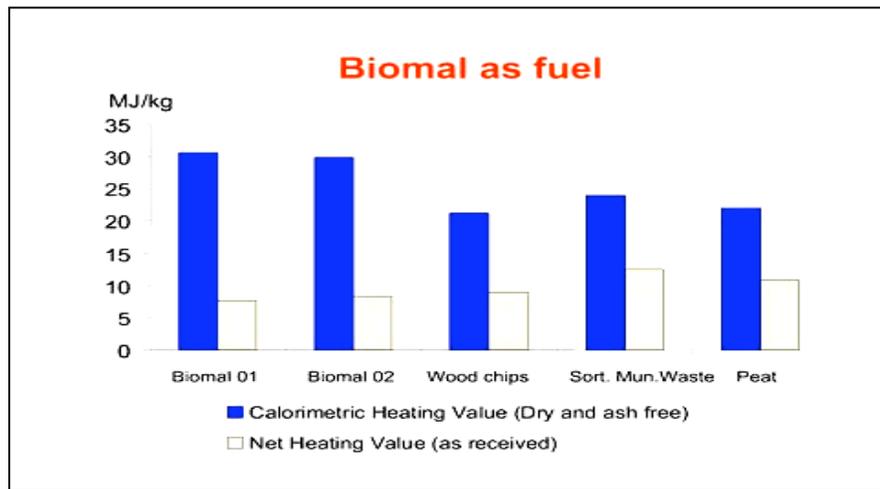


Figura 3. Bosquejo del proceso de Biomal que muestra el aporte y la producción de energía.



La energía se recupera de los subproductos animales al producir calor y electricidad renovables, cuyo resultado neto de energía aumenta considerablemente. Ya que los subproductos animales contienen grasa, esto contrarresta el alto contenido de cenizas y humedad (que no contienen energía); el poder neto calórico es muy aceptable, de aproximadamente ocho megajulios por kg de combustible (figura 4). Esto corresponde al poder calórico neto de otros biocombustibles que tienen un contenido de humedad del 50%.

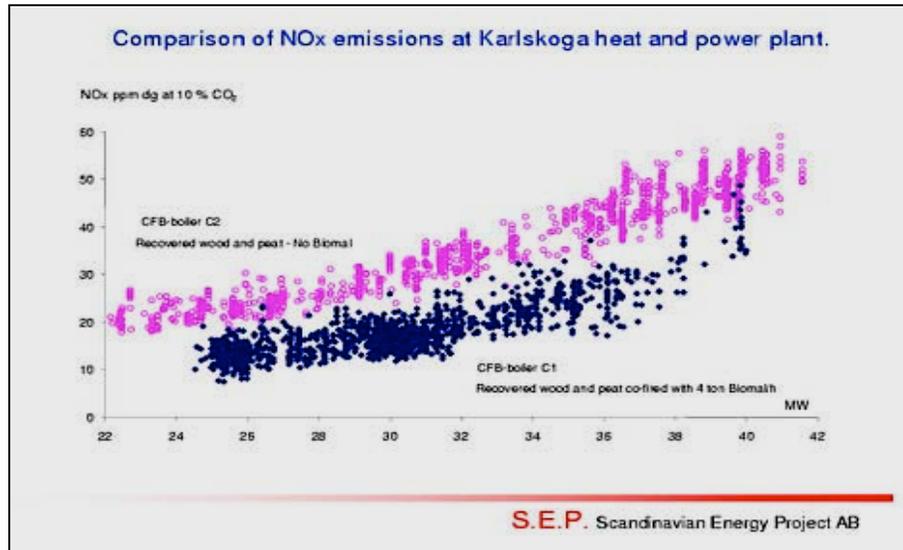
**Figura 4. Comparación del contenido de energía en Biomal y otros tipos de combustibles de biomasa.**



El concepto de Biomal tiene algunas ventajas, ya que un sistema completo que incluye la capacidad de reducir o eliminar el riesgo de la infección por BSE u otras enfermedades. También es un método efectivo de energía en comparación con los métodos convencionales más complicados. Se reduce el uso del agua y de la descarga de sustancias que exigen oxígeno biológico. En la UE, el Biomal es un biocombustible renovable, que no contribuye al calentamiento global y que puede reemplazar a los combustibles fósiles para la producción de calor y electricidad.

La figura 5 indica el efecto de Biomal sobre los óxidos nitrógeno (NOx) en donde los compuestos de nitrógeno del Biomal parecen reducir las emisiones de NOx de la misma manera que el amoníaco o la urea. En estudios separados de emisiones, no se han medido niveles elevados de emisiones de dioxina debido a la coincineración con Biomal.

**Figura 5. Comparación de Biomal y turba de madera como combustibles sobre las emisiones de NOx.**



### Eliminación sin control

El uso del rellenos sanitarios para eliminar subproductos animales introduciría un riesgo importante a la bioseguridad, e impondría un serio peligro para la salud animal y humana. Mientras menos controlada esté la eliminación mayor será el riesgo; el riesgo más alto es el deshacerse de los subproductos sin control.

La bioseguridad se va a ver disminuida en una serie de diferentes maneras. El riesgo de transmisión de patógenos tanto a humanos como a animales aumenta, ya sea directa o indirectamente. Además, la falta de rastreabilidad implícita en el relleno sanitario o el basurero, va a dificultar la prevención, control y erradicación de enfermedades una vez identificadas. Estas cuestiones se pueden convertir en infranqueables durante las situaciones de emergencia diseminadas, tales como los brotes de nuevas enfermedades, o las crisis ambientales como las inundaciones.

Además de la reducción en la bioseguridad, si los subproductos animales se eliminan en un relleno sanitario la presión del espacio y las instalaciones de eliminación van a aumentar, en un momento en que el impulso legislativo es el de reducir la cantidad de desperdicios generales de las actividades humanas que se eliminan de esta manera. Las preocupaciones ambientales por el transporte de los desperdicios y la operación de los rellenos sanitarios, ya están forzando a la sociedad a volver a examinar la forma en que se eliminan incluso los desperdicios no peligrosos.

De esta manera, incluso sin un aumento a la amenaza de la bioseguridad, la eliminación de los subproductos animales en rellenos sanitarios o basureros se verían como algo ambientalmente indeseable. Los volúmenes implicados son importantes. Gerba (2002) calcula que la cantidad de ganado, aves y desperdicios del procesamiento de alimentos en Estados Unidos es equivalente al 21 por ciento de los desperdicios que llegan a los rellenos sanitarios. Los pasos para reducir y eliminar los rellenos sanitarios o basureros serían una alta prioridad, incluso si no estuvieran presentes las implicaciones adicionales de riesgos a la salud.

#### *Rastreabilidad*

La necesidad de rastrear para prevenir, controlar y erradicar enfermedades en animales se ha demostrado de manera espectacular en años recientes con el impacto global de enfermedades tales como la BSE, fiebre aftosa y la influenza aviar. Una de las principales armas utilizadas por las autoridades al enfrentarse a estas enfermedades ha sido el control estricto de no sólo los animales infectados, sino del control de la eliminación de los subproductos de animales sacrificados.

La introducción de niveles sin precedentes de rastreabilidad de animales y aves ha encabezado al ataque a estas enfermedades, a través de la cadena entera de animales del origen a la eliminación. La rastreabilidad se ha convertido en uno de los componentes clave en la lucha global por garantizar la bioseguridad. La eliminación que implica el uso de rellenos sanitarios o basureros hace que este método de protección de la sociedad sea imposible e inaceptable.

#### *Control de patógenos*

Los subproductos animales y la mortalidad que no se han procesado contienen grandes cantidades de microorganismos, entre los que se incluyen las bacterias y los virus patógenos. A menos que se procesen adecuadamente de una manera oportuna, estos materiales proporcionan un excelente ambiente para que los organismos que causan enfermedades crezcan y amenacen la salud animal y humana, así como el ambiente.

Si se permite que se acumulen y descompongan sin restricción alguna, estos tejidos se van a convertir en un riesgo biológico substancial, que promueve enfermedades, atrae y hospeda roedores, insectos, animales de carroña y otros conocidos vectores de enfermedades, y atraen a animales predadores hacia zonas densamente pobladas. El ganado y las aves comúnmente se infectan con patógenos, aunque puedan ser causantes de enfermedades no aparentes en animales. Muchos patógenos de animales mayores se pueden transmitir a humanos (Enríquez et al., 2001). Estos incluyen a la *Escherichia coli* 0157:H7, las especies de *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Yersina enterocolitica*, *Clostridium perfringens*, *Cryptosporidium parvum* y *Giardia*.

Existen muchas pruebas de que los patógenos están presentes en los animales. Por ejemplo, estudios recientes en Estados Unidos han mostrado que 23 por ciento del ganado disemina *E. coli* 0157:H7 (Smith et al., 2001), 55 por ciento del ganado lechero excreta *Salmonella* (Troutt et al., 2001), la incidencia de *Salmonella* en pollos puede llegar hasta el 100 por ciento en algunas parvadas (Council of Agricultural Science and Technology, 1994), se ha encontrado

*Salmonella* en el 46 por ciento de los cerdos que entran al matadero (Swanenburg et al., 2001), se ha notificado *Yersina enterocolitica* en el 2.5 por ciento al 49 por ciento de la carne de cerdo (Council of Agricultural Science and Technology, 1994), y 39 por ciento de los terneros y 22 por ciento de los animales adultos de las granjas lecheras diseminan *Cryptosporidium parvum* (Huetink, 2001). El virus de la hepatitis E, que causa una enfermedad hepática seria que causa la muerte (muere hasta un 30 por ciento de las mujeres embarazadas infectadas) es endémica a los cerdos (Yoo et al., 2001m, Meng et al., 2002, Haas et al., 1996). Las pruebas también indican que la gente que trabaja con cerdos y los veterinarios se encuentran en riesgo de infección en Estados Unidos (Meng et al., 2002).

Es claro que un número significativo de materiales de origen animal después del sacrificio van a contener patógenos que se pueden transmitir a humanos. Se calcula que más de la mitad de los animales contienen uno o más patógenos humanos que hace que sea imprescindible el reciclaje de los desperdicios y subproductos de origen animal.

#### *Riesgos de los patógenos*

Gerba (2002) declaró que un estimado conservador de sólo el 10 por ciento de los animales infectados con un patógeno humano representaría más del 99 por ciento de todo el desperdicio infeccioso que se recibe en los rellenos sanitarios. Cualquier incremento en los animales que se eliminan en rellenos sanitarios, incrementaría de manera espectacular la cantidad de patógenos que reciben.

Los trabajadores involucrados en el transporte y la operación de rellenos sanitarios y el ambiente de éstos, estarían expuestos a grandes aumentos en la concentración de microorganismos. También estarían presentes nuevos agentes microbianos, como por ejemplo el virus de la hepatitis E (Enríquez et al., 2001).

Estos agentes muy probablemente se transmiten mediante la vía del aerosol y a animales que frecuentan los rellenos sanitarios. Actualmente los patógenos humanos y animales en la materia fecal son la principal fuente de agentes infecciosos en los desperdicios sólidos que se reciben en los rellenos sanitarios (Haas et al., 1996). La mayoría de estos microorganismos se transmiten por contacto directo y no por aerosol. En contraste, los aerosoles transmiten muchos de los patógenos de animales, tanto por inhalación como por contacto dérmico con los aerosoles (Hirsh y Zee, 1999).

También es de esperarse que aumente el riesgo de exposición a animales, tales como aves, insectos y roedores. Esto aumenta el riesgo de exposición a patógenos y toxinas microbinas que se transmiten fuera del sitio. Muchos insectos se sienten atraídos por las heces, pero las aves y los roedores muy probablemente se sientan atraídos por los animales muertos. Dependiendo de la época del año, las aves abundan más en los rellenos sanitarios (Belant et al., 1995), las cuales pueden actuar como vectores en la transmisión de microorganismos patógenos y sus toxinas (Galey, 2001).

La mortalidad considerable de las gaviotas en el Reino Unido se ha vinculado a los rellenos sanitarios que estas aves visitan (Ortiz y Smith, 1994). El organismo *Clostridium botulinum* se encontró el 63 por ciento de los rellenos sanitarios que se examinaron. Los canales de animales que se echan a perder, sirven

para atraer aún más a las aves a los rellenos sanitarios, lo que aumenta su exposición y riesgo de enfermedad.

Hamilton y Kirstein (2002) también muestran el valor del proceso del reciclaje como un mecanismo de control de riesgos de los patógenos microbianos, así como de otros riesgos, al mencionar datos proporcionados en un estudio del Departamento de Salud del Reino Unido (U.K. Department of Health, 2001, cuadro 5). Se encontró que el riesgo de la exposición en humanos a los riesgos biológicos era insignificante cuando los animales muertos (mortalidad) y los subproductos se procesaban mediante el reciclaje, la incineración, o la pira funeraria. Sin embargo, se han presentado informes de que la incineración y las piras causan exposición de moderada a alta a los riesgos químicos relacionados con la quema. Solamente los materiales que se han reciclado tienen una exposición insignificante a los riesgos biológicos y químicos. El agente que causa la BSE fue la única excepción, el cual se encontró que representaba un riesgo insignificante al ser humano cuando posteriormente se incineran los productos sólidos del reciclaje.

**Cuadro 5. Resumen de los posibles riesgos a la salud de varios métodos de manejo de subproductos de origen animal.**

<b>Enfermedad/Agente peligroso</b>	<b>Proceso de reciclado</b>	<b>Incineración</b>	<b>Relleno sanitario</b>	<b>Pira</b>	<b>Enterramiento</b>
<i>Campylobacter, E. Coli, Listeria, Salmonella, Bacillus anthracis, C. botulinum, Leptospira, Mycobacterium tuberculosis var bovis, Yersinia</i>	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto
<i>Cryptosporidium, Giardia</i>	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto
<i>Clostridium tetani</i>	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto
Priones de BSE, scrapie	Moderado	Muy bajo	Moderado	Moderado	Alto
Metano, CO <sub>2</sub>	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto
Químicos específicos de combustibles, sales de metales	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Muy bajo
Partículas, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ,	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto	Muy bajo
PAH, dioxinas	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto	Muy bajo
Desinfectantes, detergentes	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Moderado	Alto
Sulfuro de hidrógeno	Muy bajo	Muy bajo		Muy bajo	Alto
Radiación	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Moderado	Moderado

Adaptado de U.K. Department of Health, 2001.

Clave: Muy bajo: la mínima exposición del ser humano a los riesgos.

Moderado: exposición intermedia de humanos a riesgos

Alto: máxima exposición de humanos a riesgos

El riesgo de la exposición de humanos a las TSE se calificó como muy bajo cuando se incineran productos sólidos del reciclaje.

**Impacto sin la industria del reciclaje de subproductos de origen animal**

Esta es un área particularmente difícil de cuantificar, ya que no se han cuantificado la mayoría de las alternativas en la misma forma que el reciclaje. Sin embargo, un informe comisionado por la U.K. Renderers Association (realizado por Det Norske Veritas en 2001) es capaz de dar una indicación de algunos de los efectos de operar una amplia gama de diferentes opciones (cuadro 6).

**Cuadro 6. Resumen de las opciones de utilización o eliminación.**

Reciclaje más		Incineración♣ / Coincineración♥		Relleno sanitario	
A	Grasa: alimento para animales HCH: alimento para animales	G	No se recupera energía: grande♣	M	digestión anaeróbica y recuperación de energía
B	Grasa: alimento para animales HCH: fertilizante	H	No se recupera energía: medio♣	N	Relleno sanitario No se recupera energía
C	Grasa: alimento para animales HCH: relleno sanitario	I	No se recupera energía: pequeño♣		
D	Grasa: combustible HCH: relleno sanitario	J	Recuperación de energía: grande♥		
E	Grasa: combustible HCH: combustible en el sitio	K	Recuperación de energía: medio♥		
F	Grasa: combustible HCH: combustible fuera del sitio	L	Recuperación de energía: pequeño♥		

Cada una de las opciones se clasificó de acuerdo con los criterios mostrados en el cuadro 7. Algunas de las determinaciones se hicieron con base en los datos cuantificados, cuando estaban a disposición, de acuerdo con la opción de proceso individual; el resto de la información se tomó de la literatura.

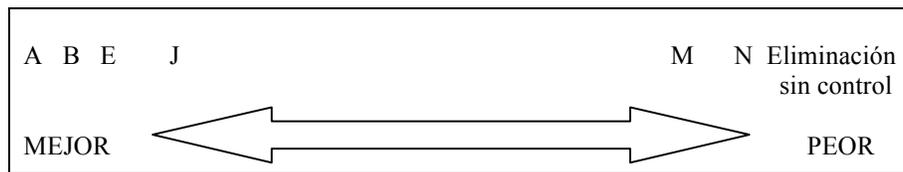
**Cuadro 7. Criterios de evaluación de categorías de eliminación.**

Ambiente	Sustentabilidad
Emisiones: aire	Categoría de desperdicios
Emisiones: agua	Legislación
Emisiones: tierra	Capacidad
Recursos energéticos	Molestia
Equilibrio de carbonos	Social

Como resultado de la compilación de datos, el informe indica una jerarquía o categorías de opciones con base en los criterios ambientales y de sustentabilidad. En resumen, las primeras cuatro opciones incluyen tres de las opciones del reciclaje de subproductos de origen animal y una coincineración a gran escala (figura 6).

El hecho de que el reciclaje con productos que se usan en alimentos para animales, y el reciclaje con productos que se usan como fuentes de energía, estén en la parte superior de la jerarquía es algo muy tranquilizante.

**Figura 6. Resultados de la evaluación del impacto ambiental general.**



Sin embargo, la presencia de biogás (controlado) y el relleno sanitario al final de la jerarquía, es una indicación igualmente fuerte de que estas dos opciones, de usarse para eliminar cantidades significativas de subproductos animales, conducirían a fuertes impactos ambientales adversos. Aunque no está incluido específicamente en el estudio de Det Norske Veritas, el basurero sin control de subproductos animales también se incluyó en el resumen de la figura 6 para ilustrar la posición esperada en cualquier estudio del tipo.

Además de los criterios del impacto ambiental ilustrados, no habría desde luego productos del reciclaje para usarse. En otras palabras, no existirían los usos de productos reciclados de origen animal descritos en el cuadro 2. De los 66 millones de toneladas de subproductos animales de cada año, se producen alrededor de 12.5 millones de toneladas de proteína animal procesada y seis millones de toneladas de grasa animal reciclada. Para poner esto en una perspectiva global, esto equivale a aproximadamente el 8 por ciento del suministro mundial de proteínas (como proteína) utilizadas en alimentos para animales y el 6 por ciento del suministro de aceites y grasas del mundo.

Si estos materiales no estuvieran a disposición para sus usos tradicionales, tendría entonces que hacerse la sustitución con fuentes alternativas. Si estas alternativas fueran de hecho proteínas vegetales y oleaginosas, el cultivo de estos productos llevaría a consecuencias ambientales negativas. Esto puede incluir la deforestación, el uso excesivo de fertilizantes, la contaminación de los mantos freáticos e incluso un aumento en la cantidad de material modificado genéticamente en el ambiente. Aunque estos impactos podrían parecer imposibles de cuantificar y hasta cierto punto especulativos, algunos o todos estos pueden ser lo suficientemente graves como para trastornar el equilibrio ambiental que se ve bajo el actual régimen del reciclaje de subproductos de origen animal.

La industria del reciclaje de subproductos de origen animal de vez en cuando enfrenta con profesionalismo los impactos sobre la salud animal y humana,

particularmente las enfermedades zoonóticas. Sin esta opción de procesamiento, el riesgo de diseminar aún más tales enfermedades, probablemente se incrementaría.

## Conclusiones

El desafío enfrentado en este capítulo es el de concebir un mundo sin el reciclaje de subproductos de origen animal. Dentro de este desafío, se hicieron varias suposiciones que pueden o no ser verdad en el caso de que no estuviera presente la industria del reciclaje. En primer lugar, se da por sentado que el ganado todavía se reproduce, produce y sacrifica para producir alimentos para consumo humano en aproximadamente el mismo nivel que en la actualidad. Este nivel de producción animal muy probablemente crecería de acuerdo con las expectativas de una mayor demanda de carne, leche y huevos de una población mundial siempre en crecimiento.

Si no existiera el reciclaje, las aproximadamente 66 millones de toneladas (145,200 mil millones de libras) de subproductos animales, altos en contenido de agua y susceptibles a la rápida degradación se seguirían produciendo cada año en el mundo. De no estabilizarse rápidamente, el material se degradaría y contaminaría rápidamente al liberar una amplia variedad de compuestos, elementos o energía al ambiente en una forma totalmente descontrolada. Sin el reciclaje y el uso de los productos reciclados de origen animal, no habría una captura o recuperación real de elementos como se ve al operar el reciclaje, tal y como es actualmente.

De la revisión de opciones hecha, parece que la mayoría de las opciones de procesamiento que no implican el reciclaje, son conceptos de nicho al considerar las cantidades anuales de materiales producidas en el mundo. El resultado puede ser tirar, desechar o eliminar sin control, pero dando por sentado que existe algún marco legislativo, uno no puede imaginarse que esto suceda en todo el amplio espectro durante cualquier duración de tiempo. De las opciones controladas analizadas, solamente tres están actualmente disponibles que pudieran ser capaces de enfrentarse con las cantidades de subproductos animales que se producen. En términos prácticos, estas tres opciones son el relleno sanitario, la incineración y la co-incineración.

Es claro a partir del estudio de DNV que el uso de lo anterior a niveles significativos, llevaría la posibilidad de impactos ambientales y en la salud humana. La incineración podría aliviar las preocupaciones directas de salud humana, pero la energía presente en los materiales se perdería para siempre, y por lo tanto no se podría considerar como una opción sustentable. La opción de más alta calificación ambiental y de salud humana aparte del reciclaje, parecer ser la co-incineración. El proyecto Biomal de Suecia, ha ayudado a colocar esta tecnología hasta arriba de las opciones que no tienen que ver con el reciclaje.

Sin embargo, ya que es claro a partir del proceso descrito anteriormente, no existe recuperación de proteína para su posible uso como ingrediente de alimento para animales o como un proveedor de energía o minerales en otras aplicaciones. Además, no hay recuperación de grasa reciclada que se pueda usar en los alimentos para animales, jabones, oleoquímicos o biocombustibles. Sin estos productos, no queda claro cual sea la recuperación económica para la industria de la ganadería.

Los valores de energía pueden ser relativamente altos, pero ¿serán lo suficientemente altos para garantizar una industria sustentable?

Por lo tanto, si existiera el mundo sin el reciclaje de subproductos de origen animal, sería muy seguro que alguien, algún día, estaría pidiendo que se inventara una nueva tecnología que pudiera ser ambientalmente neutral, sustentable y económica para la industria pecuaria en general. Tal vez la nueva tecnología se llamaría reciclaje de subproductos de origen animal (rendering).

## Bibliografía

- Belant, J.L., T.W. Semans, S.W. Gabrey, and R.A. Dolbeer. 1995. Abundance of gulls and other birds at landfills in Northern Ohio. *American Midland Naturalist*. 134:30-40.  
Biomal EU project. [www.Biomal.com](http://www.Biomal.com).
- Council of Agricultural Science and Technology. 1994. Foodborne Pathogens: Risks and Consequences. Task Force Report No. 122. Ames, Iowa.
- Det Norske Vertitas. 2001. Options for disposal or use of animal by-products. U.K. Renderers Association.
- Enriquez, C., N. Nwachuku, and C.P. Gerba. 2001. Direct exposure of animal enteric pathogens. *Reviews of Environmental Health*. 16:117-131.
- EU Animal By-Products Regulation. 2002. EC Regulation 1774.
- Galey, F.D. 2001. Botulism in the horse. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*. 17:579.
- Gerba, C.P. 2002. Potential health implications from the disposal of large animals in landfills. Presentation to the Arizona Department of Agriculture, June 11, 2002.
- Haas, C.N., J. Anotai, and R.S. Engelbrecht. 1996. Monte Carlo assessment of microbial risk associated with land filling of fecal material. *Water Environment Research*. 68:1123-1131.
- Hamilton, C.R. and D. Kirstein. 2002. National Renderers Association technical review.
- Heutink, R.E. 2001. Epidemiology of Cryptosporidium spp. and Giardia duodenalis on a Dairy Farm. *Vet. Parasitology*. 102:53-67.
- Hirsh D.C., Zee Y.C. 1999. *Veterinary microbiology*. Malden: Blackwell Science.
- Meng X.J., B. Wiseman, D.K. Guenette, F. Elvinger, T.E. Toth, R.E. Engle, S.U. Emerson, R.H. Purcell. 2002. Prevalence of antibodies to the hepatitis E virus in veterinarians working with swine and in normal blood donors of the United States and other countries. *J. Clin. Microbiol.* 40:117-122.
- Smith, D., M. Blackford, S. Younts, R. Moxley, J. Gray, L. Hungerford, T. Milton, and T. Klopfenstein. 2001. Ecological relationships between the prevalence of cattle shedding *E. coli* O157:H7 and characteristics of the cattle or conditions of the feedlot pen. *J. Food Prot.* 64(12):1899-1903.
- Swanenburg, M., H.A.P. Urlings, J.M.A. Snijders, D.A. Keuzenkamp, and F. van Knapen. 2001. Salmonella in slaughter pigs: prevalence, serotypes and critical control points during slaughter in two slaughterhouses. *Int. J. of Food Microbiol.* 70:243-254.
- Taylor, D.M., and S.L. Woodgate. 2003. OIE publication on risk of prion diseases in Animals. World Organization for Animal Health, Paris.
- Troutt, Galland J.C., Osburn B.I., R.L. Brewer, R.K. Braun, J.A. Schmitz, P. Sears, and A.B. Childers. 2001. AB: Prevalence of *Salmonella* spp in cull (market) dairy cows at slaughter. *JAVMA*. 219:1212-1215.
- United Kingdom Department of Health. 2001. A rapid qualitative assessment of possible risks to public health from current foot and mouth disposal options -Main Report. [www.doh.gov.uk/fmdguidance](http://www.doh.gov.uk/fmdguidance).

Lo imprescindible del reciclaje—Un mundo sin reciclaje—Woodgate

- Woodgate, S.L. 2005. Proceedings Australian Renderers Association Technical Symposium.
- Woodgate, S.L., and J. Van der Veen. 2004. The role of fat processing and rendering in the European Union animal production industry. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 8(4):283-294.
- World Organization for Animal Health. 2002. Report of OIE ad-hoc group on carcass disposal.
- Yoo, D., P. Willson, Y. Pei, M.A. Hayes, A. Deckert, C.E. Dewey, R.M. Friendship, Y. Yoon, M. Gottschalk, C. Yason, and A. Giulivi. 2001. Prevalence of Hepatitis E Virus Antibodies in Canadian Swine Herds and Identification of a Novel Variant of Swine Hepatitis E Virus. *Clin Diagn Lab Immunol*. 6:1213–1219

## ÍNDICE

### 4

4-D, 43

### A

AAFCO, 21, 25, 26, 27, 147, 191, 196, 197, 200, 209, 214, 215, 216, 223  
aceite vegetal, 20, 129, 155, 158, 159, 163, 166, 199, 272, 273, 282, 283, 289, 290, 342  
aceites para cocinar, 17, 18, 20, 21, 24, 27  
ácido graso, x, 40, 41, 45, 47, 52, 128, 130, 131, 132, 145, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156,  
158, 159, 160, 161, 166, 169, 177, 178, 179, 197, 204, 205, 208, 209, 214, 217, 218, 219,  
220, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 230, 241, 242, 243, 268, 270, 288, 290, 291, 312, 325,  
351  
ácidos grados saturados, 246, 251  
ácidos grasos, x, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 41, 47, 52, 128, 130, 131, 150, 151, 152, 153, 155,  
156, 158, 159, 160, 161, 169, 177, 179, 197, 204, 205, 208, 209, 214, 218, 219, 220, 222,  
225, 227, 230, 241, 242, 243, 246, 247, 251, 261, 268, 288, 290, 291, 312, 325, 351  
ácidos grasos saturados, 21, 23  
ACREC, 110, 329, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 340  
adhesivo, 289, 301, 302  
adhesivos, 287, 288, 289, 301, 302  
AGL, 22, 23, 130, 131, 291  
aguas residuales, xiii, 59, 73, 74, 110, 128, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315,  
316, 317, 319, 342  
ainoácidos esenciales, 27  
albúmina, 301  
alimentos para mascotas, vii, 20, 24, 26, 44, 45, 46, 53, 61, 69, 82, 100, 138, 172, 176, 204,  
205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 224,  
225, 256, 284, 346, 349  
ambiente, 43, 61, 62, 72, 80, 83, 91, 92, 102, 108, 109, 110, 121, 142, 228, 270, 314, 356,  
357, 361, 362  
American Meat Institute, xiii, 45, 124, 306  
aminoácidos esenciales, 27, 28, 29, 45, 101, 146, 148, 150, 160, 183, 205, 215, 216, 222,  
227, 246  
amoníaco, 147, 293, 307, 308, 310, 311, 312, 314, 315, 317, 318, 354  
amonio, 308, 311  
anaeróbico, 287, 294, 296, 299, 314, 315, 349, 350  
Animal Co-Products Research and Education Center, xi, 110, 329, 331, 333, 340  
Animal Protein Producers Industry, iv, viii, x, xi, 49, 79, 94, 95, 110, 224, 337  
animales caídos, 38, 39, 43  
antioxidante, 21, 169, 217, 219, 220, 222  
antioxidantes, 23, 24, 52, 133, 217  
APHIS, 87, 92, 98, 103, 106, 107, 108, 112, 124, 330  
APPI, iii, iv, viii, x, xi, 19, 65, 69, 79, 81, 82, 83, 85, 87, 88, 90, 91, 93, 94, 106, 110, 112  
arginina, 204, 208, 230  
arginine, 264, 265  
asp, 223

aves, viii, xi, 15, 21, 24, 25, 26, 28, 31, 32, 39, 44, 45, 46, 48, 52, 53, 54, 61, 69, 79, 80, 81, 82, 84, 86, 91, 94, 97, 100, 113, 116, 126, 127, 137, 142, 145, 146, 147, 149, 151, 156, 158, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 168, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 180, 196, 197, 199, 204, 215, 216, 217, 218, 221, 224, 225, 227, 228, 230, 231, 235, 242, 243, 244, 245, 248, 268, 276, 278, 279, 282, 284, 286, 288, 324, 339, 341, 342, 350, 356

## B

bacterias, 17, 19, 83, 102, 111, 120, 131, 146, 201, 212, 296, 307, 314, 315, 316, 317, 319, 339, 340, 350, 356  
biocombustible, 288, 328, 354  
biodiesel, 288  
biofiltro, 73, 319  
biogás, 59, 314, 346, 348, 349, 350, 361  
Biomal, 352, 353, 354, 355, 362, 363  
BSE, 15, 48, 53, 58, 61, 65, 70, 81, 82, 86, 87, 89, 91, 92, 93, 98, 100, 103, 104, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 119, 124, 135, 136, 145, 146, 160, 171, 214, 215, 230, 268, 275, 276, 277, 282, 285, 286, 296, 327, 328, 329, 330, 337, 338, 339, 342, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 359  
BTU, 59, 67, 314

## C

caballo, 205, 229, 363  
calcio, 26, 141, 143, 158, 159, 170, 172, 177, 180, 185, 186, 191, 194, 196, 197, 199, 214, 222, 234, 279, 324, 346, 351  
caldera, 55, 59, 288, 314, 318, 319, 352  
calidad de la proteína, 41, 171, 176, 178, 179, 184, 215, 217, 222, 223, 224, 225, 247, 256  
camarón, xiv, 228, 229, 230, 246, 247, 248, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 261, 339, 342  
camarones, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261  
*Campylobacter*, 19, 84, 102, 104, 356, 359  
capacidad, 31, 58, 59, 62, 65, 66, 67, 69, 72, 112, 120, 129, 143, 161, 209, 225, 294, 310, 311, 333, 343, 346  
carne de cerdo, 53, 82, 119, 130, 131, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 146, 172, 180, 197, 201, 214, 220, 221, 229, 357  
carotenoides, 204, 208, 221  
celda de combustible, 293, 297, 299, 301  
cenizas, 69, 120, 149, 171, 172, 173, 177, 178, 196, 202, 205, 209, 214, 215, 217, 218, 219, 224, 225, 233, 234, 238, 246, 251, 256, 296, 350, 351, 354  
centrífuga, 56, 128  
cerdo, 20, 21, 24, 28, 38, 95, 131, 136, 140, 181, 183, 198, 201, 208, 341  
cerdos, ix, 16, 25, 31, 32, 38, 39, 45, 46, 47, 48, 52, 84, 85, 86, 91, 95, 99, 100, 101, 107, 116, 123, 124, 131, 136, 138, 164, 171, 176, 177, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 190, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 210, 219, 221, 223, 224, 277, 284, 324, 326, 333, 339, 341, 357, 363, 364  
chicharrones, 40, 129  
ciencia, vii, x, xi, 15, 38, 79, 93, 97, 109, 112, 323, 324, 327, 334  
cistina, 26, 171, 174, 197, 214, 216, 222, 246, 253  
*Clostridium*, 19, 84, 102, 104, 120, 356, 357, 359

cocción, 35, 40, 41, 43, 44, 45, 55, 64, 66, 99, 128, 129, 133, 139, 140, 143, 212, 289, 311, 312, 319, 322, 328, 341  
cocedor por lotes, ii, 41, 53, 54, 67, 68, 128  
cocedores, 41, 54, 68, 129  
código de práctica, 106  
colágeno, 133, 138, 140, 141, 191, 215, 300, 301  
composta, 117, 119, 120, 348, 349  
control de calidad, 52, 64, 76, 170, 342  
control de proceso, 52, 88, 97, 103, 106  
coproducto, 16, 287, 288, 289, 301, 302, 303, 327, 328, 331, 334, 335, 336, 340  
cordero, 137, 140  
cracklings, 17  
crax, 17  
cuero, viii, 39, 191, 308, 312

## D

DDGS, 31, 32  
demanda de oxígeno, 308, 354  
digestibilidad, 18, 26, 29, 31, 32, 53, 58, 64, 65, 101, 124, 145, 150, 151, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 165, 166, 167, 170, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 185, 186, 191, 197, 201, 212, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 230, 231, 232, 234, 235, 237, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 251, 252, 254, 256, 259, 279, 326, 338, 339  
digestibilidad ileal, 185, 186, 191, 197, 201, 216  
digestibility, 34, 264  
directrices de límites de efluentes, 310  
disipador de calor, 60

## E

Eastern Regional Research Center, 336  
ED, 25, 155, 158, 182, 242  
eliminación, 17, 37, 74, 91, 97, 98, 101, 107, 108, 111, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 124, 164, 289, 296, 303, 306, 314, 317, 320, 330, 343, 346, 350, 351, 355, 356, 362, 363, 364  
EM, 25, 165, 166, 169, 172, 182  
emisión, 306, 317, 318, 319, 340, 354  
empacador de carne, 43, 44  
EMS, 306, 320, 321  
encefalopatía espongiiforme bovina, i, 15, 48, 53, 81, 98, 145, 171, 214, 230, 268, 295, 327, 338, 350  
encefalopatías espongiiformes transmisibles, 19  
energía, vii, ix, xiv, 20, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 45, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 65, 68, 80, 89, 128, 145, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 160, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 182, 183, 199, 205, 219, 220, 221, 227, 239, 241, 242, 244, 245, 246, 248, 251, 252, 259, 274, 279, 281, 283, 285, 287, 289, 290, 291, 293, 294, 295, 296, 297, 299, 326, 327, 328, 339, 343, 346, 347, 350, 352, 354, 360, 361, 362  
energía digestible, 25, 155, 182, 227  
energía metabolizable, 29, 165, 171, 172, 176, 177, 178, 182, 219, 221, 245, 279, 339  
energía neta, 166, 182  
energy, 33, 262, 264

enfermedad, ix, xi, 35, 48, 63, 64, 81, 85, 86, 87, 91, 92, 93, 97, 102, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 119, 121, 124, 129, 146, 201, 204, 207, 209, 214, 220, 253, 268, 330, 331, 347, 355, 356, 357, 358  
enfermedades, i, 17, 25, 43, 81, 85, 87, 98, 107, 108, 115, 152, 209, 324, 329, 330, 347, 354, 355, 356, 362, 363  
entierro, 17, 111, 117, 120, 204, 206, 347  
enzima, 26, 208, 247, 261, 342  
enzimas, 23, 131, 183, 185, 268, 339, 349  
EPA, 59, 74, 218, 220, 221, 307, 309, 310, 311, 318, 321  
ERRC, 336  
etanol, 31, 32, 290, 300  
ethanol, 34  
evaporador, 41, 57, 63, 67  
extruded, 264, 265  
extruido, 46, 211, 212, 213, 222, 300  
extrusión, 90, 138, 212, 213, 221, 229, 300

## F

Fats and Proteins Research Foundation, iv, viii, x, xi, xii, xiii, 21, 34, 46, 49, 85, 95, 110, 159, 201, 224, 244, 322, 325, 337, 338, 340, 342  
fatty acids, 20, 21, 22  
FCL, 88, 89  
FDA, 15, 16, 19, 26, 33, 34, 79, 80, 83, 89, 93, 98, 103, 106, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 119, 121, 124, 145, 146, 149, 276, 281, 327, 329, 330, 331  
feather meal, 264  
FeM, 263  
fenilalanina, 171  
fertilizante, 37, 38, 115, 228, 289, 296, 339  
fish meal, 34, 262, 263, 264, 265  
flotación por aire disuelto, 313  
FM, 262, 263  
formaldehído, 86, 301  
fósforo, ix, 26, 28, 163, 164, 170, 171, 172, 175, 177, 178, 180, 185, 186, 190, 191, 194, 196, 197, 199, 201, 202, 214, 222, 230, 234, 245, 252, 259, 307, 309, 312, 315, 316, 317, 351  
FPRF, iii, iv, viii, x, xii, 34, 85, 87, 93, 95, 110, 124, 159, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 340

## G

ganado, ii, 16, 26, 27, 31, 32, 33, 39, 43, 45, 48, 81, 83, 86, 92, 95, 99, 101, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 127, 131, 145, 146, 149, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 177, 198, 276, 281, 285, 287, 300, 326, 330, 339, 356, 363  
ganado lechero, viii, 27, 31, 32, 151, 152, 153, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 326, 339, 356, 363  
gases, 57, 63, 293, 294, 307, 318, 349, 350  
gato, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 218, 219, 221  
gatos, 204, 205, 208, 209, 210, 212, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 224, 225, 339  
glicerina, 213, 288, 291  
glicerol, 20, 22, 128, 130, 292, 293, 300  
glóbulos sanguíneos, 180, 198

gluten, 211, 229, 230, 231, 239, 242, 245  
grasa amarilla, 158, 165, 178, 268  
grasa avícola, 21, 24, 46, 151, 156, 158, 165, 176, 177, 178, 199, 205, 221, 227, 230, 243,  
268  
grasa insaturada, x, 21, 23, 32, 130, 131, 143, 151, 152, 153, 156  
grasa saturada, 156, 158, 165, 167, 220, 227, 242, 290, 325  
grasas comestibles, 52, 131  
greaves, 40

## H

HACCP, 15, 19, 52, 64, 67, 80, 81, 82, 83, 88, 90, 94, 103, 128  
harina de carne, 15, 25, 28, 32, 124, 147, 164, 170, 176, 180, 191, 194, 196, 197, 200, 201,  
214, 215, 216, 229, 234, 238, 245, 339  
harina de carne de aves, 15, 25, 28, 31, 69, 113, 145, 172, 216, 217, 225, 268, 276, 288  
harina de carne y hueso, 25, 46, 48, 53, 81, 100, 124, 145, 146, 147, 149, 163, 176, 177, 178,  
179, 180, 190, 191, 194, 196, 197, 200, 202, 204, 214, 215, 218, 223, 224, 225, 229, 234,  
235, 244, 245, 246, 269, 288, 329, 336, 339, 344  
harina de cordero, 215, 216  
harina de pescado, 15, 25, 54, 57, 145, 147, 148, 172, 179, 180, 197, 202, 204, 218, 219, 227,  
229, 235, 237, 238, 239, 241, 243, 244, 245, 277, 279, 282, 284, 285, 286, 339, 342  
harina de pluma, 25, 26, 31  
harina de pluma hidrolizada, 15  
harina de plumas, 53, 145, 146, 147, 149, 161, 163, 176, 177, 179, 180, 197, 229, 230, 232,  
238, 244, 247, 261, 276, 339, 340  
harina de sangre, ii, 15, 25, 27, 31, 101, 145, 146, 147, 180, 191, 198, 200, 201, 202, 222,  
227, 230, 232, 234, 243, 244, 340  
harina de soya, 28, 32, 124, 148, 149, 164, 169, 170, 171, 172, 175, 176, 181, 184, 185, 186,  
191, 194, 229, 230, 238, 244, 245, 277, 279, 326  
harina de subproductos avícolas, 25, 46, 147, 163, 176, 178, 180, 197, 204, 215, 216, 217,  
230, 231, 235, 244, 245, 276, 342  
HCH, 25, 26, 28, 31, 33, 81, 83, 84, 86, 87, 92, 100, 101, 111, 112, 113, 149, 163, 166, 170,  
171, 172, 175, 194, 234, 235, 238, 240, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 260,  
269, 276, 277, 278, 279, 281, 282, 285, 293, 294, 295, 296, 301, 339, 340, 344, 352, 360  
hidrólisis, 22, 23, 74, 133, 140, 141, 233, 339, 350  
hidrolizada, 15, 23, 53, 173, 177, 178, 180, 184, 187, 188, 189, 190, 197, 340, 349, 351  
hidrolizadas, 247, 249, 251  
hidroxiapatita, 287  
histidina, 171, 230, 246  
histidine, 265  
HP, 247, 248, 252, 261  
HPI, 26, 163, 164, 173, 174, 175, 232, 238, 240  
HS, 232, 234, 237, 240, 254  
HSA, 26, 28, 163, 172, 173, 175, 231, 235, 237, 240, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 254,  
255, 256, 257, 258, 259

## I

immune response, 265  
impurezas, 22, 23, 57, 70, 114, 130, 221  
incineración, 103, 108, 120, 287, 296, 346, 351, 352, 358, 361, 362

incremento de calor, 165, 168  
independiente, viii, xi, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 76, 85, 89, 98, 159, 217, 310, 319  
insaponificables, 22, 132  
investigaciones, i, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, 19, 27, 36, 74, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 110, 143,  
170, 191, 197, 200, 204, 205, 209, 210, 220, 221, 222, 223, 227, 246, 279, 297, 299, 300,  
301, 302, 307, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335,  
336, 338, 339, 340, 341, 342, 351  
ISO, 52, 320, 321  
isoleucina, 27, 171, 198, 199

## J

jabón, 36, 37, 38, 39, 45, 76, 268, 269, 270, 288, 292, 344, 362

## L

*L. vannamei*, 246, 250, 251, 255, 256, 260, 262, 263, 265  
leucine, 265  
líquido, 55, 58, 67, 68  
lisina, 27, 29, 101, 141, 150, 170, 171, 177, 178, 183, 184, 186, 191, 197, 198, 199, 200, 201,  
216, 223, 227, 230, 232, 244, 247, 261  
**Listeria**, 19, 84, 102, 104, 359  
lubricante, 47  
lysine, 33, 265

## M

manteca, 126, 127, 128, 129, 136, 165, 178, 205, 220, 221, 227, 241, 242, 243, 245, 268,  
269, 324  
marmita, 40, 53, 129  
mascotas especiales, 204, 210  
MBM, 262, 263  
meat and bone meal, 33, 34, 264, 265  
meat meal, 33, 264, 265  
met, 68, 70, 73, 159, 195, 208, 333, 335  
methionine, 265  
metionina, 29, 101, 141, 171, 174, 184, 208, 214, 222, 246, 247, 253, 257, 258, 259, 260, 261  
microbios, 35, 90, 183  
mineral, ix, 132, 185, 186, 199, 204, 209, 210, 229, 245, 351  
minerales, 16, 17, 19, 26, 28, 164, 170, 180, 182, 185, 186, 209, 214, 222, 227, 231, 326,  
351, 362  
MIU, 22, 60, 70, 130, 169  
mortalidad, 91, 97, 98, 99, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 119,  
120, 121, 306, 356, 358  
MRE, 114, 115, 121, 281, 331

## N

National Renderers Association, i, iii, iv, vii, viii, x, xi, xiii, xiv, 15, 34, 49, 76, 98, 124, 146,  
201, 224, 226, 246, 247, 265, 268, 269, 285, 286, 306, 325, 337, 338, 363

National Research Council, ix, xii, 29, 34, 155, 161, 168, 172, 178, 182, 186, 209, 224, 245, 248, 265, 324, 337  
NE, 182  
nitrogen, 34  
nitrógeno, 29, 119, 124, 183, 307, 308, 309, 310, 311, 314, 315, 317, 318, 339, 349, 354  
NOx, 354, 355  
NRA, ii, iii, iv, viii, x, xi, xiii, xiv, 15, 21, 87, 92, 93, 95, 98, 203, 247, 265, 269, 270, 271, 276, 277, 281, 283, 286, 306, 320, 325, 338  
NRC, 32, 34, 148, 149, 155, 157, 158, 159, 168, 182, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 198, 199, 208, 224, 230, 245, 265, 324

## O

OIE, 60, 70, 92, 268, 347, 363, 364  
olor, 57, 59, 63, 73, 110, 129, 317, 318, 319, 326, 340, 351  
operaciones, vii, viii, xii, 17, 31, 36, 38, 39, 41, 52, 54, 60, 66, 76, 83, 152, 180, 181, 227, 229, 291, 293, 295, 308, 311, 312, 313, 317, 318, 320, 335, 342  
Organización Internacional de Normalización, 320  
ovejas, 48, 86, 91, 95, 111, 112, 127, 131, 136, 145, 146, 149, 152, 160, 276, 287, 300  
oxidación, 23, 24, 61, 132, 143, 156, 205, 214, 217, 222, 318  
óxidos de nitrógeno, 354

## P

*P. monodon*, 246, 250, 251, 252, 255, 256, 257, 259, 260, 263, 265  
parásitos, 17, 120  
patógeno, 63, 102, 111, 119, 120, 295, 357  
patógenos, 18, 68, 69, 83, 84, 86, 94, 102, 103, 105, 107, 110, 111, 119, 120, 121, 295, 329, 355, 356, 357, 358, 363  
pavo, ix, 167, 169, 172, 173, 174, 176, 177, 210, 216, 217, 218  
PBM, 262, 263  
PCB, 22  
pegamento, 57, 128, 140, 211, 269  
película, 57, 300, 303  
pelo, 16, 23, 25, 27, 36, 53, 62, 65, 132, 143, 179, 183, 191, 340  
PER, 254  
perro, 204, 205, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 218, 219, 221, 224, 225  
perros, 40, 177, 204, 205, 208, 209, 210, 212, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 339  
phenylalanine, 265  
piel, 23, 25  
pigs, 33, 34  
pirólisis, 287, 294, 295  
plasma, 25, 28, 101, 135, 156, 161, 180, 198, 200, 201, 233  
plástico, xi, 207, 299, 300, 314, 339  
plumas, ii, 16, 18, 26, 45, 53, 62, 64, 65, 99, 173, 178, 196, 197, 339, 344, 349, 350, 351  
Plumb, 38, 275, 324  
PNDR, 146, 147, 148, 151, 160  
porcino, 180, 181, 182, 186, 198, 199, 200, 201, 202  
poultry, 143, 264, 265  
poultry by-product meal, 264, 265

prensa, 40, 41, 57, 126, 128, 136, 223, 245  
prensa de tornillo, 17  
presión, 18, 26, 40, 41, 53, 54, 64, 65, 68, 90, 129, 131, 141, 142, 149, 171, 174, 178, 199,  
202, 214, 223, 247, 261, 272, 293, 296, 300, 313, 348, 350, 355  
principio de precaución, 61  
prión, 19, 58, 86, 87, 95, 146, 296, 363  
pro, 48, 168, 174, 196, 215, 220, 228, 234, 292, 339  
procesador, 54, 61, 68  
prolina, 141  
proteína degradable en el rumen, 147  
proteína no degradable en el rumen, 146  
protozoarios, 17  
punto de fusión, 21, 126, 127, 130, 220, 241, 290, 291

## Q

queratina, 18, 53, 65, 177

## R

rastreabilidad, 97, 102, 106, 109, 121, 355, 356  
reciclaje de productos comestibles, 53, 54, 128  
reciclaje en seco, 40, 53, 128  
reciclaje húmedo, 40, 53  
recontaminación, 18  
regla de alimentos balanceados, 89, 92, 93, 109, 111, 112, 113, 114, 117, 119, 327, 329  
reglamentaciones, 19, 33, 52, 59, 97, 98, 102, 103, 110, 114, 117, 121, 124, 142, 146, 281,  
296, 306, 307, 318, 319, 320, 321, 331, 335  
relleno sanitario, 17, 60, 119, 296, 343, 355, 356, 357, 361, 362  
research, 34, 263, 265  
respuesta inmonológica, 28  
respuesta inmune, 246, 254  
respuesta inmunológica, 223  
riesgo biológico, 102, 356  
rumiantes, 15, 16, 19, 26, 48, 81, 91, 100, 109, 111, 112, 113, 117, 128, 131, 136, 145, 146,  
147, 149, 151, 152, 154, 156, 158, 160, 164, 171, 175, 214, 230, 268, 276, 277, 285, 326,  
331

## S

sacrificio, 37, 38, 39, 62, 82, 99, 111, 115, 163, 196, 198, 221, 229, 282, 349, 351, 357, 363  
sal, 27, 136, 139, 140, 185, 229, 308, 312, 317  
salmón, 228, 229, 230, 238, 244  
saponificación, 23, 132  
sebo, 20, 21, 23, 24, 35, 36, 37, 39, 45, 46, 47, 48, 60, 86, 87, 114, 127, 128, 129, 132, 136,  
145, 155, 156, 158, 159, 160, 165, 167, 178, 180, 184, 199, 205, 219, 220, 221, 227, 240,  
241, 242, 243, 245, 268, 269, 270, 272, 273, 274, 275, 281, 287, 288, 289, 290, 291, 292,  
325, 326, 336, 338, 340, 342, 344, 352  
shrimp, 262, 263, 264, 265  
sistema de manejo ambiental, 306

sistemas, 17, 29, 39, 40, 41, 52, 54, 57, 58, 59, 63, 64, 66, 67, 68, 73, 74, 85, 107, 128, 143,  
165, 179, 208, 215, 217, 222, 225, 228, 253, 260, 288, 293, 306, 318, 320, 322, 324, 326,  
352  
soapstock, 21, 22, 24  
soybean meal, 33, 34  
sus, ii, vii, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, 38, 39, 53, 114, 131, 172, 183, 197, 199, 289, 321, 329,  
341  
Swine, 34  
systems, 263

## T

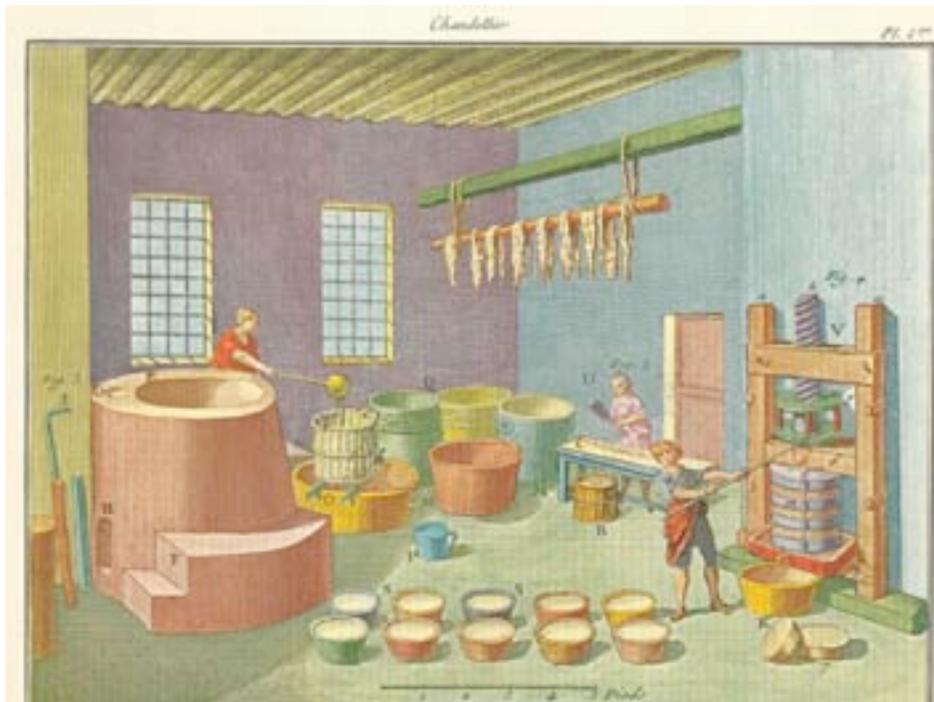
tasa de eficiencia proteica, 142, 224, 254  
taurina, 204, 208, 216  
temperaturas, 17, 41, 58, 105, 107, 108, 115, 119, 132, 140, 142, 168, 176, 186, 215, 220,  
225, 241, 290, 296, 299, 308, 319  
*The Invisible Industry*, i, 35, 36, 39, 49  
*The National Provisioner*, 38, 43, 49  
*The Original Recyclers*, i, 35, 49, 143, 201, 224, 322, 337, 342  
tilapia, 228, 238, 244  
tirosina, 171  
título, 21, 23, 24, 127, 131, 220  
treonina, 29, 31, 101, 171, 184, 216  
triglicéridos, 21, 128, 131, 351  
triptofano, 29, 31, 101, 141, 171, 184, 191, 194, 208, 218  
trucha, 228, 229, 230, 231, 232, 234, 237, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245  
tryptophan, 265  
TSE, vii, xiv, 87, 329, 330, 337, 347, 350

## U

USDA, viii, ix, xii, xiii, 34, 47, 48, 86, 91, 108, 109, 127, 128, 221, 225, 272, 277, 296, 303,  
336

## V

valina, 171  
valor de peróxido, 24, 132, 221  
vela, 36, 37, 269  
virus, 17, 83, 85, 86, 91, 102, 107, 111, 124, 146, 356, 357, 363  
vitamina, 186, 204, 208, 210, 213, 219, 229



Reproducción de "Rendering in the 18th Century" (Reciclaje en el siglo XVIII) originalmente coloreado a mano por el artista. El grabado muestra la operación de reciclaje de subproductos de origen animal de un fabricante de velas francés del finales del siglo XVIII. Se muestra a los trabajadores picando grasa, fundiéndola y extrayéndola en una prensa.

Publicado por:  
National Renderers Association  
Fats and Proteins Research Foundation  
Animal Protein Producers Industry  
**ISBN: 0-9654660-3-5**