

Víctor Pulido Capurro

ECOLOGÍA GENERAL Y DEL PERÚ

Serie: *Textos universitarios / Ecología*

Víctor Pulido Capurro

Ecología general y del Perú



— Universidad —
Inca Garcilaso de la Vega
Nuevos Tiempos. Nuevas Ideas
FONDO EDITORIAL

FICHA TÉCNICA

Título: Ecología general y del Perú
Autor: Víctor Pulido Capurro
Serie: Textos Universitarios/Ecología
Código: ECO-001-2013
Edición: Fondo Editorial de la UIGV
Formato: 170 mm x 245 mm, 244 pp.
Impresión: Offset y encuadernación en rústica
Soporte: Cubierta: folcote calibre 12
Interiores: Bond alisado de 80 g
Publicado: Lima, Perú. Enero de 2013
Tiraje: 1 000 ejemplares

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA
Rector: Luis Cervantes Liñán

© UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA
Av. Arequipa 1841 - Lince / Teléf.: 471-1919
www.uigv.edu.pe
FONDO EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA
Jr. Luis N. Sáenz 557 - Jesús María / Teléf.: 461-2745 Anexo: 3712

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin autorización escrita de los autores.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-15990
ISBN: 978-612-4050-62-6

Dedicado a José Chlimper Ackerman,
generoso protector de la agrobiodiversidad:
El desierto inmensamente te honre.

Índice

Presentación del Fondo Editorial	13
Introducción	15
 Capítulo I	
Ecología, historia, ramas y relaciones interdisciplinarias.....	19
1. Un poco de historia.....	19
2. El hombre y la explotación de la naturaleza.....	23
3. La ecología y su relación con otras ciencias.....	24
4. Objeto de la ecología.....	26
5. Campos de acción de la ecología.....	27
6. Ramas de la ecología.....	29
 Capítulo II	
Factores ambientales.....	33
1. Factores abióticos	33
1.1. Factores sidéricos	33
1.2. Factores ecogeográficos	33
1.3. Factores físico-químicos.....	35
2. Factores bióticos.....	35
2.1. La vegetación	36
2.2. La densidad poblacional	37
2.3. Los enemigos	37
3. Principios y conceptos relativos al ecosistema	38
3.1. Componentes del ecosistema.....	38
3.2. Elementos constitutivos del ecosistema	38
3.3. Conceptos básicos relativos al ecosistema.....	40
4. Ley del Mínimo de Liebig.....	41
5. Ley de Tolerancia de Shelford	42
6. Rangos de tolerancia	42
7. Valencia ecológica	43
 Capítulo III	
La temperatura y los seres vivos.....	45
1. La temperatura y su acción sobre los organismos vivos.....	46
2. Adaptaciones morfológicas	50
3. Adaptaciones fisiológicas.....	54

Capítulo IV	
El agua y los seres vivos	57
1. La humedad	57
2. Adaptaciones de los organismos para la conservación del agua.....	58
3. Factores hidrográficos.....	60
4. Los recursos hídricos en el Perú	62
5. Los humedales	63
Capítulo V	
La luz, factores climáticos secundarios y el suelo	67
1. La luz y su acción en los organismos vivos	67
2. Los factores climáticos secundarios.....	71
2.1. El viento	71
2.2. La presión atmosférica	70
2.3. La altitud.....	72
3. El suelo	72
3.1. Estructura del suelo	72
3.2. Composición del suelo	74
Capítulo VI	
Ciclos biogeoquímicos, energía y cadena de alimentos.....	77
1. Tipos de ciclos biogeoquímicos	77
1.1. Los elementos químicos.....	78
1.2. Cambios en los ciclos biogeoquímicos por acción del hombre	79
2. La energía	80
2.1. Leyes de la Termodinámica	81
2.2. El ambiente energético.....	82
2.3. Productividad.....	82
3. Cadena de alimentos	83
3.1. Tipo de cadenas de alimentos	84
3.2. Estructura trófica	85
Capítulo VII	
Comunidad biótica y relaciones interespecíficas.....	87
1. Clasificación al interior de la comunidad	88
2. Esquema en las comunidades.....	88
3. Sucesión	90
4. Ecotono	90
5. Relaciones interespecíficas.....	90
Capítulo VIII	
Poblaciones	97
1. Propiedades de la población	97
2. Formas de crecimiento de la población	100
3. Estrategias reproductivas	103

4. Dispersión de la población	104
5. Migración de las aves	105
6. Tipos de distribución interna	109
7. Organización social	111
7.1. Territorialidad	111
7.2. Jerarquía social	112
7.3. Sociedades	113

Capítulo IX

La población humana.....	115
1. Malthus y el crecimiento de la población humana	115
2. La explosión demográfica	116
3. El crecimiento de la población en las sociedades primitivas	117
4. Crecimiento de la población en las sociedades modernas	119
5. Crecimiento de la población humana a nivel mundial	122
6. Crecimiento de la población humana en el Perú	123
7. ¿Por dónde deberíamos ir?	124

Capítulo X

Acerca de la evolución	127
1. Historia del pensamiento evolucionista.....	127
2. Evolución de los organismos.....	132
3. Mecanismos de la evolución	133
4. El origen de las especies	136
5. Conservación del aislamiento reproductivo entre las especies	137
6. Desde la generación de la vida en la Tierra.....	139

Capítulo XI

Biodiversidad y recursos genéticos	141
1. Escalas de la diversidad biológica	141
2. Diversidad de recursos genéticos	143

Capítulo XII

Diversidad de especies.....	147
1. La taxonomía	148
2. Estructuras suprameloculares o subcelulares	149
3. Los dominios	150
4. El reino Archaeobacteria	151
5. El reino Eubacteria	152
6. El reino Protista	153
7. El reino Fungi	155
8. El reino Plantae.....	156
8.1. Las algas.....	157
8.2. División Bryophyta	158
8.3. Las plantas vasculares	159

8.4. Las plantas con semillas	159
9. El reino Animalia	162
9.1. Phylum Porifera: las esponjas	163
9.2. Phylum Cnidaria: las hidras, anémonas y medusas	163
9.3. Phylum Platyhelminthes: los gusanos planos	164
9.4. Phylum Nematoda: los gusanos redondos	164
9.5. Phylum Annelida: los gusanos segmentados	165
9.6. Phylum Mollusca: los caracoles, almejas y calamares	165
9.7. Phylum Echinodermata: las estrellas, erizos y pepinos de mar	166
9.8. Phylum Arthropoda: los insectos, arácnidos y crustáceos	167
9.9. Phylum Chordata.....	168

Capítulo XIII

Diversidad de ecosistemas y paisajes	179
1. El mar frío de la corriente peruana.....	180
2. El mar tropical	183
3. El desierto costero.....	184
4. El bosque seco ecuatorial.....	186
5. El bosque tropical del Pacífico	190
6. La serranía esteparia	191
7. La puna	194
8. El páramo	197
9. La selva alta	197
10. La selva baja	199
11. La sabana de palmeras	202
12. Conservación del patrimonio natural y cultural	203

Capítulo XIV

Amenazas ambientales	207
1. Contaminación ambiental	207
2. La erosión de los suelos.....	209
3. Deforestación	210
4. Pérdida de especies de flora y fauna	213
5. La destrucción de la capa de ozono.....	226
6. El calentamiento global	227

Bibliografía	231
--------------------	-----

Presentación del Fondo Editorial

“El colapso natural de un ecosistema, [...] es un fenómeno carente de implicancias morales. Lo que sí puede producir indignación moral es la destrucción artificial de un ecosistema valioso [...]. Los numerosos ríos andinos que bajan muertos y llenos de metales pesados hacia la cuenca amazónica fueron en otro tiempo ecosistemas plétóricos de vida. Sus aguas se han usado en los lavaderos de las minas del altiplano y no se han depurado. Su completa degradación biológica es un ecocidio”.

Jesús Mosterín: *¡Vivan los animales!*

Los problemas de mayor repercusión para nuestro planeta tienen que ver con las consecuencias de la actividad humana como son la creciente basura espacial, la disminución de los casquetes polares, el incremento del nivel de los mares, la violencia creciente de los fenómenos como los huracanes, las sequías y las lluvias inusualmente incrementadas, la contaminación imparable de los ecosistemas y la disminución de las especies y otros enormes problemas. Las consecuencias ya no se focalizan en un pequeño ámbito territorial, en cambio están adquiriendo dimensiones enormes de nivel planetario frente a los que la especie humana no tiene otro camino que el de explicarlo, entenderlo y actuar sobre ellos con los medios tecnológicos disponibles.

A los universitarios, ya sea docentes, estudiantes e investigadores nos concierne estudiar, aprender e investigar, para poner al alcance de la comunidad los conocimientos que les permitan orientarnos en el escenario en que vivimos, que ya no es la pequeña provincia. Pero, como que esto no es suficiente, también es necesario extender estos saberes a los administradores y políticos, cuyas decisiones no informadas con frecuencia nos han llevado al desastre, como puede verse leyendo las noticias de los periódicos y el jurista Ernesto Garzón Valdés lo ha graficado en un ejemplar libro titulado *Calamidades*. Sin embargo, difundir la ciencia no es fácil, hace falta el estro del poeta, pero fundamentalmente vocación por la observación, el análisis, la crítica sin concesiones y la facilidad para comunicar conceptos articulados en proposiciones que son las herramientas principales con las que podemos pensar el mundo y explicarlo. Biota, comunidad biótica, ecosistema, especie, población, efecto invernadero, calentamiento global, diversidad de especies, ciclos bioquímicos, etc., son hoy parte del universo terminológico para entender el medio natural en que vivimos.

La gestión para buscar estos libros e intentar llenar, tarea imposible, algunos espacios universitarios de nuestro medio, yermos de información científica digerible y útil, nos condujo a persistir con el profesor Víctor Pulido Capurro en la elaboración del libro que el lector tiene hoy en sus manos. El promover estas publicaciones en el medio peruano no es solamente porque algunos excelentes libros importados, cribados por importadores indolentes, cuestan mucho y llegan a cuentagotas, sino porque constituye el único medio para que los profesores e investigadores peruanos escriban, y a la vez incentiven a sus discípulos que también lo hagan. La ciencia es, sin lugar a dudas, una de las instituciones que no se hace descoyuntada de su tradición, requiere de ella para hacer las revoluciones que conduzcan al cambio de paradigmas. Quien hace ciencia no parte del vacío conceptual y las universidades que investigan y no publican no pasan de ser administradores de diplomados y títulos. La ciencia es pública o no lo es.

Ecología general y del Perú es un libro que en sus catorce pequeños capítulos encierra los conocimientos elementales requeridos para estudiar esta disciplina. Puede ser utilizado con provecho por los estudiantes que en sus currículos de estudios llevan la asignatura de Ecología; y esperamos también que la comunidad científica peruana, en pos de articularse, pueda tener una referencia para que su contribución o aporte sea cada vez mejor. Creemos que su lectura puede iniciarse en cualquier capítulo.

El Fondo Editorial apuesta por los conocimientos, sean estos tecnológicos, científicos o humanísticos, porque entendemos que no existe ciencia y tecnología enajenada de la filosofía. Desde la biología molecular hasta el macrocosmos siempre suponen un enfoque, en algún punto de la dicotomía entre la física cuántica y la mecánica subyace una cosmovisión. Al buscar y promover autores e investigadores, hallamos paradojas, olvidos, injusticias, mediocridades. Pero también encontramos desprendimiento, grandeza de espíritu, disciplina encomiable para el trabajo académico, por parte de los autores que nos han permitido ofrecer a los lectores obras que son diseñadas y editadas para leer con agrado y hacer del aprendizaje una tarea placentera.

Agradecemos al profesor Pulido por su minuciosidad y precisión en la presentación de datos, información y referencia, que no siempre se acometen cumplidamente como la comunidad científica lo exige.

Lucas Lavado
Jefe del Fondo Editorial

Escribir un libro de ecología es todo un desafío. Hay que escribir sobre temas que otros autores ya han escrito, pero con un lenguaje diferente, que pueda ser entendido por las grandes mayorías, así como innovar contenidos y ponerle su acento personal. En esta gran aventura se realizó una extensa y exhaustiva revisión bibliográfica de los clásicos de la ecología, de autores como Odum, Margaleff, e incluyendo a autores que contribuyen al conocimiento de la realidad ambiental peruana como Brack y Dourojeanni. Para grata sorpresa mía, en el Perú se ha escrito mucho más de lo que se sospecha, pero también es verdad que todavía no lo suficiente como para llegar a las grandes mayorías, aunque ya estamos alcanzando niveles que permiten garantizar en el lector medio una aceptable cultura ecológica.

La ecología es una ciencia compleja y por lo tanto la mayoría de las disciplinas de las ciencias y humanidades encuentran en ella un área de estudio común. La influencia del hombre sobre el ambiente ha modificado el relieve terrestre y ha jugado un rol importante en la distribución de los organismos vivos y en muchos casos en sus relaciones con el ambiente. Los biólogos, arqueólogos, antropólogos y especialmente geógrafos, se han ocupado de la reconstrucción de los ambientes pasados y de los efectos que ha ejercido el hombre sobre ellos. El impacto que las poblaciones aborígenes ejercieron sobre el ambiente ha revelado que los cambios ecológicos vienen desde muy antiguo y no se refieren solamente al producido por las sociedades industriales, ni a los siglos XX y XXI. Un aspecto importante es que el uso del fuego y la domesticación de animales y el cultivo de plantas cambiaron la faz de la tierra mucho antes de la revolución industrial. La domesticación ha sido realmente trascendente porque liberó al hombre de la dependencia directa de la naturaleza en lo que se refiere a la obtención de alimentos así como también consolidó su dominio sobre los animales que le proveyeron una serie de beneficios como carne, leche, cueros, huevos, plumas entre otros y los beneficios obtenidos a través de la agricultura. Pero todo ello, se ha traducido en una ocupación extensa de tierras, en el desarrollo de la vegetación productiva, y fundamentalmente en el cambio de modo de vida de la especie humana de trashumante a sedentaria.

Pero el ambiente sigue cambiando intensa y vertiginosamente, especialmente en los últimos años. Los pequeños problemas de ayer son los grandes problemas de hoy y las amenazas ambientales que antes nos parecían lejanas hoy forman

parte de nuestro día a día. La contaminación ambiental genera rechazo de la población, la escasez del agua está provocando violentas luchas entre poblaciones que se disputan este recurso, la minería irresponsable es frenada cada vez con más fuerza por el Estado y la población y los efectos del calentamiento global se han convertido en un tema cotidiano en los medios de comunicación.

Entonces todos nos preguntamos qué está en juego: la respuesta es en términos globales la supervivencia del hombre sobre el planeta y en términos personales la calidad de vida y la supervivencia de nuestra generación, pero fundamentalmente de las generaciones venideras.

El autor quiere expresar su especial agradecimiento al señor rector de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, doctor Luis Claudio Cervantes Liñán, por generar espacios académicos de discusión sobre temas actuales como los ambientales así como por dejarnos en la más absoluta libertad para desarrollar con creatividad el trabajo de investigación y de recopilación bibliográfica. Todo ello, propicia que nuestra Universidad compita a la vanguardia con las universidades más exitosas del medio local. Del mismo modo al señor decano de la Escuela de Posgrado de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, doctor Juan Carlos Córdova Palacios, por actuar con la sabiduría necesaria para promover y apoyar el desarrollo de la actividad científica y cultural, y al Jefe del Fondo Editorial, el doctor Lucas Lavado, quien con su incansable y optimista terquedad contribuyó a mantener el ánimo necesario para culminar el presente libro.

Con el libro *Ecología general y del Perú*, se pretende tener el material básico de consulta para generar en los alumnos de la Universidad un espacio de reflexión sobre los temas ambientales de actualidad y las amenazas que se ciernen sobre la supervivencia de la especie humana. Si esto se cumple, el libro ha logrado su objetivo.

El autor

Ecología, historia, ramas y relaciones interdisciplinarias

La ecología es la ciencia que se ocupa de las relaciones de los organismos con su medio. Tiene como fin definir y estudiar el conjunto de interacciones que se producen sobre nuestro planeta entre todos los microorganismos, los animales, los vegetales y el ambiente en que ellos habitan. Asimismo, la ecología se ocupa de la biología de grupos de organismos y de procesos funcionales en la tierra, el mar y el agua dulce. El concepto moderno define a la ecología como el estudio de la estructura y función de la naturaleza. A la ecología también se le llama como biología del medio. La ecología es una rama de la biología y se le conoce actualmente como la biología de los sistemas.

Pero las relaciones entre los organismos y el ambiente son el resultado de la selección natural, de lo que se desprende que los fenómenos ecológicos tienen un importante componente evolutivo. Durante miles de millones de años de evolución, la reproducción de los organismos vivos y los recursos naturales limitados han generado una fuerte competencia que ha producido diferentes modos de vida, con un alto grado de especialización, lo que ha minimizado la lucha por el alimento, la pareja y el espacio.

1. UN POCO DE HISTORIA

La ecología no es una ciencia nueva. Las obras de Hipócrates, Aristóteles y otros renombrados filósofos de la cultura griega, contienen importante material ecológico. Hipócrates (460 a. C.), médico griego llamado desde la Edad Media el padre de la medicina, relacionaba las funciones de nuestro organismo con el equilibrio de cuatro elementos: tierra, agua, fuego y aire. Aristóteles (384 a. C.) fue un filósofo, lógico y científico de la antigua Grecia, cuyas ideas ejercieron una enorme influencia en Occidente; es el precursor de la anatomía y la biología, un creador de la taxonomía y considerado el padre de la zoología y botánica.

Carlos Linneo (1707-1778), científico sueco, naturalista, botánico y zoólogo, efectuó uno de los más grandes aportes al desarrollo de la biología con el establecimiento del sistema binomial en la nomenclatura de las especies de plantas y animales. Es considerado el fundador de la moderna taxonomía y es reconocido como uno de los padres de la ecología.

Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt, más conocido en el Perú como Alexander von Humboldt, nació en Berlín el 14 de setiembre de 1769 y murió el 6 de mayo de 1859. Fue un notable naturalista, geógrafo y un gran explorador, recorrió Europa, Asia, Canarias, Estados Unidos de Norte América, México y América del Sur. Tuvo un gran dominio de la astronomía, climatología, oceanografía, geografía, geología, mineralogía, vulcanismo, física, antropología, botánica, zoología y ornitología. Se le considera el padre de la Geografía Moderna Universal. Su obra más importante, escrita originalmente en francés entre 1799 y 1804 conjuntamente con Aimé Bonpland, se titula *Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente*.

Ralph Waldo Emerson, nació en Boston en el año 1803. Fue un escritor estadounidense, quien en el año 1836 publicó de manera anónima su primer libro *Nature*, en donde expuso los fundamentos de su filosofía y también afirmó que “detrás de la naturaleza, por toda la naturaleza el espíritu está presente”. La importancia de la obra de este autor reside en que fue el primer crítico del desarrollo económico desenfrenado y llamó la atención sobre los que consideró los errores sociales y espirituales de su tiempo.

Charles Robert Darwin, nació el 12 de febrero de 1809 y murió el 19 de abril de 1882. Fue un notable naturalista inglés que postuló que todos los organismos vivos han evolucionado a partir de un antepasado común, a través de la selección natural. La evolución fue aceptada por la comunidad científica mientras Darwin estaba vivo; no obstante que su teoría sobre la selección natural recién fue aceptada por los años 1930. Los descubrimientos de Darwin constituyen la base fundamental de la biología como ciencia, debido a que constituyen una explicación lógica y coherente que unifica las observaciones sobre la diversidad de los organismos vivos. Realizó estudios en la Universidad de Edimburgo y posteriormente en la Universidad de Cambridge consolidó su atención por las ciencias naturales. Sus viajes alrededor del mundo a bordo del Beagle, permitió que reuniera las suficientes evidencias, para desarrollar su teoría de la selección natural que dio a la luz en 1838. Su obra más importante intitulada *El origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas preferidas en la lucha por la vida*, publicada en 1859, estableció que la diversidad que se observa en la naturaleza se debe a las modificaciones acumuladas por la evolución, durante sucesivas generaciones. Con respecto a la evolución humana publicó *El origen del hombre y de la selección en relación al sexo* y algún tiempo después publicó *La expresión de las emociones en los animales y en el hombre*.

Henry David Thoreau nació en Massachusetts en 1817, fue un reconocido escritor y filósofo quien también se desempeñó como agrimensor y naturalista, y se le considera como un pionero de la ecología y la ética ambientalista, fue muy apreciado por el dominio de las ciencias naturales. Thoreau publicó su famoso ensayo *Walden, la vida en los bosques*, en el cual narra cómo vivió de manera

solitaria, al aire libre, cultivando plantas alimenticias y escribiendo sus vivencias, durante dos años, dos meses y dos días en una cabaña cerca del lago Walden. Lo que trató de mostrar es que la vida en la naturaleza constituye la verdadera vida del hombre, que anhela liberarse de la esclavitud de la sociedad industrial.

Giovanni Antonio Raimondi Dell'Acqua, nació en Milán (Italia) el 19 de setiembre de 1824 y murió en el Perú el 26 de octubre de 1890. Fue un eminente naturalista, investigador, explorador, escritor, geógrafo y catedrático, que dedicó su vida al estudio de la flora, la fauna, la geografía y la geología del Perú. Llegó al Perú el 28 de julio de 1850 y ese mismo año el distinguido médico peruano Cayetano Heredia, le encarga la organización del Colegio Independencia; posteriormente ejerce la docencia en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde fue uno de los fundadores de la Facultad de Medicina y en 1866 es elegido el primer decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Su obra más importante, editada en seis tomos entre 1875 y 1973 intitulada *El Perú*, describe acerca de las riquezas naturales de nuestro país. Se le conoce como el autor de la célebre frase: “El Perú es un mendigo sentado en un banco de oro”.

John Muir, nace en 1838, y a los once años se traslada con su familia desde Escocia a los Estados Unidos de Norte América. Estudió química, geología y botánica en la Universidad de Wisconsin. Escribió más de 300 artículos y 10 libros, a través de los cuales defendió y expuso su filosofía sobre la naturaleza, la vida silvestre y la conservación de los grandes espacios, consiguiendo un notable impacto en la sociedad de su época.

Aldo Leopold, nace en 1887 en Estados Unidos y se desempeñó como silvicultor, ecólogo y ambientalista. Tuvo una importante influencia en el desarrollo de la ética ambiental así como por su participación en el movimiento por la conservación de la naturaleza. Leopold fue pescador y cazador y es considerado como el padre en la gestión de la vida silvestre en los Estados Unidos de Norte América.

Pero es el gran filósofo y biólogo alemán Ernest Haeckel, quien en su trabajo *Morfología general del organismo* (1868), utiliza por primera vez el término ecología, compuesto por dos palabras griegas (oikos = casa o lugar donde se vive, logos= estudio o tratado) que significan “ciencia del hábitat”. En un principio Haeckel definió a la ecología como una ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con su ambiente; no obstante, luego amplió esta definición al estudio de las características del ambiente, que incluye la transferencia de energía, el transporte de materia y su transformación por las comunidades biológicas. Pero es a inicio del siglo XX, en que se empezaron a desarrollar investigaciones propiamente ecológicas; las cuales han ido tomando cada vez mayor consistencia científica. Es en ese periodo, recién desde los años de 1960 cuando en realidad se ha captado la inmensa importancia de esta ciencia, que pasa a formar parte del vocabulario general y que viene creciendo aceleradamente, conforme pasa el tiempo.

Rachel Carson, nació el 27 de mayo de 1907 y murió el 14 de abril de 1964. En la Universidad realizó estudios de biología, para posteriormente convertirse en una extraordinaria autora de textos divulgativos. Generó el inicio de la conciencia ambiental en Estados Unidos de Norte América y otras partes del mundo. Trabajó en el Servicio de Pesca y Vida Silvestre lo que le permitió publicar una serie de artículos y textos divulgativos sobre la vida silvestre. Carson narró los efectos devastadores que producía el DDT sobre la vida silvestre y esa preocupación la motivó a escribir su obra más famosa la *Primavera silenciosa*, publicada en inglés en 1962. El libro desencadenó una enorme influencia entre la población contribuyendo a desarrollar una cada vez más fuerte conciencia ambientalista. Rachel Carson eligió el título de su libro, porque quiso resaltar, que de seguir la destrucción de la vida silvestre por efectos del DDT, viviríamos una primavera sin el canto de las aves.

Jean Dorst, nació en Francia el 7 de agosto de 1924 y murió el 8 de agosto de 2001. Estudió biología y paleontología en la Universidad de París y en 1947 se integró al Museo Nacional de Historia Natural. A partir de 1954 realizó varios viajes al Perú donde estudió la fauna altoandina y presentó publicaciones sobre las aves de la Puna y la reproducción de varias especies endémicas. En 1965 publicó en francés y posteriormente se tradujo a 17 idiomas una de sus obras más famosas *Antes que la naturaleza muera* donde plantea las graves amenazas a las que está sometida la naturaleza por el crecimiento descontrolado de la población mundial y el derroche de los recursos naturales en nombre del progreso económico. Publicó muchos otros trabajos sobre aves entre los que destacan su texto clásico en francés en 1956, sobre la migración de las aves.

Theo Colborn, Dianne Dumanoski y Peter Myers, publicaron en 1996 en inglés y en 1997 en español su trascendental obra *Nuestro futuro robado*, basada en décadas de investigación científica y que abordan por primera vez, desde el punto de vista ambiental, los defectos congénitos, las anomalías sexuales, las fallas en la reproducción de las poblaciones silvestres. El libro empieza donde termina la *Primavera silenciosa* de Rachel Carson, revela las causas originales que tanto alarmaron a esta autora. Los autores analizan los disruptores endocrinos que se comportan como estafadores químicos que dificultan la reproducción y amenazan a sus descendientes y también señalan que estos contaminantes se han convertido en parte de la economía industrial que se difunde por todo el planeta.

Albert Arnold Gore, Jr. o Al Gore, nació el 31 de marzo de 1948 en Washington. Es un destacado político y ambientalista. Fue el cuadragésimo quinto vicepresidente de los Estados Unidos de Norte América, bajo la presidencia de Bill Clinton. En el 2006 presentó el documental ganador del Oscar: *Una verdad incómoda*, que trata sobre el calentamiento global y en el que responsabiliza a gobiernos, empresas e industrias contaminadoras y pide la búsqueda de nuevas alternativas de energías limpias para evitar la destrucción del planeta. En el 2007 fue galardonado con el Premio Nobel de la Paz por su contribución a la reflexión

y acción mundial contra el cambio climático o calentamiento global, y con el Premio Príncipe de Asturias de Cooperación Internacional.

Richard Dawkins nació el 26 de marzo de 1941 en Nairobi, Kenia. Es un destacado etólogo, zoólogo, evolucionista y divulgador científico, que se declara ateo, humanista y escéptico. Fue profesor en la Universidad Oxford hasta el año 2008. Ha publicado *El gen egoísta* en 1976, que enfocó la visión evolutiva basada en los genes. En 1982 presentó su libro *El fenotipo extendido* en donde señala que los efectos fenotípicos no están limitados al cuerpo de un organismo sino que se extienden a otros organismos y al ambiente. En su obra *El espejismo de Dios*, publicada en setiembre de 2006, sostiene que un creador sobrenatural no existe. En el 2009 publicó *Evolución. El mayor espectáculo de la Tierra* y en el 2011 *La magia de la realidad ¿Cómo sabemos lo que es realmente verdad?*, siendo estos sus dos últimos libros.

2. EL HOMBRE Y LA EXPLOTACIÓN DE LA NATURALEZA

El hombre apareció aproximadamente hace un millón de años. Era nómada y se trasladaba hacia donde estaban los recursos, por lo que era recolector. Desde hace unos 50 000 años se convierte en cazador y posteriormente descubre el fuego. Posteriormente a los 15 000 años a.C. se vuelve sedentario y descubre la agricultura y ganadería. Las culturas modernas se desarrollan en las civilizaciones Mesopotámicas, lo que hoy es Irak, entre el río Tigris y el río Éufrates. Más tarde, 5 000 años a. C. surge la cultura egipcia a orillas del río Nilo. Aproximadamente a los 3 000 años a. C. aparece la escritura que fue utilizada, en sus principios, para aspectos administrativos. Dieciséis siglos antes de Cristo se construyeron grandiosos palacios con un gran patio central que contenían gradas para los espectadores y donde se realizaban competencias de lucha y se imponía la autoridad del nuevo imperio egipcio. Para ese entonces, Mesopotamia, Egipto, India y China, constituyeron las bases del conocimiento y la sabiduría, logrando un importante desarrollo y esplendor, hasta su decadencia y caída 500 años antes del nacimiento de Cristo. Es precisamente en estos momentos en que surgen las culturas griega y romana, que continúan con la sabiduría de las civilizaciones madres en decadencia y establecen las bases del desarrollo cultural y del avance en la obtención de nuevos conocimientos. Es así como se da el nacimiento de la civilización Occidental, tomando los rasgos culturales de las grandes y antiguas civilizaciones.

Es así como el hombre ha ejercido una enorme influencia sobre el ambiente, que en la mayoría de las veces ha sido desfavorable tanto para el equilibrio de la naturaleza como para los propios intereses de la especie humana. El impacto del hombre en la naturaleza, no puede ser comparado con el de ninguna otra especie del reino animal, ya que el comportamiento instintivo, común, biológicamente a

todos los animales, hay que añadirles los efectos de las creencias y las tradiciones culturales, capaces de modificar sus acciones elementales.

El hombre durante largo tiempo ha explotado la naturaleza de manera inmisericorde, persuadido implícitamente de que era inagotable. Esta ha sido una convicción propia del hombre primitivo, que vivía en poblaciones no muy numerosas y que carecía de medios de acción poderosos. Pero el concepto de inagotabilidad, ha estado en la mente del hombre por la abundancia de los recursos presentes y porque a la vez las poblaciones no eran muy numerosas y por lo tanto los recursos eran suficientes para satisfacer las necesidades básicas de subsistencia.

El hombre primitivo vivía primero en pequeños grupos, pero, con el correr del tiempo y el crecimiento de las poblaciones humanas, se ha multiplicado en tales proporciones, que sus necesidades de alimentación y materias primas han llegado a ser tan exigentes, que ha transformado inmensas regiones del planeta donde vive, poblándolas, agotándolas y cubriéndolas de desechos industriales, urbanos, etc.

La explotación que ha realizado el hombre de la naturaleza, desafortunadamente, se ha efectuado con el más completo desconocimiento de las leyes que la rigen. Todo ello ha generado con el paso del tiempo, una serie de perjuicios irreversibles. Y por ende se plantea para la especie humana, una serie de problemas vitales que se acentúan con el correr de los años, tanto a escala nacional como mundial, como: las necesidades de agua y alimentos, unidos al aumento de la población, la destrucción de los bosques, la pérdida de especies de flora y fauna silvestre, la destrucción de la capa de ozono y el efecto invernadero. Antes que la inteligencia del hombre haya encontrado la manera de resolver radicalmente estas cuestiones en el futuro, es muy urgente encontrar al menos algunas alternativas para preparar una vida posible al hombre, en los próximos años. Y para actuar, es preciso saber antes que la ecología es la ciencia que estudia estos problemas, y que en base a sus conocimientos y aplicaciones, la especie humana ha empezado a beneficiarse en todo el planeta.

3. LA ECOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON OTRAS CIENCIAS

La ecología se ha impuesto como ciencia autónoma, en el curso del siglo XX, pero los hechos que la constituyen han generado la atención, desde la época del hombre primitivo. La mayor parte de las especies de microorganismos, animales y vegetales, existen en todo el planeta. Las plantas como las algas, la totora y animales como los peces, viven en los ambientes acuáticos; los camélidos sudamericanos como la vicuña, el guanaco, la llama y la alpaca en los Andes; los guacamayos, el lobo de río, el ronsoco, el otorongo y el lagarto negro en el bosque tropical húmedo. Si los organismos viven en determinados lugares y no en otros, es porque

para subsistir, requieren de un cierto número de condiciones ambientales que no se encuentran reunidas en todas partes. Por lo tanto, esta comprobación constituye la más elemental y a la vez la más evidente forma de comprender a la ecología.

El desarrollo de la zoología y botánica ha estado basado en disciplinas como la nomenclatura, la anatomía de plantas y animales y su distribución. De tal manera que, tan pronto como se publicaron los primeros inventarios de flora, después de la descripción de cada especie, seguidamente se indicaba brevemente los lugares donde se encontraba y las características de la especie. De igual manera, los zoólogos observaron que el modo de vida de un animal era parte integrante de su descripción como especie. Es por ello que durante mucho tiempo se ha empleado el término biología tomándolo en el sentido de, modo de vida, para designar toda aquella información sobre una especie que no se refiera a la morfología externa o interna. Por lo tanto, la mayor parte de esta información, pertenece ahora, al dominio de la ecología.

Otro aspecto que hay que tomar en consideración es que la ecología abarca el estudio de la distribución de los organismos en el espacio, a pequeña y gran escala. La ciencia que se ocupa de la distribución de los seres vivos sobre la superficie de la tierra se llama biogeografía. En esa perspectiva, puede especularse que la biogeografía se confunde con la ecología. El hecho es que los organismos están distribuidos por las diferentes regiones de la tierra, fundamentalmente a causa de que las condiciones del ambiente son diferentes, principalmente las condiciones climáticas. Pero también, intervienen factores históricos, a los cuales están ligados al devenir de los sucesos en nuestro planeta. Así tenemos, las transformaciones geológicas de la superficie de la Tierra, la separación de los continentes, el surgimiento de las cadenas de montañas que se constituyen en barreras para los organismos, como es el caso de la Cordillera de los Andes en América del Sur, el aislamiento de los mares por el surgimiento de istmos, la evolución a través de los años de las especies de flora y de fauna, que se han confinado en ciertas regiones; y que habrían podido haber desarrollado en otras regiones del planeta, pero no han tenido la posibilidad de hacerlo.

Una de las formas de comprobar fácilmente el efecto de estos factores es evaluando la introducción accidental de especies de otras partes del mundo. La mayor parte de estas especies, se han extinguido, pero en determinadas circunstancias han encontrado una situación favorable y se han multiplicado, a menudo de manera explosiva, llegando a alcanzar niveles catastróficos. La introducción de nuevas especies genera una competencia directa para las especies nativas, que en la mayoría de los casos terminan siendo desplazadas por las especies foráneas, llegando incluso a producirse su desaparición. Así tenemos el caso del conejo doméstico, el cual hace más de un siglo fue introducido en Australia. Esta especie al ser llevada por los colonos que emigraron al continente australiano, encontró un ambiente donde no existía ningún depredador que los amenazara. De tal manera que en unos pocos años, la población creció tanto que ocupó amplias zonas en la

pradera compitiendo ventajosamente por el alimento con las especies nativas, y actualmente es considerado una plaga. Otro caso también resaltante es el escarabajo de la papa, llevado accidentalmente de América a Europa.

Otra ciencia próxima a la ecología, y de gran utilidad y apoyo, es la etología, que estudia el comportamiento de los animales. El comportamiento de los animales se manifiesta en ciertas condiciones ambientales, que son precisamente aquellas donde vive la especie y que por lo tanto constituye el campo de acción de la ecología. También, cuando se desarrolla en ciertas condiciones particulares, las cuales son propias de la especie, está más bien cerca de la psicología animal. Algunos factores etológicos tienen, importancia ecológica porque forman parte del ambiente del organismo, al ser este último afectado por el comportamiento de los individuos vecinos de la misma especie.

4. OBJETO DE LA ECOLOGÍA

La ecología es la rama de la biología que estudia las interrelaciones de los seres vivos con el ambiente. Esto incluye los factores bióticos; es decir, las relaciones que se establecen entre los seres vivos y los factores abióticos como el clima, el suelo, etc. Para comprender el objeto de la ecología hay que considerarla en relación con otras ramas de la biología y con otras ciencias en general. Las áreas más especializadas, generalmente tienen límites bien definidos que muchas veces resultan arbitrarios. Un cambio en su extensión particularmente notable en el caso de la ecología es que ha aumentado la atención general del público, situación que no ocurría décadas atrás. Para muchos la ecología significa la totalidad del individuo y del ambiente.

Es decir, mientras que otras ramas se ocupan de niveles de organización inferiores como la bioquímica (proteínas, ácidos nucleicos, etc.), biología molecular, biología celular, histología, fisiología e incluso la sistemática, la ecología se ocupa de un nivel superior a estas, abarcando las poblaciones, las comunidades, el ecosistema y la biósfera. Es por ello que, como se ocupa de las interacciones entre el individuo y su ambiente, la ecología es una ciencia multidisciplinaria que requiere de otras ramas de la ciencia como la geología, meteorología, geografía, física, química y matemática.

La posición más tradicional de la ecología entre las ciencias es observada desde la perspectiva de las divisiones de la biología “las ciencias de la vida”. Puede ser dividida horizontalmente en divisiones básicas porque se ocupan de los fundamentos comunes a todas las formas de vida o por lo menos, no se limitan a determinados organismos. Entre estas divisiones, se tiene a la biología molecular, la biología del desarrollo, la genética, la histología, la anatomía, la fisiología. Pero también puede ser dividida verticalmente, en grandes divisiones taxonómicas como la bacteriología (bacterias), entomología (insectos), ictiología (peces),

herpetología (anfibios y reptiles), ornitología (aves), mastozoología (mamíferos), botánica (plantas), etc., que se ocupan de grupos de organismos, que comparte un mayor número de características comunes. De tal manera que la ecología es una división básica de la biología y como tal, es parte integrante de todas y cada una de las divisiones taxonómicas.

La mejor manera de delimitar la ecología moderna es en término de niveles de organización.

Componentes bióticos = genes-células-órganos-organismos-poblaciones-comunidades
 +
 Componentes abióticos = materia <-----> energía
 =
 Biosistema = sistemas genéticos-celulares-órganos-organismos-poblaciones-ecosistema

La disposición horizontal de los niveles de organización, se debe a que ningún nivel es más o menos importante que otro. Cada nivel desarrolla características únicas, por ende ningún nivel será más difícil o fácil de estudiar que otro. Los resultados que se obtiene en cualquier nivel ayudan a comprender mejor qué está sucediendo en otros niveles, pero obviamente no explican nunca por completo lo que ocurre en este. Este aspecto es muy importante porque es igualmente valioso y oportuno estudiar las comunidades o poblaciones tanto como otros niveles más pequeños. Este aspecto resulta razonable en la medida en que los biólogos concentran su objeto de estudio en diferentes niveles, ya sea a nivel genético, el celular, para pasar luego al estudio de los tejidos, o los órganos, organismos poblaciones y comunidades. Con el producto de sus investigaciones, los biólogos descubrieron que cada nivel poseía características particulares, que el conocimiento del nivel inmediatamente inferior solo explicaba en parte. Dicho de otra manera, no todos los atributos de un nivel superior se pueden predecir si se conoce solamente las propiedades del inferior. El principio de la integración funcional que comprende propiedades complementarias a medida que crece la complicación de la estructura es uno de los principios importantes en la ecología.

5. CAMPOS DE ACCIÓN DE LA ECOLOGÍA

La ecología es una ciencia dedicada al estudio de las relaciones de los seres vivos con el ambiente y tiene un amplio campo de acción en la naturaleza y en el laboratorio. En condiciones de cultivo o en crianza es posible conocer numerosos fenómenos pero en las relaciones de los organismos con su ambiente solo serán

plenamente estudiadas, en el medio natural. En la mayoría de los casos, el estudio de los animales y las plantas en la naturaleza es difícil, y por ello es entendible que la ecología sea una ciencia que progrese paulatinamente, sobre todo cuando se considera la enorme complejidad del ambiente y todos los organismos que en él habitan. La ecología es una ciencia donde la observación desempeña un rol fundamental comparando con lo que se puede lograr con la experimentación.

Cuando no es posible efectuar comprobaciones experimentales, con frecuencia, se trata de traducir los hechos que se observa con la ayuda de modelos matemáticos. De esta manera, se puede sistematizar y predecir los acontecimientos, así como reproducirlos en el laboratorio. Es evidente que no se trata de poner en modelos matemáticos, a todas las relaciones de una especie con su ambiente. Sin embargo, la matemática es de gran valor, si permite que se pueda expresar un fenómeno simple que el observador ha podido tomar en la naturaleza, aportando de este modo un elemento importante para la comprensión de un conjunto más complejo. De tal manera que, el modelo, es una representación aproximada de la realidad. Por ello, es necesario ir de lo más simple a lo más complejo.

Un individuo perteneciente a una especie está sometido a la acción de una serie de factores ambientales. El individuo está influido por un cierto número de factores llamados abióticos, de los cuales los principales serán los factores climáticos debido a los diferentes climas que actúan sobre la superficie de la tierra y que comprende a la temperatura, humedad, luz, viento, etc. Estos factores son muy importantes porque influyen sobre la distribución geográfica de las especies. Tal es el caso de los factores edáficos, cuyas características físicas y químicas, juegan un rol muy importante para los animales terrestres, especialmente para los que viven en el suelo, así como para todas las plantas. Para los organismos acuáticos el suelo tiene escasa importancia, mientras que el agua constituye su medio de vida habitual, por lo tanto los factores físicos y químicos del agua, a los cuales se les denominan factores hidrográficos, tienen un rol muy importante en la supervivencia de estas especies. Todos estos factores actúan sobre un individuo aislado, y el conjunto de las respuestas de este individuo a esos factores constituye la rama más simple, de la ecología, que está vinculada a la fisiología y se llama ecofisiología.

Para un mayor grado de complejidad la influencia de los factores ambientales sobre el individuo es determinante. En este caso, el individuo no está aislado, sino forma parte de una población de individuos que pertenecen a la misma especie. Por lo tanto, todos estos individuos se relacionan e interactúan y por eso los individuos se reproducen.

Con respecto al habitante de un territorio donde un individuo forma parte de una población, cada individuo está sometido a los factores abióticos; pero en esta fase aparecen factores diferentes que son del dominio de la demografía, ciencia

de las poblaciones. Es en esta rama de la ecología, conocida como ecología de poblaciones, donde los modelos matemáticos son muy útiles.

En ese sentido, los modelos constituyen una formulación que representa un fenómeno del mundo real y por medio del cual podemos realizar predicciones. Entre los modelos más utilizados se tiene el modelo estadístico y el modelo matemático. Actualmente con el uso de las computadoras y los diferentes paquetes estadísticos que se han desarrollado se puede formular fácilmente cualquier tipo de modelo.

La autoecología es el estudio de los organismos o de individuos de una especie. El estudio conjunto de los factores abióticos y de los factores demográficos, estos últimos llamados frecuentemente factores abióticos intraespecíficos, actúan sobre una especie, lo cual constituye el objeto de estudio de la autoecología.

Una población perteneciente a una especie debe ser confrontada con todas las otras poblaciones pertenecientes a las diferentes especies que viven en el mismo medio, que son las poblaciones llamadas simpátricas y se les conoce así porque habitan la misma patria, el mismo territorio. El estudio de la interacción de todas estas poblaciones en general en gran número, es extremadamente complicado. Algunas no tienen apenas relación entre ellas, pero otras tienen relaciones de dependencia absolutamente vitales; como la depredación, el parasitismo, la competencia entre especies por el mismo alimento. También aquí pueden prestar grandes servicios los modelos matemáticos.

La sinecología comprende el estudio a los grupos de los organismos que están asociados unos con otros formando una unidad. Las interacciones entre las poblaciones son muy complejas y en general, no son analizadas satisfactoriamente. Por ello es preciso profundizar en este análisis y considerar de la manera más simple, en el interior de un ambiente copado de numerosas poblaciones, los cambios que se producen de materia y energía y el resultado total del mismo. La sinecología se interesa por lo que sucede, en los diferentes ambientes que constituyen la biosfera, es decir, todo lo que sobre nuestro planeta es susceptible de dar soporte a los seres vivientes.

6. RAMAS DE LA ECOLOGÍA

Las ramas de la ecología con un alto grado de especialización son:

- **Ecología molecular** es una rama de la ecología que utiliza herramientas moleculares para resolver problemas ecológicos. La ecología molecular se ha enfocado al uso de marcadores genéticos para resolver problemas poblacionales y trata de resolver problemas clásicos de la ecología de poblaciones, evolución de los sistemas reproductivos, etc.

- **Ecología de las poblaciones** que estudia las poblaciones de organismos, su conducta, estabilidad, crecimiento o decadencia.
- **Ecología de la comunidad**, comprende el estudio de la comunidad biótica, que se compone de los organismos de todas las especies que viven en una región determinada.
- **Ecología matemática** que es una disciplina dedicada a la aplicación de teoremas así como de diversos instrumentos matemáticos en el estudio de la relación de los seres vivos con su ambiente.
- **Ecología económica** que integra conceptos de ambas disciplinas y que utiliza herramientas como las tablas de vida, la teoría de juegos, etc.
- **Ecología urbana**, que estudia las interrelaciones entre los habitantes de las ciudades y sus interacciones con el ambiente.
- **Ecología de la recreación** estudia las relaciones ecológicas entre el ser humano y la naturaleza, en el contexto recreativo; y sirve de base para el desarrollo del turismo sustentable y el manejo de áreas protegidas como los parques nacionales, reservas nacionales, refugios de fauna, entre otros.
- **Ecología del paisaje** es una disciplina donde interactúa la geografía física con los organismos vivos. Presta especial atención a los paisajes en relación a los grupos humanos como agentes transformadores de la dinámica física, geográfica y ecológica.
- **Ecología de agua dulce**, comprende el estudio del agua la sustancia más abundante del protoplasma, por lo que se puede decir que toda la vida es acuática. Sin embargo, en la práctica hablamos de un hábitat acuático como aquel en que el agua es el medio principal tanto interno como externo. Abarca los hábitats de agua quieta o léntico donde están el lago, el estanque, el pantano y el charco; y los hábitats de agua corriente o lótico que abarca el río, el manantial, el riachuelo y el arroyo.
- **Ecología marina** estudia los mares en cuanto a sistemas físicos y químicos y la vida en el mar. La idea del origen y la historia geológica de los mares han pasado a ser conocidas. El papel clave del mar en la regulación de los climas del mundo y de la atmósfera y del funcionamiento de los ciclos minerales es muy importante.
- **Ecología del estuario** estudia una extensión de agua costera semicerrada que tiene una comunicación libre con el altamar; fuertemente influenciada por la actividad de los mares, y donde se mezcla el agua salada de mar con

el agua dulce del drenaje terrestre: por ejemplo, las desembocaduras de los ríos, las bahías costeras, las marismas y las extensiones de agua detrás de playas que forman barreras. A los estuarios se les considera como zona de transición o ecotono, entre el agua dulce y los hábitats marinos, pero es el caso que muchos de sus atributos físicos y biológicos más importantes no son en modo alguno de transición sino únicos.

- **Ecología terrestre** comprende el estudio de los ecosistemas de la tierra que es la forma más variable tanto en términos de tiempo como de geografía. El clima (temperatura, humedad, luz) y el substrato (fisiografía, suelo) constituyen los dos grupos de factores que con las interacciones de la población deciden la naturaleza de las comunidades y los ecosistemas terrestres.
- **Ecología microbiana** estudia a los microorganismos, que se encuentran en toda la biosfera, los cuales tienen la capacidad de resistir a las condiciones ambientales adversas durante largos periodos de tiempo. Los microorganismos comprenden colectivamente un número enorme de actividades metabólicas y son capaces de un rápido ajuste a cambios en el medio. Esta diversidad metabólica asegura que la mayoría de los substratos orgánicos sean transformados, aunque a un ritmo lento en el caso de las sustancias húmicas o en medio anaerobio.
- **Ecología humana** trata de las relaciones de la especie humana con el ambiente. Los sociólogos, antropólogos, geógrafos y ecólogos del reino animal fueron los primeros que cultivaron el interés por el enfoque ecológico del estudio de la sociedad humana. El impacto que los pueblos aborígenes ejercieron sobre el medio han revelado que el cambio ecológico principal, no se halla confinado solamente a las sociedades industriales ni al siglo XX y XXI. La ecología humana es más amplia que la demografía, es el campo de análisis de la población humana, que se ocupa de las relaciones tanto de los factores externos como la dinámica interna. Una de las características principales que distingue las poblaciones humanas es el grado de dominio del hombre sobre otras poblaciones.

En resumen: la ecología es una ciencia del porvenir, y es posible que dependa de ella la misma supervivencia del hombre sobre la superficie de nuestro planeta.

Capítulo II

Factores ambientales

Todos los organismos vivos reciben la influencia del medio, el cual está conformado por la suma de los factores tanto bióticos como abióticos. Estos factores determinan las adaptaciones que desarrollan los organismos y que a su vez se traducen en las diversas formas de vida, que habitan en nuestro planeta.

Esta clasificación se basa en los planteamientos efectuados por Brack, en su libro de *Ecología animal con especial referencia al Perú* y que se han venido enriqueciendo con el correr del tiempo:

1. Factores abióticos

Los factores abióticos son muy abundantes en la naturaleza y su característica fundamental es que no tienen vida. Se reconocen tres grupos de factores: sidéricos, ecogeográficos y físico-químicos.

1.1. Factores sidéricos

Son todas aquellas características de la tierra, el sol y de los satélites que tienen significado ecológico y que influyen sobre los seres vivos. Entre ellos se cuentan la gravedad, la presión atmosférica, la duración del día, entre otros.

Aceleración de la gravedad en la superficie: 982 cm/seg^2 .

Presión atmosférica en la superficie: 760 mm/Hg .

Composición atmosférica: $\text{N} = 78\%$, $\text{O}_2 = 21\%$, CO_2 y gases nobles = 1% .

1.2. Factores ecogeográficos

Son aquellas características específicas de un lugar, en el cual cada factor tiene un campo de acción, aún más grande debido a que influye en los paisajes vecinos.

- **Factores geográficos.** Se tiene a la latitud que es la distancia entre el ecuador y un punto determinado del planeta; la longitud es la distancia entre un punto en la superficie terrestre y el meridiano de Greenwich; altitud es la altura en metros sobre el nivel del mar; presión atmosférica que es la presión ejercida por el aire en un punto cualquiera de la atmósfera; las estaciones del año verano, otoño, invierno y primavera, y la duración del día.
- **Orográficos.** Comprende la descripción de una región, que puede ser las montañas, los cerros, las laderas, planicies, barreras naturales conformadas por océanos, lagos y ríos. La representación gráfica de un lugar es a través de los mapas que permiten el conocimiento de la zona así como para desarrollar obras de infraestructura.
- **Geológicos.** Trata del estudio de la composición, estructura y propiedades de las diferentes capas de la tierra así como de los procesos que han intervenido en su formación y los cambios que se han sucedido a lo largo de la historia de la Tierra y su interacción con la especie humana.
- **Edáficos.** Comprende la composición y las características físicas y químicas del suelo y también su relación con las plantas y su entorno.
- **Limnológicos.** Trata sobre los ecosistemas acuáticos continentales como los lagos, lagunas, ríos, marismas, estuarios, albuferas y las interacciones entre los diferentes organismos acuáticos con el ambiente, que determinan su distribución y abundancia.
- **Glaciológicos.** Los glaciares están conformados por gruesas masas de hielo por efecto de la acumulación de la nieve principalmente en el invierno. Al proceso de establecimiento y crecimiento de un glaciar se llama glaciación. Se estima que aproximadamente un 10% de la superficie de la Tierra está cubierto de glaciares con un almacenamiento de 33 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce.
- **Oceanográficos.** Se refiere a las características físicas y químicas de los océanos. El mar cubre el 70% de la superficie de la tierra y la vida se extiende a todas sus profundidades. En el mar, la vida es mucho más intensa alrededor de las márgenes de las islas y los continentes. El mar es continuo, no está separado como lo están los hábitats terrestres y de agua dulce. Todos los mares están conectados. La temperatura, la salinidad y la profundidad constituyen las barreras principales al movimiento libre de los organismos marinos. El mar está en circulación continua; las diferencias de temperaturas entre los polos y el ecuador originan fuertes vientos como los vientos alisios, que soplan en la misma dirección constantemente durante el año entero, los cuales juntamente con la rotación de la tierra, crean

corrientes definidas. El mar está dominado por olas de diferentes clases y por mareas producidas por la atracción de la luna y el sol. Las mareas son especialmente importantes en las zonas del litoral donde la vida marina es especialmente variada y densa.

- **Climáticos.** El clima comprende una serie de elementos atmosféricos como la temperatura, precipitación, humedad, nubosidad, viento, presión atmosférica, entre otros. Pero el clima se ve influenciado por la latitud, longitud, altitud, relieve de la tierra, la disposición de los continentes y también por la distancia de un lugar hacia el mar, las corrientes marinas, etc.

1.3. Factores físico-químicos

Son aquellos factores abióticos que determinan una parte importante de las relaciones ambientales.

- **Químicos.** El aire esencial para la vida en el planeta está conformado por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y vapor de agua, ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles; el agua en sus tres estados sólido, líquido y gaseoso; la salinidad que es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua; y el pH que es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución o sustancia; entre otros factores.
- **Físicos.** Conformado por una serie de eventos y fenómenos como: las heladas que consiste en el descenso de la temperatura ambiente por debajo del punto de congelación del agua; los vientos que son masas de aire en movimiento en la atmósfera; los derrumbes que son movimientos violentos de tierra que se producen en zonas con fuertes pendientes por acción de la gravedad o por saturación de agua; los relámpagos que se presentan en forma de resplandor y es producido en las nubes por una descarga eléctrica; el fuego que se produce a través de una química de oxidación de un material combustible con emisión de calor, llamas, dióxido de carbono y vapor de agua; las catástrofes que son fenómenos naturales impredecibles y que pueden producir cambios repentinos en la naturaleza, etc.

2. FACTORES BIÓTICOS

Los factores bióticos constituyen el componente vivo del ecosistema conformado por los materiales orgánicos que ejercen su influencia sobre las plantas, animales y el hombre. Los principales son la vegetación, el alimento, los enemigos, las poblaciones, etc.

2.1. La vegetación

La vida vegetal surgió en el mar y durante toda su historia evolutiva, las plantas pasaron por una serie de cambios bajo las presiones de selección impuestas por los ambientes terrestres, lo que permitió que desarrollaran una serie de adaptaciones como las raíces que anclan la planta y absorben agua y nutrientes de la tierra; los vasos conductores que transportan el agua y minerales hacia arriba desde las raíces y productos fotosintéticos desde las hojas al resto del cuerpo vegetal; muchas plantas desarrollaron el polen, las semillas y después la flor y el fruto. Posteriormente siguieron evolucionando y se convirtieron en flores vistosas, atrayendo a los agentes polinizadores que depositaron el polen con mayor precisión que el viento; la semilla que ha proporcionado protección impermeable y alimento para el embrión en desarrollo, mientras que algunas modificaciones de la cubierta de la semilla han permitido aumentar la dispersión. Algunos frutos atraen a animales forrajeadores, que las consumen y dispersan sus semillas no digeribles a través de sus heces.

Las plantas con semillas han dominado la tierra en los últimos 250 millones de años y han conquistado con éxito la mayoría de los hábitats terrestres, desde los pantanos, los áridos desiertos y los altos Andes. El polen y las semillas, son dos de las adaptaciones reproductoras que han dado a las plantas con semillas una ventaja sobre las plantas sin semillas. El gametofito femenino es un grupo pequeño de células haploides que produce el óvulo y el gametofito masculino es el grano de polen. El grano de polen posee una cubierta resistente que permite su viabilidad cuando es transportado desde la planta que lo ha originado a otra, en el proceso de la polinización. Las células productoras de espermatozoides se llevan dentro de los granos de polen, que son dispersadas por el viento o por agentes polinizadores como las abejas. Por eso, las plantas con semillas, están totalmente adaptadas a la vida sobre tierra seca. La segunda adaptación reproductora es la misma semilla, que se parece mucho a los huevos de las aves y de los reptiles, ya que las semillas constan de una planta embrionaria, de un suministro de alimento para el embrión y de una cubierta externa protectora. La cubierta de la semilla conserva al embrión en un estado de letargo mientras las condiciones no sean adecuadas para el crecimiento. El alimento almacenado ayuda a mantener a la nueva planta en tanto no desarrolle raíces y hojas y no pueda producir su propio alimento por fotosíntesis. Algunas semillas poseen adaptaciones complejas que hacen posible la dispersión por medio del viento, el agua y los animales. Estas adaptaciones han contribuido para que las plantas estén presentes en casi todos los hábitats de la Tierra. Las plantas con semillas pueden considerarse dentro de dos grupos generales: las Gimnospermas que no tienen flores (pinos) y las Magnoliophyta (angiospermas), plantas con flores.

La función de las plantas en la naturaleza es fundamental. Proveen de alimento y son de gran importancia para la supervivencia de millones de especies animales. Todas las zonas con cobertura vegetal permiten que pueda existir una variada vida

animal. Las plantas proveen una serie de beneficios como alimento y oxígeno, pero también tienen un rol importante como lugares de refugio, para el descanso de los animales, muchas aves nidifican entre sus ramas y brindan cobertura a muchos organismos.

Cuando la cantidad de plantas disminuye por efecto de los factores climáticos o por el aumento desmesurado de las poblaciones animales, las consecuencias son calamitosas para los animales. En los ambientes acuáticos las plantas proveen oxígeno, gran parte del cual se disuelve en el agua para la supervivencia de los animales acuáticos.

2.2. La densidad poblacional

Las poblaciones constituyen el conjunto de individuos que pertenecen a la misma especie. Las poblaciones no son estables sino que se modifican de acuerdo con una serie de factores, como es el caso de las variaciones climáticas, adaptación al ambiente, enfermedades, epidemias, acción de los depredadores, escasez de alimentos, así como también al movimiento de los individuos tanto en su propio territorio como en las rutas de migración. Cada especie se desarrolla en un espacio de forma óptima solo con una determinada población. Cuando existe exceso de población se producen conocidos fenómenos como desarrollo lento, disminuye el tamaño y la fertilidad y aumenta la mortalidad. También pueden influir factores químicos en el autocontrol de la población, como la acumulación de sustancias de desecho, especialmente en los animales acuáticos y terrestres de desplazamiento limitado.

2.3. Los enemigos

El factor enemigo es de gran importancia para mantener el equilibrio natural. Está conformado por los depredadores, agentes parásitos y agentes patógenos. Se denomina depredador a cualquier animal que se alimenta de otros animales o presas. Cuando aumenta el número de las presas mejoran las condiciones alimenticias de los depredadores, aumentando a su vez el número de estos por una mayor reproducción e inmigración de zonas cercanas. De esta manera el número de presas disminuye nuevamente recuperando sus anteriores niveles poblacionales.

Los parásitos son organismos que se alimentan durante toda la vida o en una etapa de su vida de otros seres vivos, con la condición de que el hospedero no muera inmediatamente. El parásito desarrolla una serie de adaptaciones como la atrofia de los órganos de los sentidos y de las extremidades y la formación de estructuras de fijación; en casos extremos existe atrofia del aparato digestivo.

En el caso de la introducción de especies exóticas, la necesidad de los depredadores y parásitos se hace evidente, en zonas donde no existen sus enemigos

naturales. Aquellas especies llegan a multiplicarse rápidamente y se constituyen en un peligro para el equilibrio natural de toda una región. Las enfermedades infecciosas, a menudo mortales, son frecuentes y se producen en todos los animales y el hombre. Los agentes que la producen son los virus, las bacterias, los protozoarios, los hongos, responsables de muchas enfermedades, algunas de las cuales tienen influencia decisiva en el control de las poblaciones. Todos estos factores ponen en evidencia la existencia de un sistema de control en la naturaleza, cuyo objetivo es mantener el equilibrio natural. Sin embargo cuando el hombre interviene en los ecosistemas y los altera, este sistema de control cambia y no se logra mantener el equilibrio.

3. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS RELATIVOS AL ECOSISTEMA

Los principios y conceptos relativos al ecosistema han sido desarrollados por Odum desde los años de 1960. Los organismos vivos y su ambiente inerte, es decir el abiótico, están inseparablemente ligados e interactúan entre sí. Cualquier comunidad de organismos de un área determinada actúa en reciprocidad con el medio físico, de tal manera que una corriente de energía conduce a una estructura trófica, una diversidad biótica y a ciclos materiales que están claramente definidos dentro de un sistema ecológico o ecosistema.

3.1. Componentes del ecosistema

El ecosistema está conformado por dos componentes:

- **Componente autotrófico.** Es aquel componente que se nutre a sí mismo, en el que predominan la fijación de energía de la luz, el empleo de sustancias inorgánicas simples y la construcción de sustancias complejas. Por ejemplo los productores que están conformados por las plantas verdes.
- **Componente heterotrófico.** Es aquel componente que es alimentado por otros en el que predominan el empleo, la readaptación y la descomposición de materiales complejos. Por ejemplo los consumidores conformados por los animales.

3.2. Elementos constitutivos del ecosistema

Los elementos constitutivos del ecosistema son:

a. **Sustancias inorgánicas.** C, N, CO₂, H₂O, etc. que intervienen en los ciclos de la materia.

b. **Componentes orgánicos.** Proteínas, hidratos de carbono, lípidos, sustancias húmicas que enlazan lo abiótico y lo biótico.

c. **Régimen climático.** Temperatura, humedad, precipitaciones, vientos y otros factores físicos.

d. **Productores.** Organismos autotróficos, en gran parte plantas verdes capaces de elaborar alimentos a partir de sustancias inorgánicas.

e. **Consumidores o macroconsumidores.** Son organismos heterotróficos, como los animales, que ingieren otros organismos o materia orgánica formada por partículas.

f. **Desintegradores, microconsumidores o saprofiticos.** Son organismos heterotróficos, sobre todo bacterias y hongos que desintegran los compuestos complejos de protoplasma muerto, absorben los productos de descomposición y liberan sustancias simples susceptibles de ser utilizadas por los productores juntamente con sustancias orgánicas, que proporcionan fuentes de energía o pueden ser inhibidoras o estimuladoras para otros componentes bióticos del ecosistema.

Desde el punto de vista funcional un ecosistema puede analizarse apropiadamente en términos de los siguiente: a. De los circuitos de energía; b. De las cadenas de alimentos; c. De los tipos de diversidad en tiempo y espacio; d. de los ciclos nutricios (biogeoquímicos); e. Del desarrollo y la evolución; f. Del control (cibernética).

El ecólogo ruso V. Dokuchaev y su discípulo G. F. Morozov, destacaron el concepto de biocenosis, término que posteriormente los ecólogos rusos ampliaron a geobiocenosis. El término ecosistema fue propuesto por primera vez por el ecólogo inglés A. G. Tansley en 1935, aunque el alemán Karl Mobius en 1877 ya hablaba de biocenosis. Ecosistema es el término preferido en inglés y biogeocenosis es el término preferido por autores germanos y eslavos.

El ecosistema es en ecología la unidad funcional básica, porque incluye tanto a los organismos, las comunidades bióticas como a los factores abióticos, cada uno de los cuales influye sobre las propiedades del otro, siendo necesarios ambos para la conservación de la vida, tal como existe actualmente en la Tierra. El concepto de ecosistema es vasto, siendo su principal función en el pensamiento ecológico la de subrayar las interrelaciones, la interdependencia y las relaciones causales, es decir el acoplamiento de componentes para formar unidades funcionales. El ecosistema es también el biotopo más la biocenosis o la comunidad biótica. Un ecosistema puede ser un estanque, un lago, una laguna, un bosque y hasta un cultivo de un laboratorio.

3.3. Conceptos básicos relativos al ecosistema

A continuación se presentan algunos conceptos que son de uso común y obligatorio en la ecología:

Hábitat. Es el lugar donde vive una especie dentro del biotopo y donde se le encuentra regularmente porque allí hallan las condiciones óptimas para su vida. Un individuo o una especie pueden tener varios hábitats y poseer tantas adaptaciones a su ambiente como hábitats. Al hablar de hábitat no se puede dejar de definir el término forma de vida que comprende el conjunto de adaptaciones estructurales y de comportamiento propias de un estadio de una especie dentro de su ambiente natural. En la forma de vida lo esencial es el plan de rendimiento que es el conjunto de los principios básicos según los cuales funcionan las partes de un organismo en cuanto entran en relación directa con el ambiente. Cada forma de vida de una especie puede ocupar diferentes hábitats. Así por ejemplo, una mariposa presenta tres formas de vida: oruga, crisálida y adulto. El hábitat de la oruga puede ser una planta, de la crisálida el suelo y de adulto el aire.

Nicho ecológico. Es el papel funcional del organismo en la comunidad y su posición en las gradientes ambientales. Por ejemplo el hábitat de la vicuña es el pajonal de Puna, por encima de los 3 800 msnm y su nicho ecológico es el de herbívoro.

Biotopo. El biotopo es un espacio físico caracterizado por factores abióticos y que se repite con las mismas características en otras regiones. Un biotopo reúne las siguientes condiciones:

- Que los factores inorgánicos puedan ser captados y estén distribuidos regularmente en toda la superficie y se repitan en otras áreas en forma parecida.
- Que su área sea tan grande que en ella puedan vivir hasta los organismos más complejos.
- Que exista una combinación de hábitats con una determinada abundancia de ellos.
- Que existan especies características que no se encuentren presentes en otros biotopos y viceversa.
- Que el sistema total bajo condiciones constantes o de determinada periodicidad, se pueda mantener en equilibrio biológico indefinido.

Biocenosis. Es el conjunto de seres vivos que habitan un biotopo, es decir sus animales, plantas y microorganismos. Es una comunidad de seres vivientes,

adaptada en selección y en número a los factores externos que se condicionan mutuamente y por reproducción se mantienen en una zona. El término biocenosis equivale a comunidad vital o biótica.

Los biotopos, las biocenosis y los ecosistemas no están presentes en forma aislada unos de otros, sino que están rodeados por una o más de otras unidades similares, existiendo zonas de transición entre ellos. Los diferentes ecosistemas son partes de una región natural o paisaje natural, con el cual tienen en común ciertas características ambientales y que son las mismas en cada uno de los ecosistemas que lo conforman.

El paisaje o región natural es una zona geográfica con características climáticas y geográficas similares y un centro de evolución de especies endémicas. La continuidad de los factores climáticos ha permitido el desarrollo de los suelos, la vegetación y fauna características. El paisaje o región natural tiene un componente abiótico denominado biorregión y un componente biótico denominado bioma.

El bioma es la mayor unidad de comunidad terrestre que se ha identificado. Los climas regionales actúan en reciprocidad con la biota regional y el substrato para producir amplias unidades de comunidades fácilmente identificables llamadas biomas.

4. LEY DEL MÍNIMO DE LIEBIG

A mediados del siglo XIX, el químico y fisiólogo alemán Justus von Liebig, fue uno de los primeros científicos que señaló que un organismo no es más fuerte que el eslabón más débil de su cadena ecológica. Liebig, en el año 1840, se dedicó al estudio del efecto de los diversos factores sobre el crecimiento de las plantas, para lo cual, realizó una serie de experimentos en el cultivo de plantas en medios sintéticos. En estos trabajos de investigación, reconoció que un cierto número de elementos químicos, eran necesarios para asegurar el crecimiento de las plantas. Algunos de estos elementos eran abundantes en el medio de cultivo, otros eran requeridos en pequeñas cantidades y otros solamente en partes minúsculas. Un aspecto muy importante que fue descubierto, es que estos elementos no podían reemplazarse los unos por los otros. De tal modo que en un medio que contenía a todos estos elementos en abundancia, menos uno en cantidad insuficiente, no permitía el crecimiento de la planta más que hasta el agotamiento de este último. Por lo tanto, el crecimiento estaba, limitado por la ausencia del único elemento que se encontraba en cantidad inferior a la cantidad mínima necesaria. Con todos estos resultados obtenidos, Liebig enunció la Ley del Mínimo, que también es conocida como la Ley del Mínimo de Liebig.

Esta ley, formulada para unos factores químicos, puede ser generalizada y juega un importante papel en el conocimiento de la autoecología de las especies. Sobre esa base se enuncia que todo organismo necesita para vivir y desarrollarse, de un medio que reúna un cierto número de condiciones. Es decir, si todos los factores son favorables menos uno, que se encuentra incompleto, o no se encuentra, este será el factor limitante, el que va a jugar un papel determinante sobre la vida o la muerte del organismo, sobre su presencia o ausencia en un medio dado.

5. LEY DE TOLERANCIA DE SHELFORD

La existencia y desarrollo de un organismo dependen del conjunto de condiciones presentes en el medio. La ausencia o deterioro de un organismo se debe al exceso o a la diferencia cualitativa o cuantitativa, de cualquier factor que se acerca a los límites de tolerancia del organismo. Por lo tanto, no solo la escasez de un elemento es un factor limitativo, tal como lo propuso Liebig, sino también el exceso de algún factor, como los rayos solares, la luz, el agua, etc. Es así como se determina que un organismo tiene un máximo y un mínimo ecológico, con un margen entre uno y otro, que representa los límites de tolerancia. La idea del efecto limitativo tanto del máximo como del mínimo fue incorporada a la Ley de Tolerancia de Shelford en el año de 1913.

6. RANGOS DE TOLERANCIA

Generalmente un factor del ambiente es soportado por un organismo dentro de ciertos límites. Por ejemplo, un animal muere si la temperatura es demasiado baja o demasiado elevada. Cuando la temperatura se aproxima a estos límites, el animal siente las inclemencias del frío o el calor y su vitalidad disminuyen. Por ello, en un medio donde impera una de estas temperaturas cercanas al límite soportable, será poco frecuente la presencia de animales. En ese caso, los animales serán más abundantes cuando la temperatura se aproxime a un valor medio, que es el óptimo de temperatura para estos organismos. Lo mismo sucede para toda clase de factores. A veces uno solo de los límites es mortal. Pero también se da el caso de que muchos animales, por ejemplo, soportan perfectamente durante toda su vida un máximo de humedad.

Todos los organismos viven en condiciones ambientales diferentes y también cada organismo busca condiciones específicas, donde desarrolla del mejor modo sus actividades. En la naturaleza se observa cómo los organismos varían enormemente en cuanto a su tolerancia, o dicho de otro modo, su capacidad para soportar los diferentes factores abióticos.

Algunos principios de la tolerancia son los siguientes:

- Los organismos pueden tener un rango de tolerancia muy amplio para un factor y otro rango muy estrecho para otros factores.
- Los organismos con amplios rangos de tolerancia para todos los factores son capaces de tener mayor oportunidad de distribuirse ampliamente.
- En el caso de que las condiciones no son óptimas para una especie con respecto a un factor ecológico, los límites de tolerancia pueden reducirse con respecto a otros factores ecológicos.

La reproducción es un periodo crítico en el que alguno de los factores ambientales puede ser limitante. En ese sentido los límites de tolerancia del individuo y sus semillas, huevos, embriones, plántulas y larvas son más estrechos que la de los organismos adultos cuando no se están reproduciendo.

Organismos estenoicos son aquellos que viven en determinadas condiciones ambientales, dentro de límites muy estrechos. Otros organismos, por el contrario, se acomodan bien a condiciones con mucha mayor variación; por lo que a estos organismos menos exigentes ante las condiciones ambientales imperantes se les llama eurioicos.

7. VALENCIA ECOLÓGICA

La valencia ecológica de un organismo es su aptitud para poblar medios diferentes. Es el campo o intervalo de tolerancia de una especie con respecto a un factor ambiental que puede ser la luz, la temperatura, la humedad, ph, o la concentración de algún elemento químico como el carbono, potasio, calcio, nitrógeno y que a su vez actúa como factor limitante.

Tomando en consideración la amplitud de la valencia ecológica se tienen dos tipos de organismos diferentes; la de un organismo eurioico que es elevada y la de un organismo estenoico es baja. Los organismos eurioicos se caracterizan porque son poco exigentes respecto a los valores alcanzados por un factor, lo cual quiere decir que su valencia ecológica registra una gran amplitud. Sin embargo, generalmente el número máximo de individuos no es muy elevado. Los organismos estenoicos son muy exigentes en relación a los valores alcanzados por un determinado factor; es decir, los límites de tolerancia son muy estrechos. No obstante, si se desarrollan bajo ciertas condiciones óptimas el número de individuos puede llegar a ser muy alto.

Para factores específicos del ambiente se utilizan términos análogos formados a partir de los mismos prefijos. Por ejemplo, un animal capaz de soportar fuertes variaciones de temperatura se dice que es euritermo; un animal que no puede vivir más que dentro de estrechos límites de temperatura se dice que es estenotermo. De la misma manera, un animal puede ser eurihigro si soporta mejor las variaciones de humedad, o estenohigro si es menor el soporte a las variaciones de humedad; eurihalino o estenohalino según su mayor o menor tolerancia a las variaciones de salinidad, etc.

La valencia ecológica de un organismo varía a menudo con su estado de desarrollo. En este caso se observa comúnmente que las formas jóvenes son más frágiles y más exigentes que las adultas. Los factores abióticos que actúan sobre los seres vivos comprenden, en primer lugar, los factores del clima, de importancia universal y considerable; después, los factores edáficos que son los caracteres del suelo, importantes sobre todo para los animales terrestres y los factores hidrográficos que comprenden las propiedades físicas y químicas del agua, fundamentales para los animales acuáticos.