

MONOGRAFÍA

CULTIVO DEL PACÚ

Aspectos generales y Estado de la tecnología

Autores: Evelyn R. Vallone & Fausto Benedetti

Coordinación: Gustavo Wicki

Centro de Acuicultura Diamante (CEADI)
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
SISTEMAS DE CULTIVO	5
Requisitos para su cultivo	5
Localización	5
CONSTRUCCIÓN DE ESTANQUES Y JAULAS	6
Estanques para Sistemas Semi-Intensivos	6
Ingreso de agua	6
Drenaje o salida	6
Jaulas para Sistemas Intensivos	7
TECNOLOGÍA DE CULTIVO	9
Sistema de cultivo Intensivo en Jaulas	9
Sistema de cultivo Semi-intensivo en estanques	10
Control de los parámetros	11
-Temperatura:	12
-Oxígeno disuelto:	12
-pH, Dióxido de Carbono y Alcalinidad Total:	13
-Dureza total:	13
-Amoníaco y Nitritos:	13
-Nitrógeno y Fósforo	14
-Productividad del estanque:	14
Recambio de agua de los estanques	15
MANEJO DE LOS CULTIVOS	16
Recepción de alevinos	16
Pre-engorde (recría)	16
Engorde	16
Cosecha	17
Procesamiento	17
POLICULTIVO	18
Pacú + Camarón de agua dulce	18
Pacú + Amur	18
Pacú + Randiá + Amur	18
Sistema de rotación Arroz + Pacú	18
DIFERENTES ALIMENTOS Y FACTOR DE CONVERSIÓN	20
Tabla de alimentación	21
ECONOMÍA DE CULTIVO Y RENTABILIDAD	23
Análisis de las inversiones y los flujos de fondos	25
CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos bajo condiciones controladas o semi-controladas (Stickney, 1994). La actividad abarca tanto cultivos de animales como vegetales ya sea en aguas continentales (dulces y salobres) como marinas. Los productos de la acuicultura contribuyen actualmente a la producción pesquera mundial de peces.

Entre los peces conocidos del centro-norte de nuestro país, se encuentra el pacú, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), es una especie autóctona muy codiciada en el tanto para el consumo por su excelente calidad de carne como para la pesca deportiva.

Se distribuye en aguas dulces templado-cálidas de la cuenca los ríos Paraguay-Paraná, en Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay (Ringuelet *et al.*, 1967). En ambientes naturales pueden desarrollarse hasta 8kg. de peso. Por tratarse de un pez migratorio, su captura es estacional, provocando un desabastecimiento en los mercados para el consumo.

El pacú es un pez serrasálmido (Characiformes: Serrasalminidae) con cuerpo de contorno casi orbicular, perfil dorsal curvado y abdomen aserrado en la línea media pre-ventral y pos-ventral (Fig.1). Es un pez omnívoro, que se alimenta en el ambiente natural de pequeños crustáceos, moluscos, peces pequeños, frutas, hojas, semillas y raíces de plantas flotantes. Posee una dentición mandibular es de tipo molariforme, especializada en cortar y moler los alimentos, presentando un tubo digestivo relativamente largo (esófago corto, estómago bien desarrollado, intestino largo y ciegos pilóricos en número de 37 a 40).

Desde la década del 80, la pesca de este pez ha disminuido notablemente en el río Paraná, habiendo desaparecido por completo al sur del paralelo 31°30' latitud sur (ciudad de Santa Fe); no existiendo datos sobre su pesca en todo el río Uruguay (Wicki, 1996; Wicki *et al.*, 2012).

Sin embargo, el pacú se produce con fines comerciales desde la década del 90. La cría controlada puede brindar este producto durante todo el año, de tamaño uniforme con peso de 1.200gr. en tiempos que no superen los 16 meses de cultivo, dependiendo de las temperaturas ambientales existentes, modalidad del cultivo, densidad de siembra y calidad de la alimentación.

Desde el año 2000, la producción de pacú se ha incrementado desde 70 a 600 toneladas por año en el Norte de Argentina (Wicki *et al.*, 2012). En la actualidad se realizan cultivos en las provincias de Formosa, Misiones, Chaco, Corrientes, Santa Fe y Entre Ríos. Su carne es muy sabrosa, con hasta un 10% de grasa (modificable según dietas). Puede ser comercializado entero, eviscerado, fresco o congelado, fileteado o como hamburguesa. La cría controlada permite brindar este producto durante todo el año. Una de las sinergias más utilizadas de mayor éxito es la producción de arroz y pacú.

En esta obra, destinada a pequeños y medianos productores que quieran incursionar en la producción acuícola del pacú, presentaremos dos tipos de cultivo que son los más adecuados para la región subtropical de nuestro país, a saber, cultivo Semi-intensivo en estanques excavados en tierra y cultivo Intensivo en jaulas flotantes, donde trataremos el estado del conocimiento general de su cría y discutiremos además los avances de la tecnología aplicada a cada uno de ellos.



Figura 1. *Piaractus mesopotamicus* (pacú)

SISTEMAS DE CULTIVO

Existen 3 tipos de cultivo: extensivos, semi-intensivos e intensivos de acuerdo a la densidad de siembra y el tipo de tecnología usada. En este trabajo se desarrollaran los dos últimos tipos de cultivo que son los más adecuados para la región subtropical de nuestro país.

Requisitos para su cultivo

- Clima apropiado
- Agua de cantidad y calidad suficiente
- Topografía y suelo apto para la construcción de estanques en tierra o bien espejos de agua adecuados para la instalación de jaulas
- Capacidad de inversión (infraestructura, materiales, provisiones, etc.)
- Acceso normal a insumos y mercado del consumidor
- Asesoramiento técnico

Localización

Para el desarrollo de cualquier proyecto acuícola debe tomarse en consideración los requisitos anteriormente mencionados con el objeto de obtener un resultado exitoso. A continuación desarrollamos en detalle los mismos:

- **Temperatura**: es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en acuicultura. Los peces a producir son poiquilotermos, es decir que, la temperatura de su cuerpo varía con la temperatura del ambiente, por lo tanto su metabolismo dependerá de este parámetro. Cada especie tiene un rango de temperatura en el que puede vivir, y una temperatura optima en la cual alcanza su máximo desarrollo en cuanto a crecimiento y reproducción.

Aquellos sitios que se encuentran por encima del paralelo 30° de latitud sur, donde las temperaturas medias anuales sean entre 20 y 22°C son las óptimas para el cultivo del pacú, situándose el rango de su cultivo entre los 22 y 28°C.

- **Topografía**: son aconsejables los terrenos altos, no inundables, que posean entre un 2 y un 5% de desnivel, para un mayor aprovechamiento en la construcción de los estanques, reduciendo así los costos de inversión y beneficiando el funcionamiento de los mismos.
- **Edafología**: se requieren suelos impermeables, con mezclas de arcilla y limo. El porcentaje de arcilla debe ser entre 30 como mínimo y 60% máximo para evitar el resquebrajamiento de los estanques.
- **Hídricos**: el agua de abastecimiento puede provenir de napas o bien de superficie, siendo el caudal mínimo aconsejable de 60 m³/h, tanto para el llenado de los estanques como para la renovación diaria de agua.

La cantidad de agua con que se cuente, determinará el área de estanque que se pueda construir (Hepher y Pruginin, 1985). La filtración depende del tipo de suelo, según su composición. La evaporación depende de los vientos, temperatura, humedad y estación del año.

En cuanto a la calidad de agua, la misma debe ser libre de contaminantes, insecticidas, pesticidas y metales pesados, por otra parte la temperatura debe estar en el rango entre los 12 y 30°C; el pH entre 6 y 9; la Alcalinidad y Dureza entre 20 y 300 mg/l; el Oxígeno disuelto entre 3 y 6,5 mg/l, y los sólidos en suspensión no deben superar los 2 g/l. En cuanto a los compuestos nitrogenados (amoníaco y nitritos) que surgen de los metabólicos propios de los organismos de cultivo, deben ser mantenidos en concentraciones bajas.

Las aguas subterráneas aseguran una calidad y cantidad uniforme durante todo el año, están libres de contaminantes y enfermedades, pero su costo operativo es alto y suelen presentar bajo tenor de oxígeno.

El agua superficial, generalmente de ríos, arroyos, lagos, lagunas u otros cuerpos, naturales o artificiales de agua. Estos se pueden aprovechar de manera tal que las aguas ingresen y salgan por gravedad, para esto debe considerarse la topografía del terreno. El ambiente del que se extrae el agua debe tener un caudal mínimo, que sea superior al volumen de agua que se utilizará en la granja, porque de otro modo será un limitante de la producción. Hay que tener en cuenta la presencia de desechos químicos u orgánicos de industrias o zonas agrícolas, y además la presencia de agentes patógenos y predadores que puedan afectar a los peces de cultivo

CONSTRUCCIÓN DE ESTANQUES Y JAULAS

El cultivo de pacú puede realizarse en estanques excavados en tierra o jaulas flotantes colocadas en ambientes naturales con una profundidad media de 2 metros.

Estanques para Sistemas Semi-Intensivos

Los estanques estarán ubicados de manera de aprovechar el terreno lo mejor posible, disminuyendo la inversión y buscando la forma más práctica para abastecer y desagotar los mismos. Los estanques son de forma rectangular para facilitar la distribución del alimento y mejor intercambio de oxígeno si se lo ubica a lo largo de la preponderancia de los vientos, además el ingreso del agua en la base más reducida y salida en el otro extremo permite una mejor renovación del agua.

Para los estanques de pre-engorde o recría se recomiendan que sean de 10 x 50 m y su profundidad deberá ser de 1 m mínimo y de 1,20 m máximo en la zona del desagüe.

Los estanques de engorde son de mayor medidas recomendándose que sean de 50 x 100 m o bien de 25 x 200m, su profundidad debe ser de 1,20 m mínimo y de 1,40 m máximo en la zona del desagüe.

Cada estanque tiene un ingreso y salida de agua independiente lo que posibilita un mejor manejo para la cosecha final y drenaje. La base del estanque tiene una pendiente hacia el desagüe igual o mayor al 1% lo que facilitaría el vaciado del mismo (Fig. 2).

Durante la construcción de los taludes, la pendiente deberá mantener una relación interna y externa del 1,5:1 para el caso de la arcilla y limo; mientras que la corona del talud deberá tener un ancho mínimo de 2 m.

Ingreso de agua

El traslado del agua desde la fuente de agua hasta los estanques se ejecuta a través de caños de PVC de 2 a 4 pulgadas de diámetro o por medio de la construcción de un canal a cielo abierto con fondo de hormigón o cubiertos por tela plástica evitando así la infiltración. En el caso de utilizar caño, éste deberá estar situado a 10 cm por encima del nivel de agua del estanque y a unos 40 cm del borde de la superficie (Fig.2).

En el canal de abastecimiento que trae el agua al estanque es aconsejable instalar un filtro. Su función principal es evitar el pasaje de peces predadores (o huevos) a los estanques.

Drenaje o salida

Para el caso de los estanque de pre-engorde los caños de los drenajes deben tener un diámetro de 3 a 4 pulgadas, mientras que para los estanques de engorde, el vaciado puede

realizarse por medio de tubos de PVC de 6 a 8 pulgadas o con caja de desagüe o monje construido con cemento o madera (Fig.2).

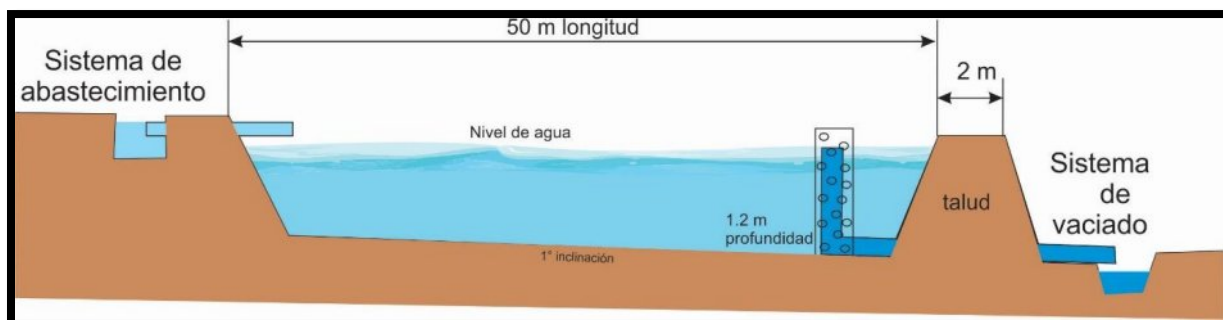


Figura 2. Perfil del estanque de Pre-Engorde, con la pendiente de fondo de 1° e ingreso y salida de agua independientes

Jaulas para Sistemas Intensivos

La diversidad entre diseños y modelos en jaulas es enorme. De acuerdo a Beveridge (1996) se pueden agrupar cuatro tipos básicos: Fijas, flotantes, sumergibles y sumergidas. La utilización de cada uno de estos tipos, dependerá del ambiente seleccionado para su instalación.

Las jaulas pueden ser de distintos materiales como metal, madera, cañas, plástico (PVC) y mallas de diversos tipos, como plástica, de alambre galvanizado, material desplegado o chapa agujereada.

Las jaulas flotantes pueden ser de alto (mayores a 4m^3) o de bajo volumen (1 a 4m^3) y cada uno de estos tipos puede ser a su vez rígido o de bolsa-red. Las tecnologías son radicalmente distintas según el caso, tal es así que las cargas en las jaulas de bajo volumen pueden superar los 150 kg/m^3 , mientras que en las de alto volumen se encuentran entre 5 y 15 kg/m^3 (Wicki y Rossi 2006).

Aunque se recomiendan la construcción de jaulas de bajo volumen, que no superen los 5 m^3 de capacidad. La forma más utilizada es la cuadrangular de $2 \times 2 \times 1\text{ m}$. El armazón se recubre por una red metálica o plástica, y en los laterales se colocan flotadores plásticos relleno de poliuretano expandido (Fig.3). En la cara superior se ubica una tapa que evita la fuga de los peces y el ataque de predadores y se coloca un tubo de alimentación que ocupe el 20% de la superficie superior de la jaula, según lo señalado por Schmittou (1992) para otros peces en cultivo.

Las jaulas de pequeño volumen, resultan ser más productivas por unidad de volumen, debido a un mejor intercambio de agua, con respecto a las de alto volumen. Se necesita intensa mano de obra para la alimentación y el mantenimiento de las mismas.

Entre las ventajas de cultivar peces en jaulas son:

- Baja inversión
- Eficiencia en la utilización del recurso
- Se pueden juntar para aumentar la estabilidad
- Alta densidad, si la circulación de agua y la profundidad es adecuada.
- Uso de tecnología constructiva simple

Entre las desventajas de su uso podemos citar:

- Necesitan un intercambio de agua y una profundidad adecuada
- Necesitan una ubicación protegida
- Las mallas se deterioran y se ensucian

- Necesidad de boyado
- Necesidad de acceder con embarcación

Debido al comportamiento presentado por el pacú en cuanto a formación de cardumen, se considera más apropiado para su cultivo en jaulas flotantes, la utilización de diseño de estructura cuadrada o circular, que como menciona Beveridge (1996) favorece el patrón de natación en círculos para los individuos en cautiverio; ya que el diseño incide sobre la conducta natatoria y directamente sobre el resultado obtenido en producción.

El conjunto de tren de jaulas (10 a 20 unidades) orientadas transversalmente a la corriente de agua y se completa con un sistema de boyas y de anclajes de acuerdo a los vientos predominantes de la zona (Fig. 3).



Figura 3. Jaula flotante de 1m³ (izquierda); tren de jaulas flotantes de 1m³ (derecha)

TECNOLOGÍA DE CULTIVO

Sistema de cultivo Intensivo en Jaulas

El cultivo de peces en jaulas se ha difundido en las últimas tres décadas utilizándose tanto para producciones en agua dulce como marina (Beveridge, 1996). Estos sistemas poseen la ventaja de posibilitar producciones intensivas, con menores costos de inversión fija y de operación, comparado con los efectuados en cultivos acuícolas desarrollados en tierra (Wicki, 1996), además de la no utilización de terreno de uso agrícola.

Para la realización de cultivos en aguas cálidas se utilizan, comúnmente, jaulas flotantes de bajo volumen y alta producción, las que no sobrepasan los 5 m³ de capacidad. Este tipo de jaulas permite una mayor renovación de agua en su interior, admitiendo por lo tanto mayor carga de peces, comparado con las de alto volumen como las empleadas en cultivo de Salmónidos y otros peces marinos (Schmittou, 1992). Sin embargo, el crecimiento de los individuos en sistemas de cultivo intensivo, es en función del consumo del alimento ofrecido externamente, ya que la disponibilidad de alimento natural en estos casos, es prácticamente nula, especialmente en cultivos de altas cargas (Wicki y Luchini, 2005).

Para el Pre-engorde, se colocan los alevinos en jaulas idénticas a las de engorde pero con red de malla pequeña (0,5 cm entre nudos) que evite el escape. El tamaño de los alevinos deberá ser entre 35 y 50 mm y su peso de 5 gr aproximadamente para el ingreso a las jaulas.

El cultivo en jaulas se realiza a alta densidad, siendo como máxima capacidad de carga 25 peces/m³ (Schmittou, 1992). Sin embargo, se registra una disminución del crecimiento de los peces al sobrepasar la carga (biomasa mantenida en cultivo) de 18 kg/m³ (Wicki *et al.*, 1998).

En general se pueden obtener juveniles de 60 gr aproximadamente en un período de 60-65 días. Los peces deben ser alimentados con un alimento balanceado con un 40% de proteínas. La conversión lograda en este período de cultivo es de 1,56:1 (Wicki *et al.*, 2004).

Luego del pre-engorde, cuando los peces alcanzan el tamaño deseado (60 gr de peso individual), es necesario realizar un desdoble y trasladar los peces a las jaulas definitivas de engorde. La mortalidad de este período de cultivo no sobrepasa el 30 %.

En el caso del Engorde en jaulas, la densidad de cultivo en esta etapa es de 25 ind/m³ (Wicki y Luchini, 2005). La carga final no deberá superar los 60 kg/m³, ya que es considerado el nivel crítico de crecimiento según Merola y De Souza (1988). Sin embargo, Wicki y Luchini (2005) consideran que la capacidad de carga para la especie *P. mesopotamicus* se encuentre situada en valores comprendidos entre los 20 y 25 kg/m³. La mortandad en esta etapa no supera el 5%.

Los juveniles deberán ser alimentados diariamente con una ración balanceada que contenga entre 30 y 40 % de proteínas, ofreciéndoles entre el 2 y 3 % de su peso corporal. Ensayos realizados por Wicki y Luchini (2005), para engorde de pacú en jaulas suspendidas de 3 m³ a densidades de 40 ind/m³ el crecimiento conseguido fue de 1,7 gr/día. Los peces alcanzan un promedio de 900gr al año de engorde. Se deben realizar monitoreos mensuales (10% de la población) con el fin de observar el crecimiento y regular la cantidad de alimento a suministrar.

El manejo de rutina se realiza mediante un bote a motor donde se alimentan los peces, se monitorea su estado sanitario, y se verifican el estado de las jaulas.

Sistema de cultivo Semi-intensivo en estanques

Introducción

La preparación de los estanques es de suma importancia para preparar el sistema de producción, ya que se debe considerar la obtención de la mayor sobrevivencia y el óptimo crecimiento de los peces. Para ellos es necesario realizar las siguientes operaciones:

1. **Asoleado:** Exposición del estanque al sol durante un período no mayor a 10 días con la finalidad de desinfectar el estanque y de mineralizar la materia orgánica. Este paso es necesario entre cada ciclo de cultivo y no en la primera producción.
2. **Encalado:** es la principal técnica para mejorar la calidad de agua en los estanques con suelo ácidos. El encalado es la aplicación de un compuesto rico en calcio y en una combinación de calcio o magnesio, de formas que presenta un ion negativo que neutraliza la acidez del medio. Consiste en el agregado de cal al estanque, y sirve tanto para desinfectar, para mejorar los suelos ácidos y para corregir el pH del agua. Según el efecto que busquemos será el producto que utilizaremos. La cal agrícola generalmente se utiliza para aumentar el pH y la alcalinidad total. La cal viva (CaO - óxido de calcio) y la cal hidratada (CaHO_2 -hidróxido de calcio) se utilizan para desinfectar los estanques, aunque elevan el pH a niveles muy altos por lo cual es necesario manejarla con cuidado.

Es recomendable que la cal viva y la cal hidratada se utilicen con el estanque vacío, para matar agentes patógenos y otros organismos indeseables que pueden quedar en el barro o charcos que no llegan a secarse. Las aplicaciones recomendadas van de 1000 a 2000 kg/ha (Boyd, 1997), que debe ser distribuida uniformemente en el fondo del estanque. Una vez tratados los estanques se llenan y se debe esperar que el pH se estabilice para sembrar los peces.

Mientras que si es para corregir el pH, mejorando así la alcalinidad, se utiliza cal hidratada o bien la cal agrícola, la cual esta última no presenta riesgos para los peces, por lo cual puede aplicarse con el estanque lleno una vez que el cultivo ya esté en marcha. No se recomienda encalar si el pH está por encima de 7 o si los valores de alcalinidad sobrepasan los 60 mg/l (Boyd, 1997). Las dosis recomendadas las podemos ver en las siguientes tablas:

Alcalinidad total (mg/l)	Cal agrícola (kg/ha)
0-5	4000
5-10	3000
10-15	2000
15-50	1000

Tabla 1: dosis sugerida con cal agrícola con respecto a la alcalinidad (tomado de Boyd, 1997)

ph del suelo	Cal agrícola (kg/ha)
7	500

6-7	1500
5-6	2000
<5	4000

Tabla 2: dosis sugerida con cal agrícola con respecto al pH (tomado de Boyd, 1997)

Para el caso de cal hidratada se aplica según el caso: si tenemos suelos ácidos (4-6 pH) se utiliza entre 1000 y 3000 kg/ha aplicados dos semanas antes del llenado del estanque. Pero si es para corregir el agua una vez llenado el estanque, la aplicación varía entre 200 a 400 kg/ha. (Martínez y Wicki, 1997).

3. Abono y fertilización: el objetivo principal de la fertilización es producir abundante alimento natural en el estanque, el cual aportará una cantidad de nutrientes cuya importancia dependerá del nivel de cultivo. Los fertilizantes para cultivo de peces se clasifican en:

- *Químicos o inorgánicos*: son los mismos que se utilizan en agricultura por ejemplo, el superfosfato y la urea.
- *Fertilizantes orgánicos (abonos)*: lo más conocido es el estiércol de animales de granja, pero también suelen utilizarse algunas harinas vegetales.

Lo más recomendado para fertilizar estanques es utilizar estiércol de aves, por ser uno de los que aportan mayores nutrientes, sin embargo, pueden usarse además estiércol provenientes de granjas de cerdos, vacas, caballos y ovejas. La proporción recomendada es de 400 kg/ha cuando se utilizan abonos de aves, hasta 900kg/ha en el caso de usar los de oveja. Éstos se aplican al comienzo del cultivo, dos semanas antes de la siembra de los peces, y luego en forma periódica cuando se termina cada ciclo de cultivo.

También se pueden utilizar abonos inorgánicos, que se venden, en general, en forma granulada. Su solubilidad es importante en la fertilización, porque el fitoplancton capta los nutrientes principalmente del agua, en forma de iones disueltos. Los granulados de fósforo son considerablemente más lentos en disolverse que los nitrogenados. El nutriente que se pierde, es captado por los suelos del fondo. Algunos tipos de fertilizantes líquidos, han demostrado ser más efectivos.

Los fosfatos simples (30 kg/ha) o triples (15kg/ha de superfosfatos 18%), los nitratos de amonio (80 kg/ha) o bien la urea (150 kg/ha). Las aplicaciones se efectúan en bolsas de arpillera plásticas perforadas ubicadas en la entrada de agua. La fertilización se realiza al comienzo del cultivo, reforzándose de forma semanal, quincenal o mensual de acuerdo a la evolución del sistema acuático (Martínez y Wicki, 1997).

Control de los parámetros

Cuando hablamos de la calidad del agua de cultivo nos referimos al conjunto de factores físico-químicos (temperatura, gases disueltos, pH, etc.) que caracterizan al cuerpo de agua. Muchos de estos factores varían una vez que el agua ingrese al estanque y más aún cuando realizamos manejos tales como: fertilización, alimentación, aireación, etc. La calidad del suelo también es importante, ya que impactará a la calidad de agua, por ejemplo un suelo ácido resultara en un agua de pH bajo.

Es importante conocer los rangos óptimos de calidad de agua para la especie a cultivar, ya que mientras más cercano a este rango se mantenga nuestra agua de cultivo,

mejores condiciones para el crecimiento le daremos a nuestros peces, resultando siempre en un mayor beneficio económico; no solo los crecimientos serán mejores, sino que además disminuirémos los riesgos de enfermedades.

Para el control del cultivo es necesario que se registren en un cuaderno los datos importantes para la producción, como el número de peces bajo cultivo por estanque/jaula, fecha de inicio de las actividades, cantidad de alimento suministrado, parámetros desarrollados a continuación y cualquier otro hecho significativo o anomalía que consideren importante.

-Temperatura:

Todas las actividades fisiológicas de los peces (respiración, digestión, excreción, alimentación, movimientos) están íntimamente ligadas a la temperatura del agua. Cuanto más alta es la temperatura, mayor es la actividad de los peces, consecuentemente mayor consumo de oxígeno. Los demás organismos presentes en el estanque (bacterias, fitoplancton, plantas, etc.) también están influenciados por este parámetro, y su crecimiento y proliferación aumentarán la velocidad con el aumento de la temperatura del agua. Según Boyd (1997), la mayoría de los procesos que afectan la calidad del agua se duplican cada 10 grados de aumento de la temperatura.

Se debe controlar este parámetro, por su importancia, en forma permanente con un registro por la mañana y uno por la tarde. Es aconsejable no ofrecer alimento a los peces cuando la temperatura se mantiene por encima de los 30°C. De igual forma, cuando las temperaturas se encuentren por debajo de los 12°C ya que disminuye el metabolismo de los peces y no aceptarán el alimento ofrecido.

-Oxígeno disuelto:

La mayoría de las especies de cultivo se encuentran en condiciones óptimas, cuando el oxígeno disuelto está por encima de los 5 mg/L. Por debajo de estos valores, en el rango de 3 a 5 mg/L, el tenor es considerado soportable, y el crecimiento podrá verse reducido. Si el oxígeno se halla entre 3 y 1 mg/L podemos hablar de niveles sub-letales, dependiendo del tiempo de exposición. Si el oxígeno baja de 1 mg/L será letal en un periodo muy corto de tiempo (Martins de Proenca y Bittencourt, 1994).

El pacú necesita para lograr un buen crecimiento de más de 4 mg/L, siendo letal de 0 a 3 mg/L.

La temperatura tiene una relación inversa con el oxígeno disuelto, es decir, a mayor temperatura del agua menor será la solubilidad del gas en ella. La presión atmosférica tiene una relación directa con la solubilidad del oxígeno; a su vez esta presión se relaciona con la altitud; a mayor altitud menor será la presión, por ende menor será la solubilidad; lo mismo ocurre en días de baja presión atmosférica. La salinidad también presenta una relación inversa a la solubilidad del oxígeno.

Generalmente en los estanques de cultivo semi-intensivo, el intercambio gaseoso de la superficie no es tan importante en el aporte de oxígeno, como si lo es la fotosíntesis realizada por el fitoplancton. Este proceso y la respiración de los organismos presentes en el estanque, son los procesos que provocan los mayores cambios en la concentración del oxígeno disuelto. Entonces, en los estanques se producen ciclos diarios de variación en la concentración de oxígeno, ya que durante el día el oxígeno disuelto irá subiendo debido a la fotosíntesis y durante la noche el oxígeno descenderá debido a la respiración de todos los organismos presentes en el estanque, incluyendo a las propias algas.

Este parámetro debe ser medido a primera hora de la mañana de forma diaria cuando la concentración es crítica, debido al consumo de este gas por la noche por parte de los vegetales y animales existentes en el sistema de cultivo.

La incorporación de oxígeno al agua se puede realizar de diversas maneras: o bien recambiando parcialmente el agua de los estanques o moviendo el agua en forma permanente por ejemplo, utilizando aireadores a paleta.

-pH, Dióxido de Carbono y Alcalinidad Total:

Es un índice de la concentración de iones hidrogeno en el agua y es usado para determinar si un agua es acida, neutra o básica. La escala de medición del pH tiene valores de 0 a 14. El valor 7 es el punto neutro; los valores inferiores a 7 corresponden a agua acida y los superiores a 7 corresponden a agua básica.

Los extremos de la escala son considerados peligrosos para los peces de cultivo, tanto por debajo de 5 como por encima de 10. El rango comprendido entre 6 y 9 es aceptables, siendo los óptimos para el cultivo el rango entre 7 y 8.

Los valores de pH pueden variar en función de la actividad fotosintética y la respiración de los organismos presentes en el estanque, disminuyendo en función del aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2). Durante la noche el pH tiende a bajar, hasta que amanece y comienza la fotosíntesis, que provocará una reacción inversa. Pese a esto el CO_2 a altas concentraciones no es capaz de bajar el pH a valores inferiores a 4,5, situación que podría darse por la presencia de ácidos minerales como el sulfúrico (Kubitza, 1998).

Otro parámetro que influye en los cambios de pH es la alcalinidad total, el cual consiste en la concentración de las bases que contiene el agua, esto es carbonatos (CO_3) y bicarbonatos (HCO_3). Estas bases le da al agua la capacidad buffer, es decir, la capacidad de resistir los cambios de pH, entonces, cuánto más alta es la alcalinidad total, menos variará el pH. La alcalinidad total se expresa en equivalentes de CaCO_3 (mg de CaCO_3/L). Aguas con una alcalinidad menor a 20 mg CaCO_3/L presentan bajo poder buffer, por lo cual se recomienda siempre contar con valores mayores a este.

-Dureza total:

La dureza total, se evalúa como medida de las concentraciones de calcio y magnesio en el agua, expresada en miligramos por litro, en equivalente de CaCO_3 , los valores mínimos recomendados para esta dureza total en el agua de estanques, son los mismos que para la alcalinidad total. En aguas naturales, los valores de dureza generalmente se equiparan a la alcalinidad, es decir, que el calcio y el magnesio prácticamente se encuentran asociados a los iones HCO_3 y CO_3 . Sin embargo, existen aguas de alta alcalinidad y baja dureza, en las cuales parte de los iones HCO_3 y CO_3 están asociados a iones sodio y potasio; mientras que en aguas donde la dureza supera a la alcalinidad los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} se encuentran asociados a sulfatos, cloruros y silicatos (Kubitza, 1998).

-Amoníaco y Nitritos:

El amoníaco es un desecho metabólico cuya concentración es de suma importancia en acuicultura por ser toxico para los peces, siendo muchas veces un limitante en producciones intensivas. Este puede encontrarse en dos formas en el agua de cultivo: NH_3 (amonio no ionizado) y NH_4^+ (amonio ionizado). Ambas formas se encuentran en equilibrio en los estanques, siendo la forma más toxica la no ionizada y su concentración depende de la temperatura y el pH, siendo mayor el porcentaje del amonio no ionizado cuando estos dos factores son más altos. El origen de amonio en el agua puede ser diverso: descomposición de la materia orgánica, polución, la excreción de los organismos acuáticos, procesos de desnitrificación, muerte de exceso de algas.

La concentración ideal está por debajo de los 0,05 mg/L, de 0,05 a 0,4 mg/L son valores subletales y entre 0,4 y 2,5 mg/L es letal para la mayoría de la especie. Existen algunas medidas para prevenir el riesgo con amonio: mantener siempre el tenor de oxígeno elevado, evitar el uso de estiércol fresco, no sobrepasar la densidad de carga, la tasa de alimentación, mantener un flujo de agua adecuado, tratamientos químicos con sal o ácido, para reducir el pH.

Los nitritos son un producto intermediario en la oxidación biológica del amonio a nitrato (nitrificación) y que pueden alcanzar concentraciones elevadas cuando ocurre polución orgánica o si el tenor de oxígeno disuelto es bajo.

El nitrito es muy tóxico para los peces porque se combina con la hemoglobina de la sangre y forma la metahemoglobina, que no tiene capacidad de transportar el oxígeno, provocando la muerte por asfixia. Los niveles de toxicidad varían según la especie, aunque se recomiendan en forma general, niveles por debajo de los 0,15 mg/L.

En general, ambos compuestos no representan un peligro en sistemas de acuicultura semi-intensiva, ya que la misma dinámica de los estanques los transforma en un compuesto poco tóxico como es el nitrato. En cambio, en sistemas intensivos donde la acumulación es mucho más rápida, es donde se presentarían como un potencial peligro.

-Nitrógeno y Fósforo

Son nutrientes importantes que los vegetales necesitan para su desarrollo. El fósforo se fija en el fondo de los estanques y de allí lo extraen los vegetales. El nitrógeno es eliminado de los estanques por la desnitrificación, un proceso micro bacteriano por el cual el amonio y el nitrato son convertidos en nitrógeno gaseoso y luego difundido al aire en la superficie del agua. Las deficiencias de estos elementos deben ser corregidas mediante la fertilización del estanque.

La concentración de fósforo total de 0,1-0,3 mg/L y las de nitrógeno de 0,5- 1 mg/L son las aceptables, concentraciones excesivas de nitrógeno y fósforo llevan a un aumento en el crecimiento de vegetales especialmente de fitoplancton.

-Productividad del estanque:

Para el control del desarrollo de la producción primaria (fitoplancton) se utiliza un *Disco de Secchi*. El mismo consta de un disco de 20 cm de diámetro pintado en 4 secciones, dos blancas y 2 negras, que pende de una cuerda graduada para manipularlo y un contrapeso en su contrafaz (Fig. 4).

La medición se realiza introduciendo el disco lentamente en el agua hasta que desaparezca, la profundidad que se lee en la cuerda graduada es la medida que nos indica que hasta esa profundidad hay penetración de luz. Según Boyd (1997) las lecturas se interpretan de la siguiente manera:

Si el disco desaparece en menos de 20 cm, indica exceso de turbidez y alta concentración de microalgas, es decir, que habrá problemas de falta de oxígeno. Se puede corregir mediante el agregado y recambio de agua. Si desaparece entre los 20 y 30 cm de profundidad, la turbidez comienza a ser abundante. Entre 30 y 45 cm indica buenas condiciones. Entre 45 a 60 cm, significa escasez de fitoplancton, debiéndose reforzar la fertilización del estanque. Más de 60 cm la productividad es inadecuada.

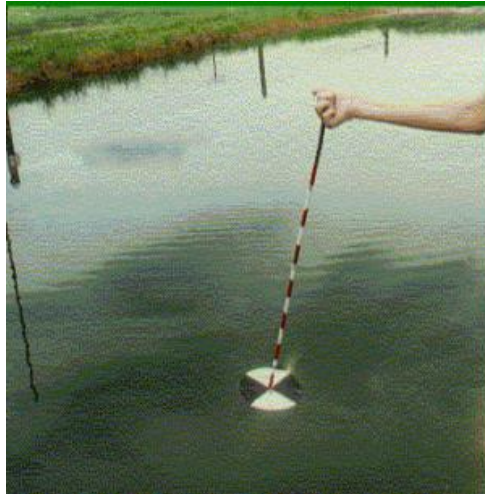


Figura 4. Disco de Sechi

Recambio de agua de los estanques

Durante cualquiera de las fases de cultivo es necesario equiparar las pérdidas de agua que se dan naturalmente por filtración y/o evaporación, de esta manera se mantiene una buena calidad de agua para los peces. Para ello, se recomienda la disposición de caudal de 4 a 6 L/seg/ha, que atienda además las necesidades de agua en los momentos críticos de la producción o emergencias (Martínez y Wicki, 1997).

MANEJO DE LOS CULTIVOS

Las distintas etapas que componen el cultivo de peces abarcan: reproducción, desove (obtención de ovas), incubación, alevinaje (larvicultura), pre-engorde (recría), engorde, cosecha y procesamiento.

Recepción de alevinos

Es importante que el productor adquiera sus alevinos antes de la estación estival para aprovechar al máximo la temporada de engorde. El tamaño de los alevinos deberá ser entre 35 y 50 mm y su peso de 5 gr aproximadamente para el ingreso a las jaulas o estanques de pre-engorde.

Los alevinos para su cultivo se trasladan en bolsas plásticas llenas $\frac{1}{3}$ de agua y $\frac{2}{3}$ de oxígeno. Estas bolsas son ubicadas en cajas de poliuretano expandido (telpogor) y mantenidas a baja temperatura para reducir el metabolismo de los peces y el estrés provocado.

Al llegar a destino, es importante que el productor iguale las temperaturas de agua del contenedor con la del ambiente colocando las bolsas no menos de 10 minutos de permanencia, evitando de esta manera que se produzca mortandades por shock térmico.

Preferentemente las siembras de alevines deben realizarse en horarios donde las temperaturas sean bajas, y no deben suministrarse alimentos hasta 24 o 48 horas posteriores, con el objeto de obtener una buena aclimatación de los peces.

Pre-engorde (recría)

El período de pre-engorde dependerá del tamaño de los alevinos, la temperatura del agua de cultivo y la calidad nutritiva de la alimentación ofrecida. Los alevinos recibidos que pesan alrededor de 5 gr. se siembran en los estanque de pre-engorde.

La siembra de alevinos en estanques de pre-engorde se hace a una densidad de 5 individuos/m² (Wicki, 2003, Wicki *et al.*, 2004). La mortalidad en este período se calcula entre un 10 y 15%.

En general se pueden obtener juveniles de 60 gr aproximadamente en un período de 60-65 días. Los peces deben ser alimentados con un alimento balanceado con un 40% de proteínas. La conversión lograda en este período de cultivo es de 1,56:1 (Wicki *et al.*, 2004).

Engorde

Una vez finalizado el período de pre-engorde en estanques, los peces deben ser clasificados según su tamaño, trasladándose a los estanques de engorde. La densidad de siembra es de 0,2 individuo/m² (Wicki *et al.*, 2002, 2009, 2012). Durante esta fase los peces permanecerán hasta su cosecha final, y la misma se prolongará según el peso deseado por el productor para su comercialización. La mortalidad de esta etapa se estima entre un 2 a 5%.

Los juveniles deberán ser alimentados diariamente con una ración balanceada que contenga entre 30 y 40 % de proteínas, ofreciéndoles entre el 2 y 3 % de su peso corporal. Al finalizar la etapa de engorde se logra una conversión relativa 1,56:1 (Wicki *et al.*, 2004). Los peces alcanzan un promedio de 900gr al año de engorde. Se deben realizar monitoreos mensuales (10% de la población) con el fin de observar el crecimiento y regular la cantidad de alimento a suministrar.

Cosecha

Las cosechas pueden ser parciales o totales. Por lo general las cosechas parciales son destinadas a la venta minorista local, donde se seleccionan los peces de mayor porte. En cambio, durante las cosechas totales se levantan cada una de las jaulas y se transportan hasta el muelle o embarcadero donde se acondicionan los ejemplares.

Las cosechas son realizadas en las primeras horas del día, evitando las altas temperaturas y manteniendo el producto con hielo. Los lotes destinados a ser cosechados se mantienen con 24 horas de ayuno previo a su faena, de esta manera logramos que su sistema digestivo esté vacío, facilitando así la tarea durante el posterior procesamiento.

Procesamiento

Esta fase debe realizarse en un local adecuado que cumpla con las reglamentaciones existentes.

La tarea se inicia con el sacrificio de los peces cosechados. La técnica del eviscerado dependerá del mercado consumidor elegido. Los peces pueden ser eviscerados ventral simple, donde se retiran las vísceras, o bien, eviscerado espinado dorsal, donde se realiza un corte a cada lado de la columna vertebral, la cual se retira junto a las vísceras, obteniéndose un producto con mayor valor agregado.

Seguidamente se realiza un lavado de los peces, para terminar de retirar los restos y obtener una limpieza total. Finalmente, los productos son embalados cuidadosamente para su comercialización.

Es importante mantener la higiene del lugar, desinfectando las mesadas y utensilios con una solución al 0,5% de hipoclorito de sodio (es decir, 15 g de hipoclorito en 2 litro de agua potable). Los restos del procesado de las vísceras pueden ser eliminadas (enterradas y con cal) o bien recicladas.

POLICULTIVO

El sistema de cultivo semi intensivo es posible producir una o más especies en el mismo estanque. Cada una aprovechará diferentes niveles tróficos, aumentando la producción total del sistema sin alterar el crecimiento de ninguna de ellas (Helpher y Pruginin, 1985).

Las especies que se pueden combinar en mismo sistema de cultivo con pacú son: peces herbívoros como el amur (*Ctenopharingodon idella*); peces omnívoros como randiá (*Rhamdia quelen*), o bien camarones de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*) detritívoros (véase Wicki et al., 1998; 2008).

Pacú + Camarón de agua dulce

En el cultivo comercial de camarón de agua dulce el costo del alimento insume un 30-35% de los costos operativos totales (Wicki, 1996). Esto se puede reducir en sistema de cultivos asociados, donde el pacú se siembra en jaulas flotantes dentro del estanque, permitiendo al camarón la utilización de los fondos y taludes. De esta manera, se aprovecha no sólo el espacio físico, sino también los desechos provenientes del alimento y metabolismo de los peces encerrados en las jaulas, ya que el camarón es una especie de hábitos detritívoros, y no es necesario complementar su cultivo con ración externa.

Los camarones de 0,7 gr. aprox. son sembrados al mismo tiempo que los peces, a una densidad de 6 ind/m² y sin alimento suplementario. A este sistema de policultivo es recomendable sembrar carpas herbívoras de 500g a una densidad de 0,03 ind/m² para controlar el crecimiento de algas (Wicki et al., 1998).

Por otra parte, los pacúes de 6 gr aproximadamente son colocados en las jaulas a una densidad de 25 ind/m². Los peces son alimentados con ración pelletizada con 35% de proteína bruta. Cada 15 días es necesario realizar biometrías para observar el estado sanitario de los peces y ajustar el cálculo del alimento ofrecido.

El recambio de agua de los estanques debe ser continuo, a una tasa de 17 L/seg/ ha (Wicki et al., 1998).

Para cumplir con los requisitos exigidos por el mercado, el peso individual de los camarones debe ser superior a los 22 g. con lo cual es necesario alrededor de 120-140 días de cultivo (Wicki et al., 1998).

Pacú + Amur

Siguiendo el modelo anteriormente mencionado, se pueden cultivar pacúes en jaulas a una densidad de 0,2 ind/m² y en los estanques amur a una densidad de 0,8 ind/m².

Para la especie Amur se emplean un alimento extruido flotante con 32% de proteína vegetal ofrecido diariamente a saciedad.

Pacú + Randiá + Amur

En este policultivo se siembran los pacúes en jaulas a una densidad inicial de 0,2 ind/m² de pacú, mientras que en el estanque se siembran 0,5 ind/m² de randiá y 0,3 ind/m² de amur.

Sistema de rotación Arroz + Pacú

El cronograma de producción de rotación arroz-pacú abarca en total 2 años. El arroz se cultiva, a partir de su siembra hasta 6 meses y los peces una vez terminados (sembrados como juveniles de pre-engorde), necesitan unos 13 meses, ocupando el terreno, donde se cosechó el arroz, hasta un máximo de 18 meses. La producción es de tipo "sustentable ambientalmente" ya que no emplea herbicidas ni fertilizantes (sistema agroecológico).

El arroz responde bien frente al Nitrógeno y los detritus de los peces (heces y restos de alimento no consumido) depositado en los fondos de los estanques; sumado al hecho de que los sedimentos (debido a la producción de peces), contienen altos valores del nutriente en forma de nitratos (hasta un 0,5/ha) y de Fósforo, junto a otros minerales. Luego de 2-4 años de implementar este sistema debería dejarse descansar los lotes por 1 año (sin cultivo de peces); por exceso de fertilizante.

Esta doble producción permite ofrecer a los acuicultores, una mayor renta con las cosechas de arroz. El pacú les rinde 3.000kg/ha (por ciclo), en sistema extensivo, es decir, a baja densidad de siembra, con poco aporte de ración alimentaria.

Los lotes destinados al cultivo de este pez, son adaptados, reacondicionando el perímetro con zanjas perimetrales de 1,3 m de altura de agua (obteniendo la tierra de los mismos lotes arroceros), donde se siembran los peces de 100 a 150 g promedio inicialmente.

El alimento es ofrecido en determinadas épocas, ayudando a los juveniles con una ración formulada con cereales y oleaginosas y subproductos como afrecho de arroz, trigo, harinas varias, etc., con un 25 % de proteína total.

Al finalizar la cosecha del arroz, el terreno se inunda nuevamente con 1 m de agua y los pacúes entran en él, alimentándose en forma natural. A la cosecha total, una vez terminado el engorde en el terreno del arrozal, se obtienen los peces objeto del cultivo a 1,5 kg promedio.

El FCR logrado en sus producciones es de 1,6:1 porque en realidad, los peces aprovechan no solo el alimento ración ofrecida en determinadas épocas, sino todo lo "natural" que encuentren en los lotes del cultivo.

DIFERENTES ALIMENTOS Y FACTOR DE CONVERSIÓN

La producción y la rentabilidad de un cultivo de peces dependen, en gran parte, de la cantidad y la calidad del alimento suplementario proporcionado. A medida que se intensifica un sistema de cultivo, mayor es la importancia del alimento complementario y mayor será su incidencia en los costos operativos totales; pudiendo superar el 50% de estos (Hepher, 1993).

La eficiencia del aprovechamiento del alimento para crecimiento depende principalmente de su composición y compatibilidad con los requerimientos nutricionales determinados para la especie, considerándose también de importancia el tamaño del alimento, así como también la frecuencia y horario de alimentación.

Las raciones alimentarias utilizadas en experiencias de cultivo de pacú en Argentina, presentan gran variedad en los insumos empleados y sus contenidos proteicos. El alimento es de tipo ración pelletizada, con una determinada estabilidad que permita su permanencia bajo el agua durante 15 minutos aproximadamente y ser de tipo semi-flotante, debido a que el pacú se alimenta a media agua. El tamaño del pellet se determina al peso de los peces de cultivo, aumentando su tamaño a medida que los peces crezcan.

Análisis del alimento: la alimentación ofrecida deberá contener una cantidad determinada de proteínas, lípidos y otros componentes, incluyendo aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. A continuación se presenta una tabla con la fórmula utilizada por el CEPTA de Pirassununga (Brasil).

NUTRIENTES	PRE-ENGORDE	ENGORDE
Proteína Bruta	30,0	25,0
Lípidos (mínimo)	8,0	5,0
Fósforo disponible (mín/máx)	0,6/1	0,5/1
Metionina + Cistina (mín.)	1,2	0,9
Calcio (mín/máx)	0,8/1,5	0,5/1,8
Lisina (mínimo)	2,0	1,6
Energía dig./100g., mínimo	310	280

Tabla 3: fórmula alimenticia utilizada por el CEPTA de Pirassununga (Brasil)

El alimento de pacú, bajo un sistema semi-intensivo, puede estar conformado de la siguiente manera:

INGREDIENTES	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	DIETA 4
Harina de pescado	32%	20%	15%	11%
Harina de carne	8%	11%	7%	10%
Harina de soja	20%	27%	36%	40%
Harina de maíz	16%	10%	-	-
Harina de trigo	18%	-	-	-
Gluten de maíz	-	-	8%	9%
Salvado de arroz	-	30%	15%	9%
Aceite de soja	3%	-	3%	4%
Fécula de mandioca	-	-	-	2%
Vitaminas	2%	1%	1%	1%
Sal	1%	1%	1%	1%
Agua	3,7 L	4 L	3,7 L	3,6 L

Tabla 4: diferentes dietas que se pueden utilizar para la alimentación del pacú (nota: 2 Litros de agua para el preparado de la fécula de mandioca)

Tabla de alimentación

Las tablas tienen una corrección semanal por peso, estimado este, con una fórmula de crecimiento lineal (Stickney, 1967) y utilizando valores obtenidos durante experiencias de cultivo. $W_t = W_o + (W_o \times TA/FCR)$ donde W_o = peso día 0; W_t = peso día 1 y TA= Tasa Alimentación.

El factor de conversión relativo (FCR): alimento ofrecido (kg)/ ganancia en peso (Kg); indica la cantidad de kg de alimento necesario para la obtención de un kg de carne del

producto. Al productor se le recomienda el cálculo de esta variable para cada condición de cultivo (diferentes densidades, diferentes condiciones climáticas, etc.).

Al emplearse esta tabla, se debe tener en cuenta los días alimentados y no considerar aquellos en que los peces no reciban ración alguna, por que deberá realizarse el cambio de semana, luego de 7 días de alimentación.

En todo cultivo sin importar la dimensión del mismo, deberá llevarse un registro de los días de ofrecimiento del alimento, la cantidad de alimento ofrecida (fundamental para el cálculo del FCR); así como también la toma de temperatura del agua y la concentración del oxígeno disuelto, entre otros parámetros.

Para un mayor aprovechamiento del alimento ofrecido, se recomienda realizar muestreos mensuales (biometrías), con un mínimo del 10% de la población bajo cultivo. Durante estas biometrías, los peces deben pesarse, calculando su peso promedio y verificando si el crecimiento se corresponde con el indicado en la tabla y en caso negativo, fijarse en el valor correspondiente de peso en la tabla.

Abreviaturas utilizadas en la tabla:

PESO= peso individual (g)

N= número de individuos en el estanque

TA= tasa de alimentación (% de peso corporal de los peces)

BIOMASA= PESO x N

RACIÓN SEMANAL= biomasa x tasa de alimentación (cantidad de alimento a suministrar por día)

Semana	Peso(g)	N (N°)	TA (%)	BIOMASA(g)	Ración Semanal(g)
1	450	100	1,5%	45000	694
2	480	100	1,5%	48000	741
3	541	100	1,5%	54100	764
4	576	100	1,45%	57600	770
5	612	100	1,45%	61200	865
6	651	100	1,45%	65100	902
7	692	100	1,40%	69200	945
8	735	100	1,40%	73500	983
9	780	100	1,35%	78000	1021
10	825	100	1,3%	82500	1047
11	873	100	1,3%	87300	1108
12	922	100	1,3%	92200	1112
13	972	100	1,2%	97200	1141

14	1024	100	1,2%	102400	1202
15	1080	100	1,2%	108000	1271
16	1137	100	1,1%	113700	1330
17	1215	100	1,1%	121500	1350
18	1280	100	1,05%	128000	1350
19	1350	100	1,%	135000	1350

Tabla 5: tabla de alimentación del pacú. El FCR obtenido para la confección de esta tabla resultó de 1,7 (tomado de Wicki *et al.*, 2015).

La distribución del alimento debe ser siempre el mismo y la ración se ofrece a la mañana a primera hora, a media mañana y al atardecer en la etapa de Pre-engorde, y de mañana y tarde en el Engorde.

En el pacú no debe alimentarse cuando las temperaturas del agua por la tarde, sean menores a 21°C o mayores a 35°C. También se debe suspender la alimentación cuando la concentración de oxígeno al amanecer es inferior a 2 mg.

ECONOMÍA DE CULTIVO Y RENTABILIDAD

A continuación se adjuntan las inversiones, costos operativos y el análisis de las inversiones para un desarrollo planificado del cultivo de pacú, considerando como modelo un emprendimiento realizado en una zona con clima subtropical y templado-cálido de nuestro país (Corrientes, Chaco, Norte de Santa Fe, Norte de Entre Ríos) y con tecnología desarrollada para sistema “a cielo abierto” en estanques excavados y bajo condiciones de rentabilidad aceptables, apuntando a una comercialización del producto de forma directa con el consumidor final. La fase de reproducción, larvicultura y alevinaje primario, no han sido consideradas puesto que el productor adquiere directamente alevinos de buena calidad a un establecimiento determinado. Se consideró entonces solamente la compra de estos últimos y se inicia el cultivo con la preparación de los estanques previo a la recepción de los peces al llegar al establecimiento.

En este estudio se utilizarán para el pre-engorde 4 estanques de 10 x 50 m de 500m² cada uno (Fig. 5). Los pequeños peces adquiridos, serán sembrados en los estanques para la primera fase a razón de 5 individuos por m², considerándose al finalizar su pre-engorde una sobrevivencia del 85%.

Los estanques para el engorde final, en número de 6, contarán cada uno con 5.000 m² (50 x 100m) (Fig. 5). Para esta segunda fase, los peces de 60 gr serán traspasados con cuidado y a una densidad de 0,25 ind/m² (es decir 1 pez cada 4 m²) a los estanques ya llenados.

	UNIDAD	CANTIDAD	PRESUPUESTO/UNIDAD	TOTAL EN \$
Obra movimiento de suelo	m ³	22.000	\$150,8/m ³	3.317.600
Manguera 2"	m	240	\$100	24000
Caño de 2"	m	8	\$70	560
Manguera 4"	m	630	\$200	126000
Caño de 4"	m	6	\$130	780
caño de 10"	m	200	\$270	54000
Codo 4"	u	4	\$130	520
Monjes	u	6	\$30.000	180.000
Construcción de tinglado	m ²	50	\$4000/m ²	200.000
Cámara de frío	m ³	12	\$350.000	350.000
Equipo de bombeo superficial	u	1	\$700.000	700.000
Tanque Australiano (15 m de diámetro)	L	150.000	\$200.000	200.000
Red pre-engorde	u	1	\$10.000	10.000
Red engorde	u	1	\$20.000	20.000
Balanza	u	1	\$20.000	20.000
Tachos de PVC	u	5	\$5000	25.000
Mesa fileteado acero inoxidable	u	1	\$15.000	15.000
Cajones plásticos	u	10	\$400	4.000
Cuchillos para eviscerado	u	5	\$400	2.000
Redes de mano	u	3	\$1000	3.000
Total				5.252.460

Tabla 6: tabla de inversiones, costos operativos y el análisis de las inversiones para un desarrollo planificado del cultivo de pacú. Cotización del dólar al 15/9/20: oficial: \$74,68-blue: \$131

COSTOS OPERATIVOS	\$/UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
Compra de alevinos	10	10.000	\$100.000
Alimento*	75	6.000	\$450.000
Operarios fijos	25000	1	\$325.000
Operarios estacionales	25000	3	\$75.000

Movilidad (\$10.000/mes)			\$120.000
Electricidad			variable
Fertilizante Inorgánico (5 kg/ha)	100/kg	17	\$1700
Subtotal			\$1.071.700
Imprevistos (5%)			\$53.585
Total			\$1.125.285

Tabla 7: tabla de costos operativos para un desarrollo planificado del cultivo de pacú. Nota:*Precio de alimento balanceado formulado por ACA Cooperativa (FCR: 1.7:1). No se considera el costo de la electricidad

Análisis de las inversiones y los flujos de fondos

AÑO	1	2	3	4	5	6	7
Ingresos brutos		\$4.080.000	\$4.080.000	\$4.080.000	\$4.080.000	\$4.080.000	\$4.080.000
Precio/kg		\$400	\$400	\$400	\$400	\$400	\$400
Cosecha neta		10.200kg	10.200kg	10.200kg	10.200kg	10.200kg	10.200kg
COSTOS	\$1.123.585	\$1.125.285	\$1.125.285	\$1.125.285	\$1.125.285	\$1.125.285	
Alevinos	\$100.000	\$100.000	\$100.000	\$100.000	\$100.000	\$100.000	
Alimentos	\$450.000	\$750.000	\$750.000	\$750.000	\$750.000	\$750.000	
Operario fijo	\$325.000	\$325.000	\$325.000	\$325.000	\$325.000	\$325.000	
Operario estacional	\$75.000	\$75.000	\$75.000	\$75.000	\$75.000	\$75.000	
Combustibles Otros	\$120.000	\$120.000	\$120.000	\$120.000	\$120.000	\$120.000	
Fertilización		\$1700	\$1700	\$1700	\$1700	\$1700	
Imprevistos	\$53.585	\$53.585	\$53.585	\$53.585	\$53.585	\$53.585	
ING. NETOS	\$-1.123.585	\$2.954.715	\$2.954.715	\$2.954.715	\$2.954.715	\$2.954.715	\$4.080.000

Tabla 8: inversiones para un desarrollo planificado del cultivo de pacú.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7
Inversiones	5.252.460							

Ingresos Brutos			\$4.080.000	\$4.080.000	\$4.080.000	\$4.080.000	\$4.080.000	
Costos		\$1.123.585	\$1.125.285	\$1.125.285	\$1.125.285	\$1.125.285	\$1.125.285	
Ingresos Netos	-5.252.460	\$-1.123.585	\$2.954.715	\$2.954.715	\$2.954.715	\$2.954.715	\$2.954.715	\$4.080.000

Tabla 9: flujo de fondos

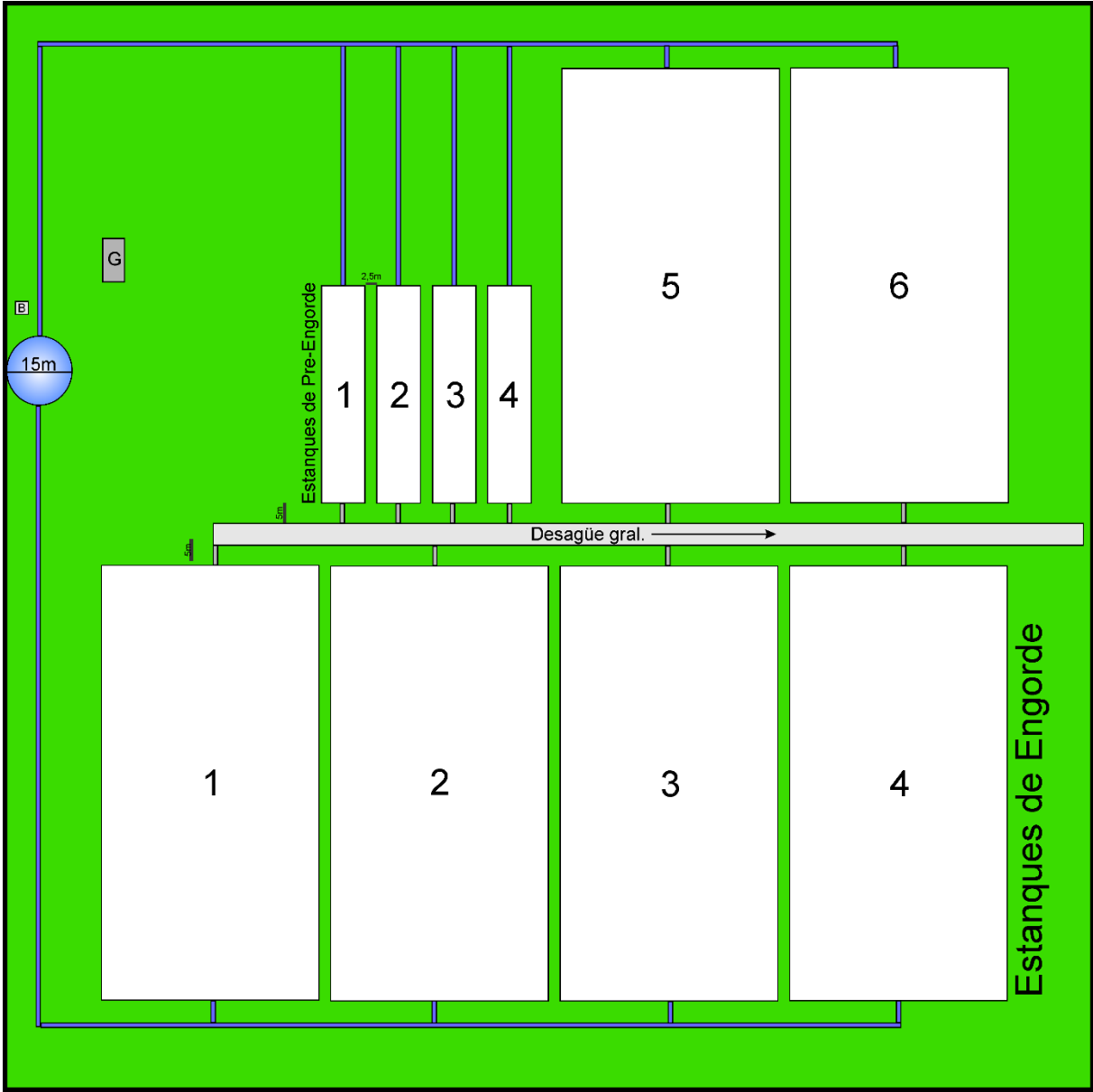


Figura 5. Modelo de emprendimiento semi-intensivo de pacú (solo fases de pre-engorde y engorde)

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La acuicultura en Argentina no es una práctica común ni tradicional, su crecimiento es lento pero constante en la medida que las tecnologías se transfieren con éxito a los acuicultores. Al afectarse la fauna de peces de la cuenca del Plata, ya sea por la construcción de represas, contaminación, sobrepesca, etc., se favoreció el desarrollo del cultivo de algunas especies autóctonas, como es el caso del pacú, que ha ido desapareciendo tanto en el río Uruguay como en el río Paraná.

Los emprendimientos de cultivo de pacú se ubican en la región subtropical del noreste (NEA) de nuestro país, pero además ellos se dedican a otras actividades productivas agrícolas (yerba mate, arroz, etc.).

Las características del pacú lo han convertido en una especie muy apreciada por los pescadores deportivos y artesanales debido a su demanda tanto en hogares como en restaurantes de las grandes ciudades del litoral argentino.

En cuanto al mercado del pacú se dan mayoritariamente en las provincias del noreste del país y en la provincia de Buenos Aires. A inicios de cultivo, el pacú se comercializaba entero, eviscerado, fresco o congelado, desde los 900gr a 1.200 Kg. Actualmente se lo encuentra en mercados de las grandes ciudades también como filetes sin espinas (400 g aprox.) y hamburguesas elaboradas, entre otras.

El pacú emplea dos veranos en alcanzar tallas de más de 1,2 kg por pieza, ya que detiene su crecimiento durante el invierno. Sin embargo, el empleo de peces de varias tallas para diferentes presentaciones, permite a los productores obtener rentabilidades más amplias. También es una opción comercial en zonas de temperaturas marginales donde la “estación de crecimiento” es más corta y los pesos de cosecha menores.

Para 1999, la FAO registraba una producción de los géneros *Colossoma* y *Piaractus* de 19.392 toneladas en Colombia, Brasil y Venezuela. Hacia 2008, Brasil tiene una producción creciente de más de 50.000 toneladas. En Argentina, desde el año 2000, el cultivo de pacú aumentó en volumen alcanzando en la actualidad 700 toneladas anuales. Esta expansión se vio acompañada además por el incremento de los precios en el mercado interno, favoreciendo tanto a productores como intermediarios.

Esta especie es muy dependiente de la densidad de su cultivo, específicamente en el caso de cultivos semi-intensivos sin tecnología aplicada (ej. renovación de agua ni aireación suplementaria), es decir, que la ganancia de peso final está determinada por la densidad de siembra, por lo que menores densidades inciden en mayores ganancias de pesos.

En cuanto a la alimentación, es posible reemplazar la harina de pescado por otras fuentes de proteínas (vegetal o animal), lo que permite disminuir el costo del alimento. Aunque los mayores pesos se logran con las dietas de mejor calidad (mayor inclusión de harina de pescado).

Otra característica destacable del pacú, es que esta especie muestra una plasticidad para ser cultivada en conjunto con otras especies en policultivo (camarón de agua dulce, carpa herbívora, bagre sapo), pero también en un sistema de rotación arroz-pacú. El policultivo para la primera fase del engorde de pacú (especie principal) puede ser una buena opción económica para productores.

El análisis económico efectuado ha sido desarrollado para inversión tipo Pymes. Si bien su inversión inicial puede ser un tanto costosa, puede verse una alta rentabilidad en poco tiempo, amortizando la inversión inicial antes del sexto año. También hay que tener en cuenta que es una actividad que no necesita de mucha labor, solo en tiempo de cosecha, por lo cual se puede adaptar como una actividad alternativa o diversificación del agro a nivel familiar.

Se concluye también que, en el caso que se desee formar una cadena de producción, vendiendo el producto a distribuidores mayoristas a un menor costo, se puede considerar sólo realizar la etapa de engorde final, comprando alevines de 200g, y llevándolo a su talla comercial en la mitad del tiempo que este proyecto estipula. Esto reduciría tanto costos como trabajo.

Por último, cabe aclarar que este proyecto considera la inversión inicial y los costos anuales necesarios para llevar a cabo el ciclo de producción del pacú, sin desestimar posibles modificaciones e incluso agregado de materiales o herramientas que puedan mejorar la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beveridge, M.C.M. 1996. *Cage Aquaculture*. 2nd Ed. Fishing News Books, 346p.
- Boyd C. 1997. Manejo del suelo y de la calidad del agua en estanques para acuicultura. Departament of Fisheries and Allied Apuacultures Auburn University, Alabama 36849.
- Da Silva, A.B., Vinatea, J.E. y Alcantara, F. 1989. Manual de reproducción de peces *Colossoma* sp., "pacú" y "tambaquí". En: *Avances del cultivo de peces del género Colossoma*. (J. Ricardo Juárez Palacios Ed.). Proyecto cooperativo gubernamental Aquila II (GCP/RLA/102/ITA), Documento de campo N° 5 FAO ITALIA, Brasilia, Brasil.
- Hepher, B. 1993. *Nutrición de peces comerciales en estanques*. Editorial Limusa, México, 405 p.
- Hepher B. y Pruginin, Y. 1985. Cultivo de peces comerciales: basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. Ed. Limusa. Distrito Federal, Méjico., pp. 94-104.
- Holmberg, E.L.1887. Viaje á Misiones. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* (Córdoba) v. 10: 5-391.
- Huet, M.
- Kubitza, F. 1998. Qualidade da água na Produção de Peixes- Parte 1. Panorama da Aqüicultura. Vol. 8, N° 45.
- Martínez, M. y Wicki, G.A. 1997. Guía práctica para el cultivo del pacú (*Piaractus mesopotamicus*). Ed. SAGPyA, 36 pp.
- Martins de Proenca, C.E. y Bittencourt, P.R. 1994. *Manual de piscicultura tropical*. Ministerio do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- Merola, N. y De Souza, H.1988. Preliminary studies on the culture of pacú, *Colossoma mitrei*, in floating cages. Effects of stocking density and feeding rate on growth performance. *Aquaculture* 68: 243-248.
- Ringuelet, R.A., Aramburu, R.H. y Alonso de Aramburu, A. 1967. *Los peces argentinos de agua Dulce*. CIC, 248 pp. Buenos Aires, Argentina.
- Schmittou. H.R. 1992. *Cultivo de peces a alta densidad en jaulas de bajo volumen*. Asociación Americana de Soya, Venezuela, 85 pp.
- Stickney, R. 1994. *Principles of Aquaculture*. John Wiley & sons. 502 pp. USA.
- Wicki, G.A. 1996. Estudio de desarrollo y producción de pacú. Ed. SAGPyA, 32 pp.
- Wicki, G.A. 2003. Cultivo y producción de pacú (*Piaractus mesopotamicus*). Incidencia de dos dietas de diferente composición y de la densidad de siembra en sistemas de cultivo semiintensivo. Tesis de magister scientiae. Facultad de Agronomía, UBA. 82p.
- Wicki, G.A. y Luchini, L. 2005. Ensayo experimental de engorde de pacú (Pisces, Characidae) en sistema intensivo en jaulas suspendidas, a dos diferentes densidades. *Natura Neotropicalis*, 36: 45-50.

- Wicki, G.A., Martínez M.C., Wiltchieski, E., Maizels, P., Panné Huidobro, S. y Luchini, L. 1998. Ensayo de producción de policultivo de camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*, Palaemonidae) y pacú (*Piaractus mesopotamicus*, Characidae). *Natura Neotropicalis*, 29 (1): 69-73.
- Wicki, G.A., Wiltchieski, E. y Luchini, L. 2002. Producción de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) en el subtrópico argentino con diferentes densidades de siembra. X Congreso Latinoamericano de Acuicultura (ALA), Santiago, Chile. Resúmenes: 38 p.
- Wicki, G.A., Panné Huidobro, S. y Luchini, L. 2004. Influencia del método de pre engorde y engorde y método de engorde directo en el crecimiento del pacú, *Piaractus mesopotamicus*. Congreso Iberoamericano Virtual De Acuicultura (CIVA).
- Wicki, G.A., Rossi, F., Merino, O. Y Luchini, L. 2008. Optimización de la producción de pacú por medio de policultivo. *Infopesca* 34: 29-35.
- Wicki, G.A., Luchini, L., Romano, L., Panné, S. 2009. Stock densities, growth and survival for pacú (*Piaractus mesopotamicus*). *World Aquaculture Magazine* 40: 51-54.
- Wicki, G.A., Galli Merino, O., Caló, P. y Sal, F. 2012. Use of high content fish silage wet food in final growth out of pacú (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) in northeast Argentina. *Journal of agricultural Science and Technology B* 2: 307-311. ISSN 1939-1250.
- Wicki, G.A., Dapello, G. y Luchini, L. 2015. optimización del uso del alimento balanceado en acuicultura de agua dulce. Uso de tablas y recomendaciones para tres especies: randiá (*Rhamdia quelen*), pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*). Recuperado de <https://magyp.gob.ar>