



**SYLVINA LORENA CASCO
 JOSÉ LUIS FONTANA
 VIOLETA AMANCAY ZAMBIASIO**

APUNTES DE CÁTEDRA ● CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA



D

E



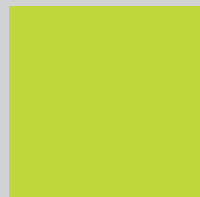
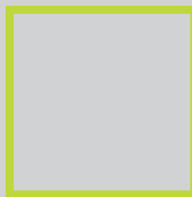
Q

U

I

É

N



E

**Manual de Ecología y
 Ambiente ¿De quién es
 el ambiente?**

S



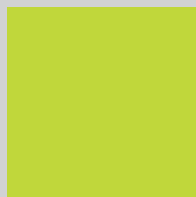
E

L

A

M

B



Manual de Ecología y Ambiente

¿De quién es el ambiente?

SYLVINA LORENA CASCO (COORD.)
JOSÉ LUIS FONTANA
VIOLETA AMANCAY ZAMBIASIO

REVISIÓN PEDAGÓGICA
MARTA MABEL MEZA



LIBRIS

ESTE LIBRO PERTENECE A

.....

.....



Casco , Sylvina Lorena

Manual de ecología y ambiente : ¿De quién es el ambiente? / Sylvina Lorena Casco; José Luis Fontana; Violeta Amancay Zambiasio; Coordinación general de Sylvina Lorena Casco; Editado por Irina Mariel Wandelow. - 1a edición para el alumno. - Corrientes: Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE, 2025. Libro digital, PDF - (Apuntes de Cátedra)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-656-257-1

1. Ecología. 2. Ambiente. 3. Impacto Ambiental. I. Casco, Sylvina Lorena, coord. II. Wandelow, Irina Mariel, ed. III. Título.
CDD 577.07

Coordinación editorial: Irina Wandelow

Diseño y diagramación: Ma. Belén Quiñonez

REUN Red de Editoriales
de Universidades Nacionales



© EUDENE. Coordinación General
de Comunicación Institucional,
Universidad Nacional del
Nordeste, Corrientes, Argentina, 2025.

EUDENE
Córdoba 792 (CP 3400)
Corrientes, Argentina.
eudene@unne.edu.ar
www.eudene.unne.edu.ar

Queda hecho el depósito que marca
la ley 11.723. Reservados todos los
derechos.

Contenido

- Prólogo 7

- Capítulo 1. Términos ecológicos y sus alcances**
- Ecología no es lo mismo que ecologismo, ambientalismo, conservacionismo 9
- Ecología y política 10
- Cuando la palabra ecología sufre de inflación 11
- Un poco de historia de la ecología 12
 - Eventos internacionales frente a problemas ambientales 17
- Ramas de la ecología 20
- Niveles de organización en ecología 22

- Capítulo 2. Comunidad biológica y ecosistema**
- Comunidad o biocenosis actual vs. comunidad o biocenosis original 28
- Los ecosistemas como sistemas 28
- Tipos de ecosistemas 29
- Relaciones entre los organismos de una comunidad biológica 31
- Estructura trófica de las comunidades 32
 - Pirámide ecológica 32
 - Cadenas y redes o mallas tróficas 35
- Actividades 39

- Capítulo 3. Distribución de los organismos sobre el planeta**
- Los factores que determinan la distribución de los organismos 42



Centro de origen y dispersión	42
Las regiones biogeográficas	43
El origen de los reinos biogeográficos	45

Capítulo 4. Biomás

Los principales tipos de biomás del mundo	50
Tundra	53
Taiga o bosque boreal	54
Bosque templado	56
Desiertos	57
Sabanas	59
Estepas	61
Bosque tropical pluvial o selva	64
Chaparral	65
Regiones polares	67
Los biomás de Argentina	69
Selva misionera	71
Selva tucumano-salteña	72
Bosque chaqueño	73
Pastizales pampeanos	75
Estepa patagónica	76
Bosques patagónico-fueguinos	77
Desierto andino	78
Monte	79
Espinal	80
Desierto antártico	81
Actividades	83

Capítulo 5. Ambientes acuáticos y terrestres

Factores ambientales	89
Ciclos biogeoquímicos	102
Condiciones ambientales en los ecosistemas acuáticos	104
Ambientes lénticos	104
Ambientes lóticos	107
Condiciones ambientales en los ecosistemas terrestres	111
Actividades	116



Capítulo 6. Características generales de las poblaciones

Características	119
Dinámica de las poblaciones	120

Estructura de las poblaciones	121
Densidad de población	121
Pirámides de población	122
Tablas de vida	122
Curvas de supervivencia	125
Distribución espacial de los individuos que pueblan un área	126
Tamaño de la población	128
Densidad absoluta	128
Densidad	128
Crecimiento poblacional	129
Tipos de crecimiento poblacional	129
Factores que regulan el tamaño de la población	131
Metapoblaciones	133
Tipos de metapoblaciones	134
Estrategas r y estrategias K	136
Actividades	137

Capítulo 7. Comunidad, diversidad y riqueza

Composición de la comunidad	141
Diversidad y riqueza específica	142
Diversidad alfa	143
Diversidad beta	145
Diversidad gamma	146
Diagramas de rango-abundancia	146
Esquemas de la comunidad en el espacio	149
Estructura vertical	149
Estructura horizontal y dispersión	150
Zonificación	151
Estructura física	152
Sucesión ecológica	153
Actividades	159



Capítulo 8. Sociedad y ambiente

Procesos de deterioro ambiental	164
Contaminación	166
Manejo de recursos naturales	174
Conservación	176
Evaluación de impacto ambiental	177
Evaluación Ambiental Estratégica	181
Estudio de Impacto Ambiental	182
Actividades	183

Prólogo

Este manual está destinado, principalmente, a los alumnos y las alumnas de FaCENA (UNNE), del Profesorado en Ciencias Químicas y del Ambiente. Sin embargo, en la región existen otras carreras, como la Licenciatura en Gestión Ambiental (Facultad de Ingeniería-UNNE), el Profesorado en Biología o la Licenciatura en Ciencias Biológicas (FaCENA-UNNE), en las que se dictan materias relacionadas con la temática de este manual, pudiendo ser aprovechado por sus estudiantes. Además, podría ser de utilidad a los docentes del nivel medio, con orientaciones en Ciencias Naturales.

Por esa razón, el libro está organizado en ocho capítulos: el primero, «Términos ecológicos y sus alcances», aborda los conceptos básicos sobre ecología, definiciones y los temas principales. El segundo capítulo, «Comunidad biológica y ecosistema», analiza las relaciones entre los organismos, los componentes de las mallas o redes y de las pirámides tróficas. Por su parte, «Distribución de los organismos sobre el planeta», el tercer capítulo, trata sobre cómo se organizan y distribuyen los organismos en la Tierra, mientras que el cuarto capítulo, «Biomás», estudia las biomas de Argentina y del mundo.

«Ambientes acuáticos y terrestres», el quinto capítulo, trata sobre los factores ambientales que condicionan el funcionamiento de los ambientes acuáticos y terrestres, teniendo en cuenta su variación espacial y temporal. Conceptos básicos sobre población, distribución y abundancia, crecimiento poblacional y tipos de crecimiento, entre otros, toma como punto de partida el sexto capítulo, «Características generales de las poblaciones»; así también composición, diversidad, riqueza específica, variaciones en una escala temporal y espacial, sucesión ecológica y los taxones que integran un ecosistema son abordados por el séptimo capítulo, «Comunidad, diversidad y riqueza». Para finalizar, «Sociedad y ambiente», el octavo capítulo, hace mención a las actividades humanas que, sin control alguno, pueden perjudicar los recursos naturales.

Cabe resaltar que esta propuesta fue desarrollada por docentes de las asignaturas Ecología y Medio Ambiente, Ecología, Ecología Vegetal y Limnología, para acompañar el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero, sobre todo, para incentivar el conocimiento, la puesta en valor, el cuidado y el uso sabio del ambiente.



Capítulo 1. Términos ecológicos y sus alcances

Este capítulo recorre los conceptos básicos sobre ecología, definiciones y temas principales.

La ecología es una ciencia que estudia las relaciones entre los seres vivos, entre ellos y su ambiente. El concepto ecología se forma a partir de dos términos griegos: *oikos*, que significa 'casa', y *logos*, –estudio o tratado–. Etimológicamente, por lo tanto, puede definirse como «el estudio de la casa, del entorno», entendiéndose el entorno como aquello que rodea al organismo, el ambiente. La palabra ecología (*oekologie* en alemán) fue propuesta en 1866 por E. Haeckel para «una ciencia de las relaciones de los organismos entre sí y con su mundo circundante» (Haeckel, 1866 citado en Deléage, 1993, p.10). Haeckel fue un naturalista y filósofo alemán que dio el nombre a una disciplina que en los hechos ya existía desde mucho tiempo antes.

Y fue la química estadounidense E. Swallow quien, con el permiso del mismo Haeckel, utilizó por primera vez el término «Ecología». Ella definió la ecología (1892) como un concepto muy ligado a las personas: «la ciencia de las condiciones de salud y bienestar de la vida humana diaria» (Dyball y Carlsson, 2017), es decir, una ciencia de las condiciones ambientales y sociales. Fue la primera en utilizar el término «ecología humana». Una propuesta de una mujer en una época dominada por hombres no era bien vista y menos aceptada. Así, un año después, en 1893, el *British Medical Journal* reivindica el término *Oekologia* como «la exploración de los interminables fenómenos de la vida animal y vegetal tal como se manifiestan bajo condiciones naturales» (Sanderson, 1893).

La ecología es una ciencia; tiene un método científico de estudio. A medida que pasó el tiempo se fueron agregando temas de interés para esta ciencia y los conocimientos crecieron de manera exponencial, lo que llevó a crear ramas dentro de la ecología. Así, aparecieron la ecología animal, ecología vegetal, ecología del paisaje, ecología de poblaciones, ecología de comunidades, ecología urbana, ecología agrícola, ecología de la restauración, ecología humana...

Al principio, fue una ciencia descriptiva y cualitativa, para luego introducir los modelos matemáticos y la cuantificación con autores pioneros en estos aspectos como V. Volterra, A. Lotka y C. Elton. J. P. Deléage (1993) junto con A. Tansley definen claramente el ecosistema, y la ecología entra en su era moderna.



Los desastres ambientales que se aceleran en el siglo XX dan a la ecología un nuevo abanico de posibilidades: estudios sobre la contaminación, los efectos perjudiciales de los pesticidas, la explosión demográfica, los impactos ambientales.

De este modo, la ecología, con sus conocimientos de investigación básica (factores de ambiente, adaptación de organismos, cambios naturales a través del tiempo o sucesión ecológica, dinámica de poblaciones, estructura de las comunidades, redes tróficas) pasó a la parte aplicada de investigación (restauración, impacto ambiental, educación ambiental, desarrollo sostenible, etc.).

Ciencia que constituye un punto de confrontación, ciencia de aire libre, abierta a las sociedades humanas, la ecología no puede ser reducida en ningún momento de su historia, a una simple rama de la Biología. (Deléage, 1993, p. 15)

ECOLOGÍA NO ES LO MISMO QUE ECOLOGISMO, AMBIENTALISMO, CONSERVACIONISMO...

Es común la confusión de ecología con otros términos semejantes, pero que en realidad tienen un significado muy diferente. Ecologismo, ambientalismo, conservacionismo, preservacionismo y desarrollismo tienen en común el «ismo», detrás está, en el fondo, la idea de salvación del medio, del planeta, frente a esta «amenaza humana» de explotación sin límite de los recursos que sustentan la vida. A continuación, se analizarán brevemente algunos de ellos:

Ecologismo. Ideas sostenidas por personas, organizaciones, con tendencia al respeto, a la protección del ambiente. Esta sensibilidad por el ambiente se desarrolló en países industrializados como resultado de los efectos negativos sobre la calidad ambiental, producto de gases, líquidos y sólidos contaminantes, vertidos al agua, al suelo y al aire. Impulsa un desarrollo respetuoso del ambiente (un «desarrollo sustentable») contra intereses económicos, políticos, etc. En ese sentido, J. Peñuelas (1993, cito en Fontana, 2016, p. 8) dice que el ecologismo no es una ciencia; es más bien una «filosofía activista, un sentimiento». La base científica del ecologismo está en los escritos de divulgación científica de E. Haeckel (Deléage, 1993, p. 76).

Ambientalismo. Movimiento a favor del ambiente que se muestra activo sólo cuando ocurren los problemas, mediante denuncias, campañas en distintos medios de prensa, manifestaciones, etc. El ambientalismo cree que todos los problemas ambientales, económicos y sociales se resuelven desde la racionalidad económica del mercado (Kienyke.com, 2017).

Conservacionismo. Movimiento que promueve la protección de flora y fauna con, por ejemplo, la creación de reservas, excluyéndolas totalmente de la influencia antrópica. Según R. Pérez Verdi (2011), esta posición ve en los recursos y en los problemas del ambiente una restricción para el crecimiento económico. Sugiere que este deberá detenerse

de buen grado o por la fuerza. Estos son partidarios del crecimiento cero o del estado estacionario. Existe un conservacionismo pragmático propuesto en 1912 por G. Pinchot (agronomo y botánico estadounidense), también conocido como *conservación de la naturaleza*, e implica una gestión racional de los recursos naturales, su uso planificado y una renovación constante. Y hay un conservacionismo bioético, propuesto por J. Muir, conocido como *preservación de la naturaleza*, que promueve la protección de regiones lo menos afectadas por la acción humana posible (González Oreja, 2005).

Preservacionismo. Movimiento que pretende la conservación integral de la biosfera (Pérez Verdi, 2011). Nada puede ser tocado por el hombre, ya que no posee ningún derecho sobre los recursos. Fundado por J. Muir, este movimiento piensa que la influencia humana es nociva para el ambiente. Promociona, por lo tanto, la creación de áreas intangibles, intocables para la apreciar la vida tal cual fue y es sin la influencia antrópica. Todos los organismos tienen valor en sí mismos, no importa si ellos sirven o no a los fines económicos humanos.

Desarrollismo sustentable. Para Pérez Verdi (2011, p. 183), «los desarrollistas sustentabilistas ven en los recursos y en los problemas del medio ambiente una severa restricción al crecimiento económico, pero al mismo tiempo estiman que es posible un compromiso». Desarrollo sustentable es un término divulgado a partir del informe Brundtland (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1987, p. 59), donde se lo define como «el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades».

ECOLOGÍA Y POLÍTICA

Algunos grupos de ecologistas llevaron su lucha al campo político y crearon partidos que compiten en las elecciones gubernamentales, como los denominados «partidos verdes» en países europeos. Por ejemplo, el Partido Verde Europeo, conocido como los Verdes Europeos, fue fundado en 2004 a partir de la unión de 32 partidos ecologistas nacionales de 29 países europeos. Este partido se basa en políticas verdes como responsabilidad ambiental, libertad individual, democracia, justicia social, desarrollo sostenible y no violencia, ideas que fueron sostenidas y defendidas muchas veces (Auken, 2009).

Esta tendencia incluso forma parte de las campañas electorales actuales en muchos países, incluida la Argentina. En nuestro país, el Partido Verde (tal su denominación oficial) tiene como lema afirmar los derechos humanos, la defensa del medio ambiente y de la democracia (Partido Verde Argentina, Facebook). Incluso, existe una Federación de Partidos Verdes de América, organización que agrupa a partidos verdes del continente y es miembro de Global Verde, que tiene miembros de Europa, Asia y África.

La ecología o su objeto de estudio, el ambiente, son utilizados en campañas políticas, pues tener por delante ideas o proyectos relativos al ambiente parece ser atrayente para el electorado.



Figura 1. Algunos logos de partidos verdes de distintos países.

CUANDO LA PALABRA ECOLOGÍA SUFRE DE INFLACIÓN

Muchos términos son puestos de moda por la prensa no especializada, por organizaciones o por la gente misma. Y eso pasó con la palabra ecología, cuyo uso se extendió de tal manera que numerosas veces es mal aplicada. Al decir de Á. Guerra y S. Pascual (2008), hubo una verdadera inflación en el uso del término «ecología», algo que ocurrió no sólo en los medios de comunicación, sino también en los distintos niveles de educación, desde el universitario hasta el nivel inicial.

A continuación, se mencionan algunas expresiones habituales de estas situaciones de uso incorrecto.

Tabla 1. El uso incorrecto del término ecología

NO SE HACE ECOLOGÍA	La ecología es una ciencia y mal puede afirmarse que una persona «hace ecología» cuando en realidad lo que se hace es trabajar por la protección del ambiente, por la calidad ambiental.
LA ECOLOGÍA NO ENTRA A LA CASA	Pueden sí entrar a una casa las ideas, las fórmulas para ayudar a preservar el ambiente, una educación ambiental.
NO SE PRESERVA LA ECOLOGÍA	Se preserva el ambiente, el entorno donde desarrollamos nuestras actividades, para así lograr una mejor calidad de vida para todos los seres vivos.
NO SE COMPRENDE LA ECOLOGÍA	Se comprenden las relaciones entre organismos, las consecuencias del accionar del hombre sobre el ambiente, los procesos y las acciones tendientes a una mejor relación del hombre con el medio.
NO SE DAÑA LA ECOLOGÍA	El ambiente, es decir, el entorno, lo que nos rodea, es quien sufre las consecuencias de la actividad humana.

UN POCO DE HISTORIA DE LA ECOLOGÍA

La ecología como disciplina científica tiene una larga historia. Varios siglos antes de Cristo aparecieron las primeras publicaciones sobre diferentes aspectos referidos a plantas, animales y al paisaje, con datos que hoy podemos considerar ecológicos.

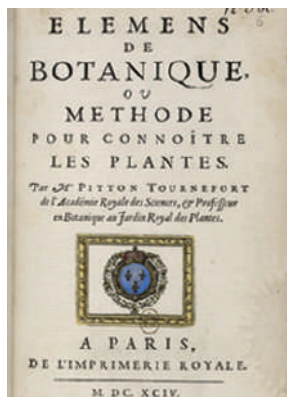
Por ejemplo, Aristóteles en el siglo IV antes de Cristo, en su *Historia de animales*, reunió información sobre formas de vida, alimentación, sobre las condiciones de los lugares que habitan, sobre sus costumbres, conductas, etc.; pero la mayor parte de esos datos recolectados están cargados de creencias, de magia, de subjetividad.

Teofrasto (371-287 a. C.) redacta *Historia de plantas*, un escrito en el que reúne los conocimientos botánicos hasta ese momento. Incluye la distribución de unas 500 especies de plantas, los sitios favorables para el crecimiento, sus propiedades medicinales.

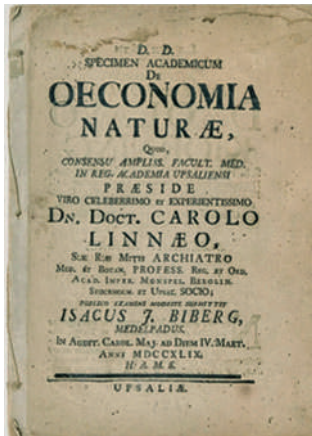
Pero estos autores y otros, que también trabajaron sobre plantas y animales, no hicieron los trabajos aplicando determinados métodos, por lo que carecen de base científica según nuestros conceptos actuales. Por ello, no se puede considerar a estos sabios griegos como pioneros de la disciplina. La aplicación de métodos específicos, relacionando organismos y parámetros físicos, comienzan recién en el siglo XVI. Una síntesis de estos precursores puede verse a continuación y en Fontana (2016, p. 11-13).



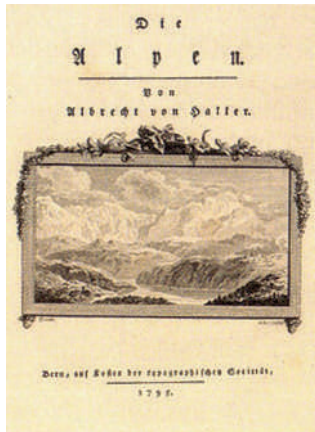
Conrad von Gesner (Zürich, 1516-1565). En la obra de Conrad Von Gesner están las raíces más antiguas de lo que hoy llamamos ecología. Naturalista, físico y filólogo suizo, observó la diferenciación de la flora de los Alpes boreales según altitud y clima, y distinguió pisos climáticos, basados en la fenología. También escribió un *Diccionario de animales*, en el que reunió los conocimientos publicados hasta esa época. Se considera a Von Gesner como uno de los fundadores de la zoología moderna.



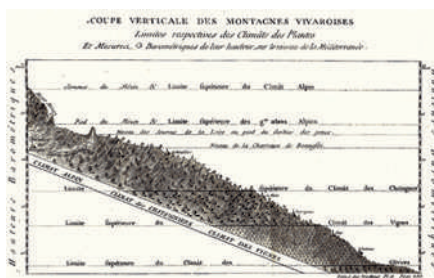
Joseph Pitton de Tournefort (Francia, 1656-1708). Joseph Pitton de Tournefort escaló el monte Ararat (Armenia, el monte bíblico del Arca de Noé). Estudió los pisos de vegetación comparándolos entre ellos y con otras montañas según la flora. En 1694 publicó *Elements de botanique ou Méthode pour reconaître les plantes*, luego en latín como *Institutiones rei herbariae*, donde analiza la taxonomía de unas 10.000 especies de plantas y realiza quizás el primer intento de un sistema natural de clasificación.



Carl von Linné (Suecia, 1707-1778). Carl von Linné realizó detalladas observaciones sobre plantas, los sitios y las condiciones bajo las que crecían. En *El equilibrio de la naturaleza* avanza hacia consideraciones ecológicas al escribir sobre plantas indicadoras de humedad. En *Oeconomia naturae* (1749) y *Politica naturae* (1760) escribe sobre el equilibrio en la naturaleza y destaca que el crecimiento de las poblaciones de insectos limita el avance de las plantas y, a su vez, las aves frenan la explosión de los insectos.



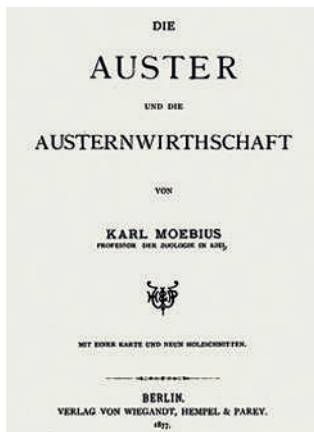
Albrecht von Haller (Bavaria, 1708-1777). Albrecht von Haller, médico, naturalista, poeta y botánico suizo. Bajo el título *Poema de los Alpes* (1729) publicó los resultados de sus observaciones sobre flora. Dio a conocer pisos de vegetación caracterizados por plantas. «Los protagonistas son los habitantes, que se presentan como sencillos y rudos montañeses, lejos del convencionalismo idílico-pastoril tan apreciado por el siglo de las luces» (Federici Ajroldi, s.f.).



Horace Benedict de Saussure y Jean Louis Giraud-Soulavie (Francia, 1740-1799 y 1752-1813). Horace Benedict de Saussure y Jean Louis Giraud fueron los primeros en medir temperatura, humedad relativa del aire y altitud, en relación con la vegetación. Soulavie, en 1783, publicó un trabajo sobre la vegetación del sur de Francia, clasificándola en clima, suelo y razones históricas en regiones, tomando como indicadores las plantas cultivadas.



Alexander von Humbolt y Aimé Bonpland (Alemania, 1769-1859 y Francia, 1773-1858). El primer trabajo que con más razón puede considerarse ecológico fue realizado en tierra americana, en el monte Chimborazo. Alexander von Humbolt y Aimé Bonpland observaron la distribución de plantas y de tipos de vegetación con base en su fisonomía. Correlacionaron sus observaciones con mediciones físicas y los tipos de vegetación con la distribución de animales y distintas formas de manejo por el hombre. Von Humbolt, padre de la biogeografía a través de los principios establecidos en *Ideas para una geografía de las plantas*. Estudiaron las sociedades americanas, desde las aborígenes hasta la reciente creación americana de la democracia en tierras de los que hoy es EE.UU.



Karl August Möbius (Alemania, 1825-1908). Karl August Möbius, zoólogo y ecólogo alemán. Estudió las posibilidades de producción de bancos de ostras analizando las condiciones físicas del mar, la temperatura invernal y los efectos de la pesca según la técnica empleada y el volumen de extracción. Fue el creador del término comunidad de vida o biocenosis.

Pero la historia de la ecología no sólo se relaciona con los precursores, es decir, personas que en tiempos pasados hicieron trabajos que hoy podemos llamar ecológicos. Hace siglos, cuando comenzaron las investigaciones sobre las enfermedades más graves de entonces, causantes de epidemias que diezaban las poblaciones, empezaron las aplicaciones prácticas del cuidado de la calidad ambiental. El mejor conocimiento de las enfermedades trajo como consecuencia el desarrollo de conductas de higiene, de una alimentación más sana. Para lograrlo, se establecieron pautas que derivaron en una primitiva protección del medio. La construcción de los sanitarios en las casas y edificios quizás haya sido el mejor ejemplo. Los jesuitas trajeron esas ideas y las adaptaron a sus edificaciones, como se observa en los bien conservados edificios de la misión jesuítica de Alta Gracia (Córdoba).

La lucha contra las enfermedades trajo una menor mortalidad y un crecimiento mayor de la población. Ello significó mayor necesidad de alimentos y, para conseguirlos, se intensificó

la agricultura con tecnología nueva, con el uso de fertilizantes, que al comienzo eran abonos naturales (por ejemplo, la paja de los establos mezclada con los excrementos de ganado, el guano del Perú) y más tarde con fertilizantes artificiales (de origen industrial). El desarrollo de maquinaria permitió una acelerada destrucción de la cobertura vegetal (bosques, principalmente), y su destino a sembradíos y a la cría de ganado.

Para procesar la creciente producción de alimentos, se tecnifica la industria manufacturera. La introducción de las máquinas aceleró la producción y la cantidad de desechos que eran vertidos al suelo, al aire y a los cursos de agua. El crecimiento de la superficie cultivada, de la superficie destinada a pastoreo y la creciente mecanización agrícola trajeron como consecuencia erosión del suelo y contaminación.

Una demanda creciente de alimentos y de productos industrializados obligó al desarrollo de nuevas tecnologías de producción, a una intervención acelerada sobre ambientes naturales para transformarlos en cultivos. Esta simplificación de los ecosistemas los volvió más vulnerables, entre otros, a la erosión, a condiciones meteorológicas extremas (inundaciones, sequías), a la aparición y proliferación de plagas, y volvió precario el equilibrio entre organismos y medio. En definitiva, un desarrollo económico donde el ambiente y la sociedad sufrieron las consecuencias.

Como no se conocían las interrelaciones entre especies animales y vegetales, todo aquello que no era útil a los fines productivos se eliminaba o no se cuidaba. La desaparición de eslabones de la red trófica produjo el desarrollo incontrolado de especies que se transforman en plagas. Esto condujo a la necesidad de investigar las relaciones entre seres vivos y su medio, de conocer la importancia de cada organismo de la red, su función en el sistema; comienzan así los primeros estudios ecológicos aplicados.

También hubo una fuerte tendencia a estudiar organismos en relación con factores del ambiente (luz, temperatura, agua, presión atmosférica, altitud, etc.), determinando así sus necesidades y adaptaciones, en tiempos cuando aún la ecología no existía como ciencia. A. von Humboldt y A. Bonpland en América, C. Darwin en su tierra natal y en su viaje por el mundo (incluyendo la Argentina), como F. Ameghino en nuestro país, fueron algunos de estos naturalistas que se atrevieron a incursionar en estos campos de investigación.

La historia de los problemas ambientales y la historia de la ecología están estrechamente vinculadas; los problemas ambientales existieron mucho antes de que la ecología apareciera como ciencia. En el desarrollo de esa historia ecológica se consideran varios períodos. Siguiendo a R. Montenegro (1995), resumimos en la siguiente tabla estos períodos.

Tabla 2. Períodos en la evolución de los problemas ambientales

<u>PERÍODO</u>	<u>DURACIÓN</u>	<u>CARACTERÍSTICAS</u>
Período preagrícola	Hasta hace unos 10.000 años.	Las tribus nómades. La reducida población del hombre primitivo permitió a la naturaleza absorber su influencia y mantener el equilibrio.
Período agrícola preindustrial	Entre 10.000 años atrás y el siglo XVIII-XIX.	Las ciudades. El hombre se agrupa en sitios estables y forma las primeras ciudades, adquieren importancia la agricultura, la ganadería y la deforestación para ampliar superficies de cultivo.
Período industrial	Siglo XVIII-XIX al presente.	La tecnología. Caracterizado por la mecanización, por la invención del motor y la explotación del petróleo, los excedentes en la producción de alimentos, más tiempo libre, un mayor consumo. Consecuencia. Explosión demográfica y producción de desechos de todo tipo. Problemas de contaminación de suelo, agua y aire.

Fuente: datos con agregados de Montenegro (1995, p. 3).

Los primeros registros escritos de problemas ambientales se deben a griegos y romanos. Platón (428-347 a. C.) describe la situación de Grecia con la destrucción de bosques, la erosión y la desaparición de manantiales (Montenegro, 1995); Séneca (4-65 d. C.) habla de las humeantes chimeneas de Roma, de sus «pestilentes venenos» y del placer que sentía al alejarse de la ciudad.

De la observación en las relaciones entre organismos surgen a veces posibles soluciones a los problemas. Deléage (1993) cita una aplicación directa del conocimiento empírico: en el año 304 se había extendido el uso de la hormiga *Oecophylla smaragdina* (hormiga verde tejedora, especie arbórea de Asia tropical y Australia) en China para eliminar insectos perjudiciales del limonero, lo que determinó un nuevo comercio, el de la cría y venta de las pequeñas hormigas. Se aplicaba así un control biológico de plagas en cultivos.

En la historia mucho más reciente de los problemas ambientales, ya en nuestro país, citamos algunos casos:

- La destrucción española del complejo sistema incaico de cultivo y riego en el NOA, con el objeto de dominación y por la posterior introducción de técnicas europeas;
- La casi ya olvidada explosión del polvorín de Río Tercero (noviembre de 1995);
- La mortandad de peces en el río Paraná después del cierre de la represa de Yacyretá (agosto de 1994);
- La muerte de unos 17.000 pingüinos en Chubut por derrame de petróleo (1991);
- El derrame de petróleo en la alta cuenca del río Iguazú (2000);
- Los grandes incendios descontrolados de bosques patagónicos (enero-febrero de 1996). Los incendios en época de sequía, como los que afectaron el valle de Punilla (Córdoba), el Parque Provincial San Cayetano (Corrientes), las quemas catastróficas

en Corrientes (2021 y 2022), la quema de pastizales en islas del río Paraná (2022), entre otros;

- La pesca indiscriminada, aprovechando la bajante excepcional del río Paraná (2020-2022);
- La deforestación en el NEA y NOA, que reduce continuamente, año tras año, la superficie de nuestros bosques;
- La destrucción de extensas superficies de pajonales seminaturales y su conversión en forestaciones con especies exóticas (*Pinus*, *Eucalyptus*).



Figura 2. Pajonales quemados al borde de un estero. Riachuelo, cerca de Ruta Nacional N° 12, septiembre de 2008 (fotografía por José Luis Fontana).

En los últimos años, con respecto a los problemas ambientales, a lograr un desarrollo sostenible y una calidad de vida, se caracterizaron cuatro aspectos básicos:

- Leyes: la promulgación de leyes que reglamentan las actividades industriales para minimizar la contaminación;
- EIA: la obligatoriedad de realizar Estudios de Impacto Ambiental sobre los proyectos de obras;
- Restauración: la restauración de paisajes y solución de problemas resultantes de la actividad humana;
- ODS: los objetivos de desarrollo sustentable de la Agenda 2030.

Eventos internacionales frente a problemas ambientales

A continuación, se detallan algunas conferencias, comisiones y cumbres destinadas a tratar los problemas ambientales.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. En junio de 1972 tuvo lugar en Estocolmo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Esta reunión internacional puso al ambiente (o «medio ambiente») en el centro de las discusiones. Allí se fijaron metas relacionadas con la protección de animales (moratoria de diez años a la caza comercial de ballenas), uso razonable de las fuentes de energía, evitar derrames de petróleo, etc. Fue la primera reunión internacional sobre el ambiente.

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Posteriormente, en 1983, la Asamblea General de las Naciones Unidas convocó a elaborar «un programa global para el cambio», creándose la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, cuya presidencia recayó en la primera ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland. De la actividad de esa comisión se publicó el informe *Nuestro futuro común* (1987), también conocido como *Informe Brundtland*. En él se analizan la postura del desarrollo económico y el de sostenibilidad ambiental.

Cumbre de la Tierra. Un resultado fue la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992), una reunión internacional de jefes de Estado de todos los países del mundo, para conseguir acuerdos sobre el ambiente, el cambio climático, la biodiversidad y el desarrollo sostenible. Surgen allí la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención Marco sobre el Cambio Climático y los Principios Relativos a los Bosques. Tuvo la importancia de ser la primera reunión donde se sentaron las bases internacionales para la protección del ambiente y de los recursos. Posteriormente, se realizaron la de Johannesburgo en 2002 y nuevamente en Río de Janeiro en 2012.

La Agenda 2030 de la ONU y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Entre el 25 y el 27 de septiembre de 2015, jefes de Estado, de gobierno y representantes, reunidos en la sede de las Naciones Unidas, aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El documento surgido de esas deliberaciones, denominado *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, contiene 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que apuntan a un desarrollo sostenible y logran el equilibrio entre las tres dimensiones del desarrollo: económica, social y ambiental. «La Agenda para el Desarrollo Sostenible es un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad que, a su vez, promueve la paz universal dentro de un concepto más amplio de libertad» (PNUD Argentina, Dossier ODS, s/d). Además del eje central de poner fin a la pobreza en el mundo, la agenda incluye erradicar el hambre y lograr la seguridad alimentaria, un acceso a una vida sana y a una educación de calidad, lograr la igualdad de género, asegurar el acceso al agua y la energía, promover el crecimiento económico sostenido y una infraestructura acorde a las necesidades, la adopción de medidas contra el cambio climático, promover la paz y facilitar el acceso a la justicia.

Nos preguntamos cada vez más si lo que la gente aprende es realmente relevante para sus vidas, si lo que aprenden ayuda a asegurar la supervivencia de nuestro planeta. La educación

para el desarrollo sostenible puede brindar los conocimientos, la conciencia y las acciones que empoderan a las personas para transformarse a sí mismas y transformar las sociedades. (Stefania Giannini, subdirectora general de Educación de la Unesco, 2020)

La Educación para el Desarrollo Sostenible integra la Agenda 2030, expresada en el ODS 4, transformándose así en un facilitador clave para el logro de todos los demás ODS. Esta agenda se logró gracias al trabajo de dos años en el que intervinieron gobiernos, especialistas y la ciudadanía. Los Estados que adopten esta agenda se comprometen a lograr los ODS hasta 2030.

La figura siguiente resume estos objetivos de desarrollo sustentable de la Agenda 2030 de la ONU a los que adhirió nuestro país.



Figura 3. Educación para el desarrollo sostenible y ODS (repositorio Unesco de acceso abierto, s/d).

RAMAS DE LA ECOLOGÍA

Describimos algunas de las principales ramas de la ecología, con sus objetos de estudio.

La ecología comprende dos grandes ramas:

- la *autecología* o ecología de las especies, de los individuos y sus relaciones con el medio, estudia, entre otros aspectos, la distribución geográfica y la dinámica poblacional;
- la *sinecología* o ecología de las comunidades.

Pero también podemos referirnos a otra clasificación que divide a la ecología en una ecología básica y una aplicada. Según las investigaciones que realiza, una se refiere a la generación de conocimientos esenciales, sin aplicación directa, por lo menos en el momento, y otra trabaja sobre aspectos de la ecología que tienen una utilización con fines prácticos (estudios de impacto, problemas de contaminación, regulación de poblaciones de especies invasoras, plagas, restauración de ambientes, devolución de servicios ecosistémicos, etc.).

Seguidamente, describimos otras ramas de la ecología, con sus respectivos objetos de estudio.

Ecología vegetal. Estudia las plantas en su relación con el medio, y sus respuestas a la influencia de los factores del ambiente. Probablemente fue la rama que tuvo más impulso desde el comienzo mismo de la ecología como ciencia. Desde el principio, los botánicos dejaron su marca, ya que la mayoría de los trabajos tenían que ver con plantas. En 1913 se crea en Londres la primera sociedad científica de ecólogos con el nombre de *British Ecological Society*, en una reunión en la que participaron unos 50 naturalistas británicos, la mayoría de ellos botánicos. Esta sociedad científica publicó el primer boletín dedicado a la ecología: *Journal of Ecology*.

Ecología animal. A pesar del dominio inicial de los botánicos, la ecología animal tuvo una participación creciente muy activa. Comenzó cuando se despertó el interés por los insectos plaga de los cultivos, en el ánimo de conocer las redes tróficas. C. Elton se considera como fundador de la ecología animal al publicar *Animal Ecology* en 1927. Comunidad y sucesión son conceptos botánicos que más tarde fueron adoptados por los ecólogos animales. Muchos de estos conceptos, inicialmente desarrollados por la ecología vegetal, fueron resistidos por ecólogos que se dedicaban al estudio de animales.

Ecología de paisajes. El estudio del paisaje pertenece a dos disciplinas: la geografía, que es predominantemente descriptiva (formas, colores), y la geobotánica, donde además de la descripción cualitativa (composición florística), incluye la descripción cuantitativa. Las interrelaciones del paisaje antes definido y el hombre con sus influencias (uso del suelo, explotación de los recursos) llevaron a C. Troll, eminente geógrafo alemán, a introducir el término «ecología del paisaje» en 1939, cuando estudiaba los problemas resultantes del uso del suelo en África Oriental. Actualmente, la ecología de paisajes es una rama de

la ecología que evolucionó en Europa Central de la mano de geógrafos, planificadores, ecólogos, en el «intento de vincular sistemas naturales, humanos, agrícolas y urbanos» (Naveh y Lieberman, 2002). Tiene tanta importancia que es habitual su enseñanza en las universidades como asignatura, y es en el campo de la protección de la naturaleza y en la planificación territorial, donde encontró su mayor éxito.

Ecología humana. La ecología humana estudia las relaciones de uno de los organismos, el hombre, en sus relaciones con el ambiente. Analiza una población en relación con determinadas condiciones ambientales, sus respuestas, sus adaptaciones, las influencias antrópicas sobre el entorno. La ecología humana tiene algo de especial: el hombre es el único organismo viviente que puede desarrollar actividades en forma más o menos independiente del medio y puede «controlar» su entorno. Los primeros estudios de ecología humana se realizaron en el siglo XIX: en 1864, G. P. Marsh, en *El hombre y la naturaleza*, analizó la decadencia de las viejas civilizaciones y pronosticó un destino parecido para la «civilización humana moderna», a no ser que la relación hombre-naturaleza cambiase. Un tema excluyente en ecología humana es la sobrepoblación, la capacidad de carga del gran ecosistema Tierra y todos los problemas ambientales y de supervivencia de la especie misma, que aquello trae aparejado.

Ecología urbana. El desarrollo de grandes urbes produjo una serie de inconvenientes ambientales a partir de las relaciones entre sus habitantes y el medio. La concentración elevada de personas, una relación baja entre espacios verdes y superficie ocupada por edificaciones, fue parte responsable de una regular a mala calidad de vida. Allí aparece la ecología urbana como una rama de la ecología que trata las relaciones entre los habitantes, entre ellos y su entorno. Planificar una ciudad más sustentable es uno de los objetivos de esta rama.

Ecología de la restauración. La restauración es un proceso de auxilio a la recuperación de un ecosistema que fuera degradado o destruido. La restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica. Por lo tanto, las condiciones históricas son el punto de partida ideal para diseñar la restauración. La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Con frecuencia, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre. En algunos casos, estos impactos en los ecosistemas fueron causados o empeorados por causas naturales, tales como incendios, inundaciones, tormentas o erupciones volcánicas, hasta tal grado que el ecosistema no se puede restablecer por su cuenta al estado anterior a la alteración o a su trayectoria histórica de desarrollo (*Society for Ecological Restoration [SER]*, 2004).

NIVELES DE ORGANIZACIÓN EN ECOLOGÍA

En los comienzos del siglo XX, la ecología pasó de una *autoecología* o ecología de especies a ser una ecología de poblaciones, y en 1920 y 1930 comienza el estudio de las comunidades, dándose así impulso a la *sinecología* o ecología de comunidades.

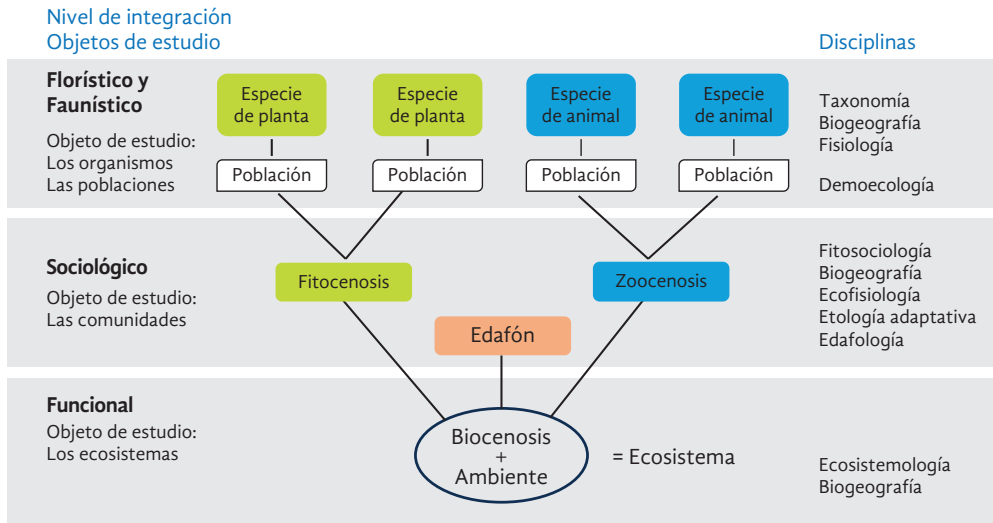


Figura 4. Niveles de organización y de estudio en ecología (Fontana, 2016, p. 18).

El nivel básico de estudio en ecología es la especie, ya sea de planta o animal. No se estudia un único ejemplar, sino un conjunto de ellos, es decir, una población, lo que permitirá evitar respuestas particulares a las condiciones. Pero la especie no está sola en el medio, sino que se relaciona con otras especies formando una comunidad, el siguiente eslabón de organización y estudio en ecología.

Comunidad de plantas o fitocenosis, comunidad de animales o zoocenosis y la comunidad de organismos descomponedores que viven en el suelo constituyen la biocenosis o comunidad de vida o comunidad biológica. Esta asociación de organismos en un tiempo y en un lugar específico se relacionan influenciados por un ambiente, es decir, por un conjunto de factores físicos o abióticos y factores bióticos, dando origen a una estructura funcional que llamamos ecosistema, el nivel de organización más complejo.

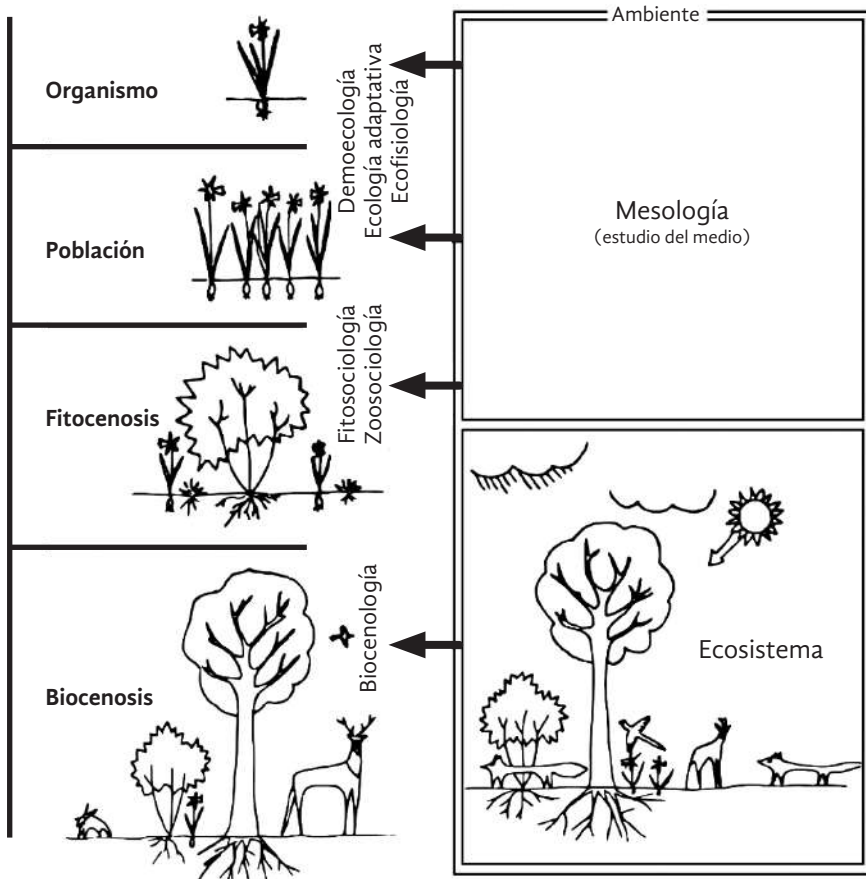


Figura 5. Niveles de estudio en ecología (adaptado de De Sloover, 1990, p. 2).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTÓTELES (343 a. C.). *Historia de animales*. s.e.
- AUKEN, M. (2009). *Informe sobre el impacto de la urbanización extensiva en España en los derechos individuales de los ciudadanos europeos, el medio ambiente y la aplicación del Derecho comunitario, con fundamento en determinadas peticiones recibidas*. Parlamento Europeo. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-6-2009-0082_ES.html
- «¿Cuál es la diferencia entre ambientalista y ecologista?» (20 de octubre de 2017). *Kienyke.com*. Sección Ambiente. <https://www.kienyke.com/medio-ambiente/cual-es-la-diferencia-entre-ambientalista-y-ecologista>
- DELÉAGE, J. P. (1993). *Historia de la ecología. Una ciencia del hombre y la naturaleza*. Icaria.
- DE SAUSSURE, H. B. (1773). *Viaje por los Alpes*. Fauche.
- DE SLOOVER, J. (1990). *Ecología vegetal*. Syllabus UCL.
- DYBALL, R. y CARLSSON, L. (2017). Ellen Swallow Richards: Mother of Human Ecology? *Human Ecology Review*, 23(2), 17-28.
- ELTON, C. (1927). *Animal Ecology*. McMillan.
- FEDERICI AJROLDI, C. (s.f.). *Los Alpes*, Albrecht von Haller. *Crítica de Libros*.
- FONTANA, J. L. (2016). *Principios de ecología* (1ª reimp.). Brujas.
- GONZÁLEZ OREJA, J. A. (2005). *Reflexiones sobre el uso del lenguaje en ecología, medio ambiente y biología de la conservación*. *Elementos*, 57, 3-11.
- GIRAUD-SOULAVIE, J. L. (1783). *Histoire naturelle de la France méridionale*, J. F. Quillau, Mérigot l'ainé, Belin.
- GUERRA, Á. y PASCUAL, S. (2008). *La descomposición de la ecología*. Netbiblo. Editorial científico-técnica.
- MARSH, G. P. (1864). *Hombre y naturaleza o Geografía física modificada por la acción humana*. Sampson Low, Son y Marston.
- MÖBIUS, K. A. (1877). *La ostra y la economía de la ostra*. s.e.
- MONTENEGRO, R. A. (1995). *Introducción a la Ecología y a la Gestión Ambiental*. Publicaciones de la Maestría en Gestión Ambiental y Ecología. FAU-UNNE.
- NAVEH, Z. y LIBERMAN, A. (2002). *Ecología de paisajes*. Facultad de Agronomía-UBA.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS [ONU] (1987). *Nuestro futuro común. Informe Brundtland. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. ONU.
- _____ (2015). *La agenda para el desarrollo sostenible*. ONU.

- _____ (2020). *Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). Hoja de ruta (extractos)*. ONU.
- PARTIDO VERDE ARGENTINA (s.f.). *Inicio* [Página de Facebook]. Facebook.
- PEÑUELAS, J. (1993). *Introducción a la Ecología. De la biosfera a la antropósfera*. Biblioteca Científica Salvat N° 13.
- PÉREZ VERDI, R. (2011). *Ambientalismo y desarrollo sustentable: tramas del sistema capitalista*. *Liminar*, 9(2).
- PITTON DE TOURNEFORT, J. (1694). *Elements de botanique ou Méthode pour reconaitre les plantes*. s.e.
- SANDERSON, J. B. (1893). On the origin of biology and its relation to the other branches of natural science. *British Medical Journal*, 2 (1707), 613-617.
- SER [Society for Ecological Restoration International] (2004). *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. Society for Ecological Restoration International.
- TANSLEY, A. (1935). *Uso y abuso de conceptos y términos en la ciencia de la vegetación*. s.e.
- TEOFRASTO (1988). *Historia de plantas*. Gredos.
- TROLL, C. (1939). Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Zu Berlin*, (74), 241-298.
- VON GESNER, C. (1551 y 1587). *Diccionario de animales*. s.e.
- VON HALLER, A. (1729). *Poema de los Alpes*. s.e.
- VON HUMBOLT, A. (1807). *Ideas para una geografía de las plantas*. s.e.
- VON HUMBOLDT, A. y Bonpland, A. (1807). *Geografía de las plantas en los países tropicales, un estudio de Los Andes*. Langlois.
- VON LINNÉ, C. (s.f.). *El equilibrio de la naturaleza*. s.e.
- _____ (1749). *Oeconomia naturae*. s.e.
- _____ (1760). *Politica naturae*. s.e.



Figuras y fotografías

- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (s.f.). *Educación para el desarrollo sostenible/EDS para 2030* [Gráfico]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374896>

Capítulo 2. Comunidad biológica y ecosistema

El capítulo describe las nociones elementales sobre biocenosis, comunidad biológica y sistema ecológico o ecosistema, así como analiza los componentes de las mallas o redes y de las pirámides tróficas.

El término biocenosis fue propuesto por K. Moebius (1877) para una «comunidad de vida».

La Comunidad de vida o Comunidad biológica es un conjunto de organismos vivos de especies distintas que comparten un ambiente y tienen una cierta unidad distintiva. Desde la selva tropical, el bosque de coníferas, una turbera, un pastizal, etc., hasta comunidades de microorganismos en fuentes termales. (Ondarza, 1997)

Una comunidad biológica comprende plantas, animales, hongos y microorganismos interrelacionados. Por lo general, unas pocas especies son dominantes y confieren a la comunidad su aspecto característico: en una comunidad de bosque predominan árboles y arbustos; en una comunidad de pastizal predominan los pastos

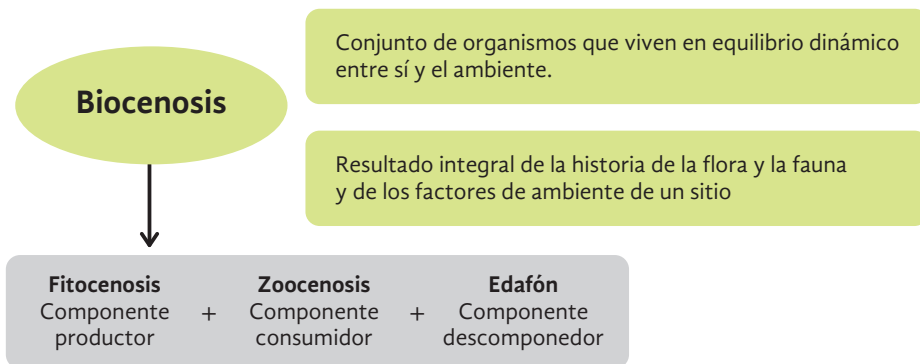


Figura 1. Concepto y componentes de la biocenosis.

Plantas, animales y microbios de un determinado sitio (pradera, charco, una roca al borde del mar) están vinculados entre sí por sus relaciones de alimentación y otras interacciones, que forman un todo complejo (Ricklefs, 1998). Las interrelaciones que tienen lugar dentro de la comunidad gobiernan el flujo de la energía y el reciclado de los elementos. También influyen sobre la dinámica de las poblaciones y determinan el predominio de algunas de las especies.

Así, la comunidad incluye poblaciones de distintas especies y queda definida espacialmente (ocupa un sitio). Estructura y función en una comunidad se mezclan en un conjunto complejo de interacciones que unen de forma directa o indirecta a todos los integrantes en una red trófica.

Inicialmente, el término «comunidad» se aplicó a las plantas, en el sentido de un tipo de vegetación caracterizado por su composición florística. A. Grubb (1987, cito en Fontana 2016, p. 93) define la comunidad como el conjunto de poblaciones encontrado en un hábitat determinado en un área determinada y con distintos grados de integración por competencia, complementariedad y dependencia.

Es común que una comunidad, al menos las terrestres, se caracterice por la vegetación. Excepciones como las comunidades de corales («bancos de coral»), que están dominadas y caracterizadas por animales.

El carácter de comunidad que se manifiesta en las interrelaciones entre los organismos constituye un fenómeno social; de la acción conjunta de los organismos resulta el proceso social... En frente a los seres aislados, la comunidad presenta una existencia totalmente particular y con condiciones vitales características. (Braun-Blanquet, 1979, p. 2)

En la biocenosis o conjunto de organismos que viven en equilibrio dinámico entre sí y el ambiente no hay casualidad; como comunidad tiene su composición florística, es decir, de plantas, y su composición faunística determinada, relacionada con determinadas condiciones ambientales. Los organismos a lo largo del tiempo compararon posibilidades y condiciones; aquellos que están en condiciones de convivir bajo un determinado conjunto de factores formarán parte de la comunidad. La biocenosis depende del microclima que ella misma contribuye a formar; indirectamente depende del clima regional que condiciona el microclima (clima regional modificado por la biocenosis y el relieve; el clima regional llega hasta las copas más altas; el microclima, dentro del bosque).

El hombre depende del clima y de la biocenosis, actúa directamente sobre la fitocenosis (tala, fuego), sobre la zoocenosis (caza, captura) o indirectamente (a través del ganado). Sobre el microclima, el hombre actúa mediante la contaminación del aire, modifica la humedad atmosférica mediante la construcción de embalses y destruye bosques, por ejemplo.

Una de las medidas más sencillas de una comunidad es el número de especies que la integran, lo que se denomina *riqueza o diversidad específica* (= medida de la estructura de la comunidad; número de especies de la comunidad).

En una comunidad hay especies abundantes y otras más raras, y a esto se denomina *abundancia relativa*. Existen especies dominantes que dan el aspecto particular a la comunidad.

Pero las especies a veces con menor presencia pueden ser importantes para la caracterización de la comunidad. Pequeñas diferencias en el hábitat pueden determinar la presencia de especies que, aunque raras, ponen en evidencia esas pequeñas diferencias.

COMUNIDAD O BIOCENOSIS ACTUAL VS. COMUNIDAD O BIOCENOSIS ORIGINAL

La biocenosis original por oposición a la actual es aquella donde la influencia del hombre sobre sus elementos fue nula. En el sentido estricto del término, no existe un lugar en la Tierra donde el hombre no haya influenciado directa o indirectamente su entorno. Pueden considerarse como aproximadamente originales las biocenosis protegidas en ciertos parques o reservas, que conservan muestras de ecosistemas con influencia antrópica mínima en el pasado. En general, lo que hoy observamos son ejemplos de los resultados de influencias intensivas o extensivas del hombre sobre animales, plantas y paisajes.

En síntesis:

Suma de individuos de la misma especie: *población*
Suma de individuos de distintas especies: *comunidad*
Suma de funciones + interrelaciones: *ecosistema*
(la estructura funcional de la biocenosis)

LOS ECOSISTEMAS COMO SISTEMAS

El *ecosistema* es un sistema de interacción que comprende seres vivos y su ambiente abiótico.

El término fue creado por R. Woltereck en 1928, pero permaneció casi desconocido hasta que Tansley lo retoma en 1935, en su publicación *Uso y abuso de conceptos y términos en la ciencia de la vegetación*, con el nombre de *ecosystem*. El término tuvo inmediata aceptación, especialmente por los ingleses, quienes también fueron los primeros en abusar de él, usándolo como sinónimo de comunidad vegetal o de biocenosis.

J. Schmithusen en 1976 lo definió como una «estructura funcional en el espacio, capaz de autorregulación que consiste de componentes bióticos y abióticos».

La materia no se destruye ni se crea. Los elementos se combinan indefinidamente; son reutilizados continuamente por nuevos organismos. Se establecen así ciclos de elementos (del agua, del nitrógeno, del carbono). Cuando la energía acumulada por la planta (enlaces químicos) pasa a un animal, hay una pérdida en forma de calor (energía liberada). Existe una suerte de transferencia de energía; la flecha (Figura 2), que parte del recuadro *Flujo de energía, ciclos de elementos* volviendo al *Ecosistema*, indica estos ciclos. Cuando se extrae madera, leña o se cazan animales, el ciclo se interrumpe; hay exportación de energía, de elementos fuera del ecosistema y el equilibrio se rompe.

Tabla 1. Componentes del ecosistema y sus funciones

COMPONENTES	FUNCIÓN
Plantas (autótrofos)	Capturan energía solar mediante la fotosíntesis. Transfieren energía y materiales.
Animales (heterótrofos)	Fuerte influencia en la cantidad y actividad de plantas y microorganismos.
Descomponedores (heterótrofos)	Transforman la materia orgánica, liberando CO ₂ a la atmósfera.
Bióticos	Todos los procesos bioquímicos la necesitan.
Agua	Esencial para la vida.
Atmósfera	Fuente de oxígeno, carbono y nitrógeno.
Abióticos	Aporte de nutrientes minerales.

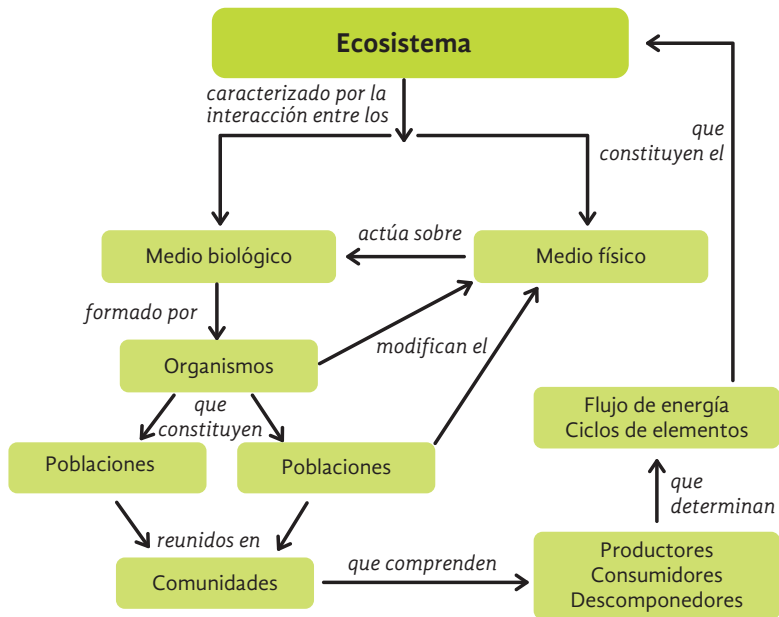


Figura 2. Esquema del ecosistema.

TIPOS DE ECOSISTEMAS

Los ecosistemas se pueden estudiar en términos de energía entrante y energía saliente. En los ecosistemas naturales, la energía que entra proviene del Sol (energía lumínica, energía en forma de calor); esta energía es captada por las plantas verdes (productores) que la conservan en forma de azúcares que ellos sintetizan y que constituyen la fuente de

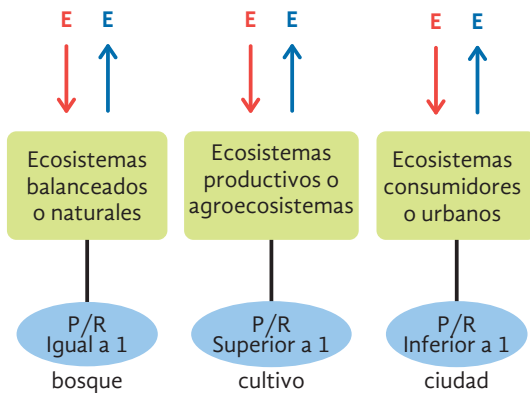


Figura 3. Tipos de ecosistemas según balance energético. P es energía captada del Sol, y R , la energía perdida en forma de calor; el grosor de la flecha indica la dirección predominante de la energía.

reserva energética. Por eso, las plantas están en la base del ecosistema y de ellas dependen los organismos consumidores y los descomponedores, formándose así una red alimentaria de complejidad variable. Según el balance de la energía que entra y la energía que sale del ecosistema, se consideran a los ecosistemas divididos en balanceados, productivos y consumidores.

Ecosistemas balanceados (naturales). Son aquellos en los que nunca intervino el hombre; todos los elementos son reutilizados. La energía es captada por las plantas; de ellas pasa a los herbívoros y de estos a los carnívoros; al morir, los descomponedores liberan las sustancias minerales que pueden ser tomadas nuevamente por las plantas. Está en equilibrio con el ambiente, es estable en el tiempo y reacciona con elasticidad a catástrofes naturales, volviendo a su estado original en un tiempo «razonable». En términos energéticos, lo que entra al ecosistema es idéntico a lo que sale. Ejemplo: el bosque chaqueño en su versión menos explotada puede ser considerado un ecosistema balanceado; la selva del Parque Nacional Iguazú, a pesar de su explotación antes de ser puesta bajo protección total, también puede ser considerada como un ecosistema balanceado.

Ecosistemas productivos. Los agroecosistemas son el resultado de la destrucción de los ecosistemas balanceados y su reemplazo por cultivos. Son ecosistemas simplificados, con una especie o unas pocas. En términos energéticos, lo que sale del ecosistema es mayor a lo que entra. La mayor parte de la energía captada y asimilada se exporta (semillas, madera o a través del pastoreo). No hay un equilibrio, por ello deben reponerse los elementos mediante fertilizantes. Ejemplo: un cultivo de maíz, de algodón, de girasol, de soja; una plantación de pinos, de eucalipto, son ecosistemas productivos.

Ecosistemas urbanos o consumidores. El ecosistema netamente consumidor es aquel en el que entra energía química y sale energía transformada en productos industriales y desechos. A él ingresa energía proveniente de los agroecosistemas (granos, fibras, ganado) y de los ecosistemas balanceados en forma de energía química (leña, madera, carbón, minerales, etc.), y se pierde mucha energía en forma de calor (el R de la fórmula). Ejemplo: las ciudades y pueblos. Estos ecosistemas urbanos que aparecieron hace unos 8.000 años, evolucionaron hasta las actuales grandes ciudades con millones de habitantes y numerosos y complejos problemas ambientales.

RELACIONES ENTRE LOS ORGANISMOS DE UNA COMUNIDAD BIOLÓGICA

En toda comunidad ocurre un flujo de energía que llega originalmente del Sol. Esa energía se incorpora a la biocenosis a través de la fotosíntesis con la formación de hidratos de carbono. De las plantas pasa a los animales, primero a los fitófagos, luego a los depredadores. En cada pasaje de energía de uno a otro organismo se producen pérdidas en forma de calor, hasta que toda la energía acumulada por el productor vuelve a la atmósfera en forma de calor, dejando como productos de desecho CO_2 y H_2O .

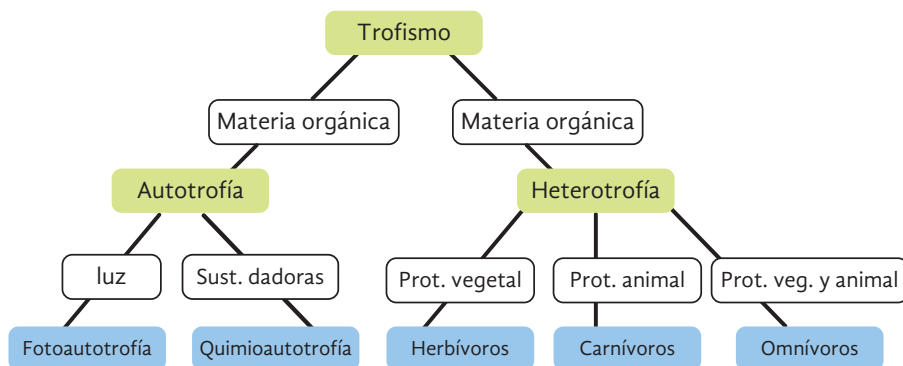


Figura 4. Mapa conceptual del trofismo según la base de alimentación.

La biocenosis está formada por la fitocenosis, la zoocenosis y el edafón, organismos productores y consumidores con distintas formas de alimentación que determinan relaciones tróficas entre ellos y que dan lugar a las denominadas redes alimenticias.

Las especies integrantes de una comunidad se reúnen en grupos funcionales según tipos de alimentación, desde los productores (plantas verdes) hasta los consumidores de distintos grados (herbívoros, predadores).

Para estudiar mejor las comunidades, los ecólogos dividen a los integrantes de la comunidad en niveles tróficos y dentro de ellos los agrupan en gremios, de acuerdo con el método

de alimentación (por ejemplo, entre los herbívoros están aquellos que se alimentan de néctar, de savia, de raíces, de corteza, etc.).

Las relaciones entre las especies llegan a ser tan intrincadas que forman una red que sigue niveles tróficos.

ESTRUCTURA TRÓFICA DE LAS COMUNIDADES

A fin de entender cómo se estructura una red o malla trófica, analizaremos las relaciones tróficas, es decir, las formas de alimentación. De acuerdo con los tipos de alimentación, los organismos pueden agruparse en *autótrofos* y *heterótrofos*. La siguiente tabla muestra en forma sintética los principales tipos.

Pirámide ecológica

Organismos autótrofos y heterótrofos se pueden representar en una *pirámide ecológica*. La pirámide ecológica muestra las proporciones entre productores y consumidores; la base (productores) generalmente es enorme en comparación con los consumidores (fitófagos), ya que deben producir suficiente materia orgánica para sustentar los escalones superiores. Y no toda la materia puede ser asimilada.

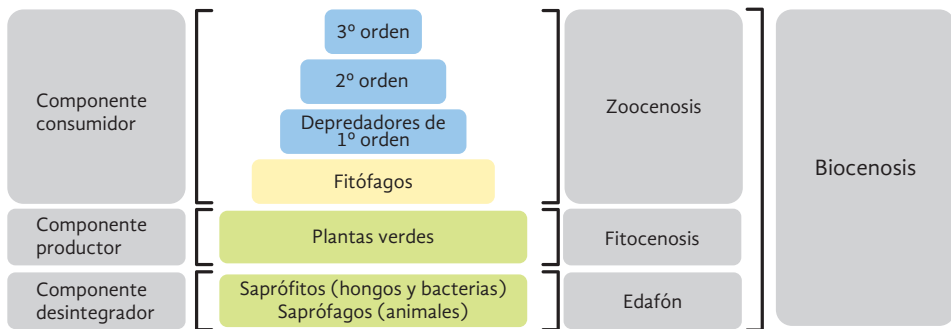


Figura 5. Componentes de la biocenosis y ubicación de los mismos según niveles tróficos (Fontana, 2016, p. 113).

Un concepto muy importante es el de *biomasa*. Un principio general es que, mientras más alejado esté un nivel trófico de su fuente (el productor), menos biomasa contendrá (biomasa = peso combinado de todos los organismos en el nivel trófico). Esta reducción en la biomasa se debe a varias razones:

- no todos los organismos en los niveles inferiores son comidos;
- no todo lo que es comido es digerido;
- siempre se pierde energía en forma de calor.

Tabla 2. Principales tipos de alimentación de los organismos

AUTÓTROFOS

Sintetizan sustancias orgánicas a partir de compuestos inorgánicos. Según la fuente de energía que utilizan, pueden ser:

Fotoautótrofos. Obtienen la energía de la luz solar. Se basan en la fijación del CO₂ por enzimas de los cloroplastos y la absorción de NO³ y PO⁴ disueltos en agua del suelo. Utilizan energía proveniente de la luz para separar el O del H del agua; el O difunde a través de los estomas hacia el exterior en su mayor parte, y el H se usa para reducir el CO₂ y formar carbohidratos.

Quimioautótrofos. Obtienen la energía por oxidación de compuestos inorgánicos dadores de electrones. Las bacterias metanógenas que convierten en metano el CO₂ y el H₂ formado por procesos de fermentación por otros organismos (dentro de animales y en sitios anaeróbicos).

Pertencen a este grupo:
- Las plantas, algas verdes, rojas y pardas;
- Protistas como Euglenas;
- Procariotas: las cyanobacterias y parte de las bacterias.

Los quimioautótrofos están limitados a un reino, el procariota. Bacterias que oxidan el hierro de Fe²⁺ a Fe³⁺. Bacterias que transforman el amonio en nitrito (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*) y luego en nitrato (*Nitrobacter*, *Nitrococcus*).

HETERÓTROFOS

Requieren compuestos orgánicos como fuente de energía.

Según el tipo de compuestos orgánicos de los que se alimentan se agrupan en:

Saprófitos. Plantas sin clorofila que utilizan materia orgánica muerta para vivir. Saprófagos.

Holotrofos. Heterótrofos con sistemas o estructuras digestivas. Comprenden:

Biófagos. Aquellos que se alimentan de seres vivos que comprenden:

La orquídea terrestre blanca *Wulschlaegelia aphylla*, de la selva misionera.

Burmannia capitata (Iberá), planta micotrófica que a través del hongo se comunica con otras plantas vasculares.

Herbívoros. Consumen hidratos de carbono (almidón y azúcares), sustancias muy distintas a las que constituyen su organismo, guardadas en estructuras rodeadas de celulosa, sustancia no digerible. Los herbívoros deben masticar para romper la pared celular, para liberar las sustancias nutritivas; y se ayudan de la flora bacteriana que vive en simbiosis en el aparato digestivo.

Carnívoros. Se alimentan de proteínas similares a las propias; el proceso de la digestión es relativamente sencillo: transformar una sustancia a otra muy similar.

Omnívoros. Se alimentan de proteínas animales y vegetales.

Necrófagos. Aquellos que se alimentan de organismos muertos o partes muertas de ellos.

Descomponedores. Son organismos que viven en el suelo, y desintegran y descomponen la materia orgánica muerta para formar el humus. Ponen a disposición de las plantas nuevamente las sales minerales. Bacterias, hongos, lombrices, etc.

FORMAS MIXTAS

Los que se asocian para alimentarse.

Comensalismo. Convivencia de dos organismos de especies distintas sin perjudicarse.

Las rémoras (*Echeneis*, pez con varias especies en el Atlántico Sur) que se fijan a grandes peces, en especial a tiburones, establecen dos tipos de relaciones: la rémora se alimenta de los restos de alimentos que deja o se le escapa al tiburón huésped (*comensalismo*), pero también se alimenta de ectoparásitos del tiburón (*simbiosis*). El tiburón hace de forético = changador, animal que sirve de transporte a otra especie.

Parasitismo. En esta relación sólo uno de los integrantes se beneficia y el otro se perjudica.

Hemiparásitos. El parásito hace fotosíntesis y extrae sólo agua del huésped, por eso se habla de hemiparásito = «parásito a medias». Ejemplos: las «ligas» (*Phoradendron liga*, *Ph. Hieronymii*), «sombra de toro» (*Jodina rhombifolia*, Santalaceae), árbol siempreverde cuyas raíces penetran a las raíces del huésped.

Holoparásitos. Los «verdaderos parásitos». Sacan del huésped los asimilados. Animales, plantas que no poseen clorofila. Plantas: *Lophophytum leandri* (Balanophoraceae), la «flor de piedra» de Misiones. Hongos inferiores, como royas, mildius, carbones, etc.

Ectoparásitos. Se alimentan de sangre, escamas, epidermis (piojos, pulgas, mosquitos, moscas hematófagas, etc.).

Endoparásitos. Viven dentro del huésped, en la sangre (*Trypanosoma*), tracto digestivo (*Taenia*, *Ascaris*), tejido muscular (*Trichinella spiralis*).

Parasitismo de animales en plantas. Avispas de las agallas, chinches y pulgones.

Hay unas pocas excepciones al esquema de pirámide de biomasa. Una de ellas se encuentra en sistemas acuáticos donde las algas pueden ser superadas, en número y en masa, por los organismos que se alimentan de las algas. Las algas pueden soportar la mayor biomasa del siguiente nivel trófico solamente porque ellas pueden reproducirse tan rápidamente como son comidas. De esta manera, ellas nunca son completamente consumidas.

Es interesante notar que esta excepción a la regla de la pirámide de biomasa también es una excepción parcial a por lo menos dos de las tres razones para la pirámide de biomasa dadas arriba. Aunque no todas las algas son consumidas, sí lo son la mayoría de ellas, y aunque no son totalmente digeribles, las algas son, en términos generales, mucho más nutritivas que las plantas leñosas (la mayoría de los organismos no pueden digerir la madera y extraer energía de ella).

Cadenas y redes o mallas tróficas

El pasaje de energía en forma de alimentos de un organismo a otro determina cadenas alimenticias, es decir, el camino del alimento desde un productor hasta el consumidor final. Las cadenas en la realidad no existen; las intrincadas relaciones tróficas determinan redes de alimentación, también conocidas como mallas tróficas. La basada en el mar es un ejemplo de una red alimenticia muy simplificada para su comprensión.

Desde hace siglos, el hombre caza ballenas. Actualmente, la cantidad de ballenas disminuyó a un tercio, ya que la caza continúa, particularmente de Japón, es con «fines científicos»; Noruega e Islandia prometieron dejar la caza en 2024. Desde 1986, a pesar de la moratoria, se cazaron 40.000 ejemplares de ballena.

Hasta el final de la Primera Guerra Mundial, las ballenas y los rorcuales consumían unos 150 millones de toneladas de krill. La guerra determinó obligadamente un alto en la caza de estos mamíferos.

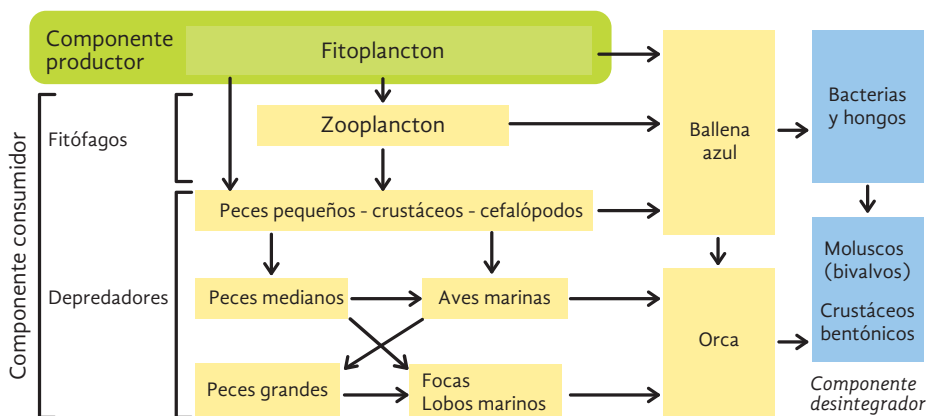


Figura 6. Red alimentaria en el mar. 1) Se alimentan de la lluvia de detritos que descienden hacia el fondo; 2) Depredadores marinos bentónicos (estrellas, caracoles, erizos); 3) Se alimentan de pingüinos y focas, aunque pueden también alimentarse de ballenas.

El consumo de krill se redujo a 50 millones de toneladas al año; como se consume menos krill, crecieron las poblaciones de pingüinos y de focas que también comen krill (unos 70 millones de toneladas). Alguna vez se pensó que podría realizarse la explotación del krill y aprovechar un supuesto excedente del mismo. Pero el krill no sobra, otros animales aumentaron su población, gracias a este alimento disponible, estableciéndose así un nuevo equilibrio.

Las cadenas en la realidad no existen o son muy raras. Una representación más realista de quien come a quien se llama red alimenticia, como se muestra a continuación: una red alimenticia construida en torno a un lepidóptero de importancia económica, *Tortrix viridiana*. La oruga causa estragos en el follaje de varios árboles de importancia económica en Europa Central (robles, hayas y *Carpinus*).

Citaremos el siguiente ejemplo, basado en un experimento hecho por W. Stein (1960), en relación con el intento de control biológico de *Tortrix viridiana*, oruga que provoca una gran pérdida de follaje en los robles europeos. La acción de estas orugas hace que los árboles realicen un gran esfuerzo metabólico en formar nuevas hojas, en lugar de producir madera.

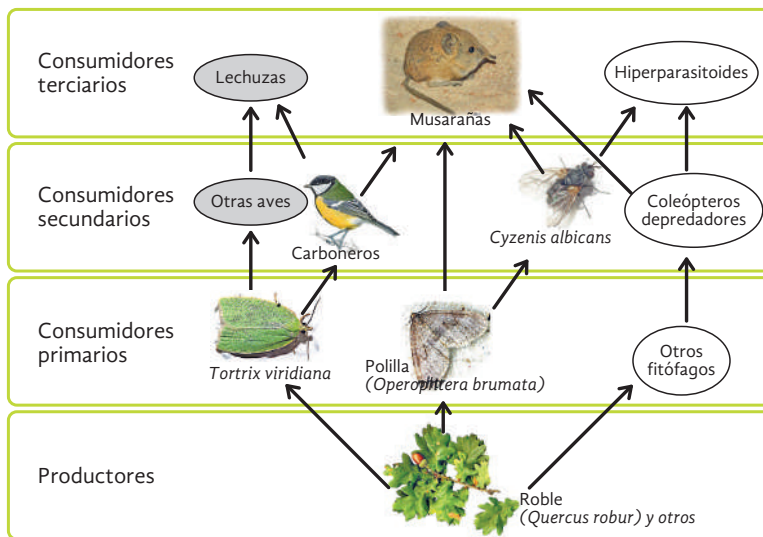


Figura 7. Red trófica en la que participa la *Tortrix viridiana* (modificado de Davies, 1991).

Los entomólogos bajo dirección de Stein tuvieron la idea de combatir la oruga por medio de pájaros. Establecieron dos parcelas de ensayo en un bosque de roble, hayas y *Carpinus*: una parcela A con densidad de pájaros aumentada por colocación de nidos artificiales y una parcela B de testigo. La colocación de nidos determinó un aumento de las aves según la relación 3,8 a 1 en la parcela A, con una reducción de un tercio (35%) de los insectos, según estas proporciones: fitófagos (33%), parásitos (54%), depredadores (28%) y saprófagos (26%).

Como se observa, el mayor descenso corresponde a depredadores y parásitos, un grupo importante de animales que controlan fitófagos y fueron los más afectados en el control biológico ensayado. La intervención del hombre estaba causando un desequilibrio en la biocenosis, pues elimina insectos importantes en el control de fitófagos.

Este ejemplo demuestra la complejidad del ecosistema: la variación de un componente significa la modificación de toda la estructura del ecosistema (Davies, 1991).

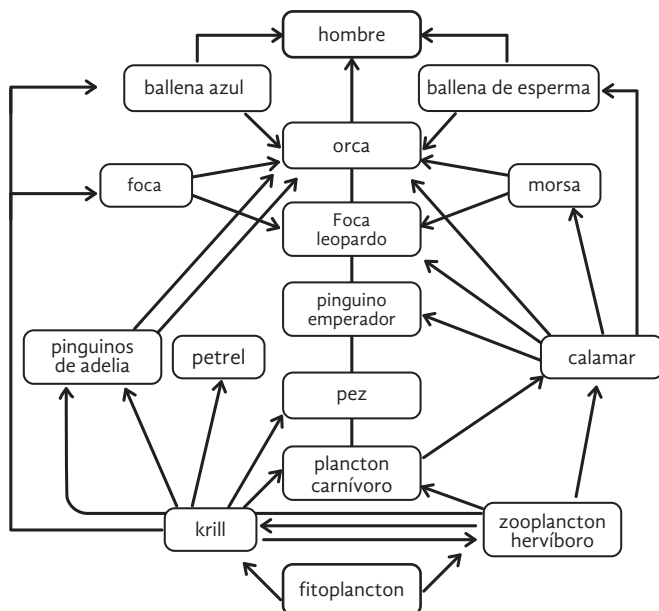


Figura 8. Red alimentaria simplificada en la Antártica. Están excluidos numerosos organismos, entre ellos, los descomponedores (adaptado de Tyller Miller, 1998).

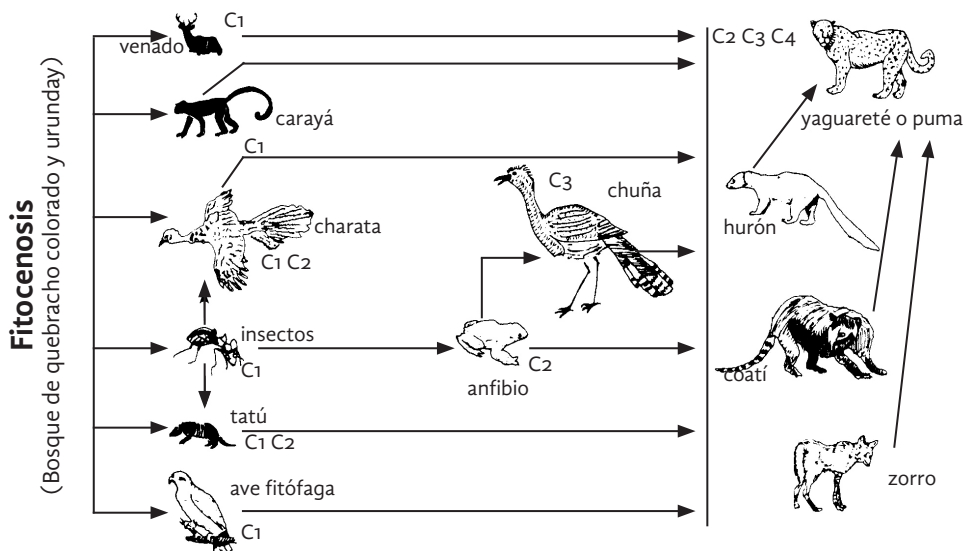


Figura 9. Red trófica simplificada en el bosque de quebracho colorado y urunday (Fontana, 2016, p. 116).

La red, basada en el mar que rodea al continente Antártico, es un ejemplo de una red alimenticia muy simplificada. El desconocimiento de las redes llevó a sugerir explotaciones de supuestos sobrantes en el mar, como ocurrió cuando la explotación excesiva de la ballena disminuyó la población y entonces se pensaba en un excedente explotable de krill.



ACTIVIDADES

De acuerdo con el mapa conceptual del trofismo según la base de alimentación (Figura 4, Cap. 2):

- a. Realizar un mapa conceptual sobre el ecosistema.
- b. Tener en cuenta cómo está constituido un ecosistema y su clasificación según el balance energético.
- c. Para organizar el mapa conceptual, se puede recurrir a las siguientes páginas gratuitas:

Bubbl.us (s.f.). *Ejemplos de mapas mentales*. <https://bubbl.us/>

Wise Mapping (s.f.). *Mapas mentales en línea gratuitos*. <http://www.wisemapping.com/>

Xmind (s.f.). *Ideas grow on trees*. <https://www.xmind.net/>



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAUN-BLANQUET, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume.
- DAVIES, R. G. (1991). *Introducción a la entomología* (trad. de la 7ª ed. inglesa). Mundi-Prensa.
- FONTANA, J. L. (2016). *Principios de ecología* (1ª reimpr.). Brujas.
- FONTANA, J. L. (comp. y ed.) (2022). *Apuntes de Fitogeografía argentina. Una guía de estudio* (1ª ed. comp.). Serie Publicaciones didácticas de la Cátedra de Ecología Vegetal (Vol. 4). FaCENA-UNNE.
- GRUBB, A. (1987). The Emergence and Rise of Medical Law and Ethics. *Modern Law Review*.
- MOEBIUS, K. (1877). *Die Auster und die Austernwirthschaft, 10. Eine Austerbank ist eine Biocönose oder Lebensgemeinde* (pp. 72-87). Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.
- ONDARZA, R. N. (1997). *El impacto del hombre sobre la Tierra*. Trillas.
- PEÑUELAS, J. (1993). *Introducción a la Ecología. De la biosfera a la antropósfera*. Biblioteca Científica Salvat N° 13.
- RICKLEFS, R. E. (1998). *Invitación a la Ecología. La economía de la Naturaleza* (4ª ed.) Médica Panamericana.
- SCHMITHUSEN, J. (1976). *General Geography of Vegetation*. s.e.
- STEIN, W. (1960). Biozonologische Untersuchungen über den Einfluss verstärkter Vogelansiedlung auf die Insektenfauna eines Eichen-Hainbuchen-Waldes. *Teil I. Z. angew. Ent.*, 46, 345-370.
- TANSLEY, A. (1935). *Uso y abuso de conceptos y términos en la ciencia de la vegetación*. s.e.
- TROLL, C. (1939). *Luftbildplan und ökologische Bodenforschung*. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, (74), 241-298.
- TYLLER MILLER, G. (1998). *Ecología y Medio ambiente*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- WOLTERECK, R. (1928). *Grundzüge einer allgemeinen Biologie*. Ferdinand Enke Verlag.

Capítulo 3. Distribución de los organismos sobre el planeta

El capítulo analiza la distribución de los organismos sobre el planeta, su origen y dispersión, así como las regiones biogeográficas.

La biogeografía o «geografía de los seres vivos» es una disciplina que estudia la distribución geográfica de los organismos. Este estudio puede ser de plantas, de animales o de ambos. Así puede dividirse en:

- *Fitogeografía*: la distribución de las plantas;
- *Zoogeografía*: distribución geográfica de animales.

R. Hengeved (1990, cito en Almirón *et al.*, 2022, p. 7) define a la biogeografía como el «estudio y la comprensión de la distribución de los organismos vivos a la luz de factores y procesos presentes y pasados».

Así definida, la biogeografía se ocupa no sólo de la distribución geográfica, sino de las causas de esas distribuciones y entra, por lo tanto, en el análisis histórico. Se deduce que son varias las disciplinas que aportan datos a la biogeografía, entre ellas: botánica, zoología, climatología, edafología, ecología, geografía física, geología, paleontología.

La flora y la fauna de un lugar, de una región, de un país, son el resultado de acontecimientos históricos; las especies ocupan hoy un lugar determinado gracias a que migraciones sucesivas hicieron que llegaran hasta allí y siguen las conexiones intercontinentales durante distintas etapas de los movimientos continentales, durante las glaciaciones que hicieron descender el nivel del mar. El hombre y otros animales también tienen que ver con esas migraciones al transportar animales y plantas.

Se considera a A. von Humboldt como el creador de la biogeografía, cuando en 1807 aparece el libro que publicó en coautoría con A. Bonpland, titulado *Geografía de las plantas en los países tropicales*, un cuadro de la naturaleza de los Andes basado en observaciones y mediciones efectuadas desde los 10° lat. N hasta los 10° lat. S de 1799 a 1803.



LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ORGANISMOS

Los factores se pueden agrupar en factores históricos, factores ecológicos y factores biológicos. Son los responsables, los determinantes de la distribución de los organismos en nuestro planeta.

- *Factores históricos*: son aquellos que resultan de acontecimientos del pasado y que tuvieron influencia sobre las poblaciones de organismos, determinando la actual distribución, por ejemplo, el movimiento de las masas continentales (deriva de los continentes) que separaron organismos en algunos casos y unieron a otros; la sucesión de glaciaciones y períodos de temperaturas más altas que modificaron ecosistemas, aislaron poblaciones durante mucho tiempo.
- *Factores ecológicos*: son los limitantes físicos y químicos del ambiente que influyen en los organismos, en sus límites fisiológicos y adaptativos.
- *Factores biológicos*: comprenden la competencia entre especies, el parasitismo, la depredación y las reacciones de los organismos a estos factores que determinarán la persistencia mediante adaptaciones o su desaparición cuando no logran acomodarse.

CENTRO DE ORIGEN Y DISPERSIÓN

El lugar donde se origina una especie, un género, una familia, se conoce como centro de origen. Una especie deriva de otra; en algunos casos, su origen se debe a recombinaciones genéticas, a hibridación o a mutaciones. De la adaptación a condiciones del medio dependerá la sobrevivencia en el tiempo de la nueva especie. Cuanto más exitosa es la adaptación, mayor será la probabilidad de subsistencia.

La dispersión de los individuos garantizará la colonización de nuevos sitios y la ampliación del área de distribución. Existen varios agentes que los organismos utilizan para dispersarse. Según el tipo de medio, la dispersión recibe distintos nombres:

A. La dispersión en plantas:

- *Anemocoría*, o traslado por el viento,
- *Hidrocoría*, o traslado por el agua,
- *Zoocoría*, cuando son animales los agentes diseminadores,
- *Autocoría*, cuando la planta posee medios propios para dispersarse,
- *Hemerocoría*, cuando es el hombre el agente.

B. La dispersión en animales:

- Las *formas aladas* tienen una gran efectividad en la dispersión por el alcance y la rapidez con que pueden alejarse del centro de origen.

- Las *formas con extremidades* se moverán mucho más fácilmente que aquellas formas que no las poseen.
- El *tamaño y el peso* de los animales puede dificultar o facilitar la movilidad.
- El *exoparasitismo* de algunos animales que, al prenderse a otros, usa al huésped como forético; algo equivalente ocurre con los *endoparásitos*.

LAS REGIONES BIOGEOGRÁFICAS

La región biogeográfica (= reino biogeográfico) parte de la superficie de la Tierra con un inventario particular de plantas y animales. Muchos animales y plantas tienen áreas de distribución semejantes, adaptaciones ecológicas como respuestas a exigencias del medio (condiciones de temperatura, luz, humedad) y una evolución *in situ* son los principales motivos de áreas de distribución similares.

Extensas regiones de la Tierra tienen una fauna y una flora características. Á. Cabrera y A. Willink (1980) mencionan el clima, la altura sobre el nivel del mar, la distancia al océano, en parte el tipo de suelo y las interrelaciones entre los organismos como los principales factores que determinan el grupo de especies característico de un territorio.

Adoptamos aquí una clasificación que tiene origen en los trabajos de P. L. Sclater (1858, *Distribución de los animales según regiones zoológicas*) y A. R. Wallace (1876, *Distribución geográfica de animales*), con modificaciones posteriores realizadas por varios autores y que reconocen seis reinos, caracterizados por plantas y animales (Tabla 1): Neotropical o Neotropis, Australiano o Australis, Holártico o Holarctis (Nearctis y Palearctis), Antártico o Antarctis, Paleotropical o Palaeotropis (Etiópe, Oriental) y del Cabo o Capensis.

A continuación, se transcribe la síntesis de las regiones biogeográficas extraída de J. L. Fontana (2016) y H. M. Almirón *et al.* (2022, p. 21).



Región: Neotropical.

Localización: extremo S de América del Norte, América Central, América del Sur, a excepción del extremo S de la Patagonia.

Especies de plantas: Cactaceae, Bromeliaceae, numerosos géneros: *Eulophidium*, *Ophioglossum*, *Peperomia*, *Piper*, *Canna*, *Cattleya*.

Especies de animales: Platyrrhina (caí, carayá, miriquiná); camélidos (guanaco, vicuña, alpaca); perezosos, carpincho, oso hormiguero, tapir, armadillos; boas, anacondas; Trochilidae (picaflores), Reiformes (ñandú), Tinamiformes (perdices).



Región: Paleotropical.

Localización: comprende la mayor parte de África, excepto el N de África y el extremo S, y el S de Asia.

Especies de plantas: Dipterocarpaceae, Pandanaceae, Nepenthaceae: *Nepenthes*; numerosos géneros: *Dombeya*, *Musa*.

Especies de animales: primates superiores: chimpancé y gorila; primates primitivos: lemures (*Tarsus*); hienas, hipopótamos, rinocerontes, león.



Región: Holártica.

Localización: América del N (salvo el extremo S que pertenece a la Neotropical) y Eurasia (menos el S de Asia que pertenece a la Paleotropical) y el N de África.

Especies de plantas: Pinaceae: *Pinus*, *Picea*, *Abies* (abeto), *Larix* (alerces); Ranunculaceae; Betulaceae: *Betula* (abedul), *Alnus* (aliso), *Populus* (álamo); Fagaceae: *Fagus* (haya).

Especies de animales: Canidae: *Canis lupus* (lobo), *Lepus timidus* (liebre ártica), Ursidae: *Urs* (oso), Anfibios: *Urodela* (salamandra), topos, Salmonidae: salmones, truchas.



Región: Antártica.

Localización: extremo S de América del S y la Antártida.

Especies de plantas: Fagaceae: *Nothofagus* (lenga, pellin, ñire, cohiue), Rosaceae: *Acaena*; Scrophulariac: *Hebe*; Apiac.: *Pernettya*, *Azorella*; Misodendraceae: *Misodendron*.

Especies de animales: *Aptenodytes forsteri* (pingüino emperador), *Pygosceles adeliae* (pingüino de Adelia), focas, elefantes marinos.



Región: Australiana.

Localización: Australia, Nueva Zelanda e islas vecinas (Micronesia, Polinesia, Nueva Guinea).

Especies de plantas: Myrtaceae: *Eucalyptus* (± 400 spp.), Myoporaceae; Proteaceae: *Grevillea*, *Banksia*; Cycadaceae: *Macrozamia*.

Especies de animales: Marsupialia: canguros; Monotremata: *Ornitorhynchos*; koala; casuar.



Región: Capensis.

Localización: extremo S de Sudáfrica. Una región de clima mediterráneo, con unas 9.000 especies de las cuales $\pm 70\%$ son endémicas (Linder, 2003).

Especies de plantas: Ericaceae: *Erica* (± 450 spp.); Aizoaceae; Crassulaceae: *Mesembryanthemum*, Asclepiadaceae: *Stapelia*; Liliaceae: *Asparagus plumosus* (helecho plumoso).

Especies de animales: es exclusivamente un reino florístico.

El origen de los reinos biogeográficos

El origen de esta división de la superficie del planeta en reinos biogeográficos debe buscarse en la separación y deriva de los continentes.

Ya en 1885 E. Suess, analizando la flora y la estructura geológica de varios continentes, supuso la existencia en el Paleozoico de un gran continente que llamó Gondwana, formado por África, India, Antártida, Sudamérica y Australia. Este gran continente posteriormente se uniría con las tierras del norte para formar la Pangea, hace unos 250 millones de años. Su hipótesis fue reemplazada en 1912 por la teoría de A. Wegener sobre *El movimiento horizontal de los continentes* (Weberling, 1999), teoría que fue comprobada por la moderna tectónica de placas entre 1960 y 1970 y lo que hoy se conoce sobre la expansión de los fondos marinos.

Esta teoría afirma que la corteza de la Tierra está dividida en placas, unas se separan de otras y otras se hunden debajo de otras. Estos movimientos hicieron a lo largo de la historia que algunos continentes se separaran y otros chocaran formando cadenas montañosas. Hace unos 150 millones de años se separaron África y Sudamérica, durante el Cretácico, con las *Angiospermae*, es decir, plantas vasculares con flores y semillas ya desarrolladas. Actualmente, América del Sur y África continúan separándose unos 10-15 cm/año. Hace unos 70 millones de años se separaron Norteamérica y Eurasia (Terciario, Eoceno). Como consecuencia, hay una mayor diversidad en el hemisferio sur, ya que la separación de las placas continentales ocurrió mucho antes, a partir de Pangea, hace unos 250 millones de años, en el Pérmico Superior (Chapman y Reiss, 1992). El número de reinos biogeográficos aumenta de N a S: todo el hemisferio N constituye prácticamente un solo reino; en cambio, en el hemisferio sur hay 5 reinos biogeográficos. La uniformidad de la Holarctis se debería a que las tierras en el hemisferio N permanecieron más tiempo unidas (la separación comenzó recién en el Terciario).

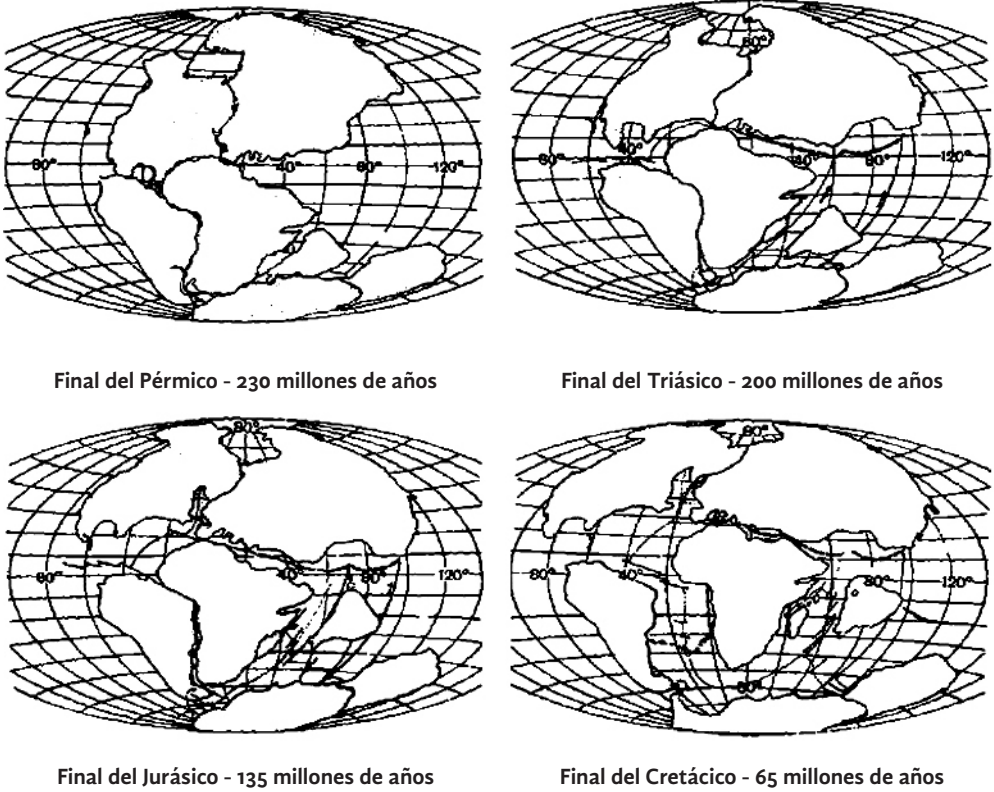


Figura 1. Movimiento de las placas en cuatro momentos de los últimos 230 millones de años (adaptado de Dietz y Holden, 1970).

Con la separación de las placas también se separaron las floras y faunas; plantas y animales quedaron en poblaciones aisladas en las distintas masas continentales y evolucionaron de manera distinta por largos períodos de tiempo, pero en forma definitiva.

A lo largo de la historia geológica de la Tierra hubo contactos entre las placas, momentos en los que plantas y animales migraron de una región a la otra. Puentes formados por tierras que emergieron durante las glaciaciones, cadenas de islas o simplemente el mar congelado permitieron el intercambio biológico entre continentes, produciéndose así invasiones que contribuyeron a la actual biodiversidad.

Las conexiones terrestres que se encuentran son:

- la posible conexión terrestre entre África y Sudamérica por medio de islas del Atlántico;
- la conexión entre Alaska y Rusia por Beringia debido a descensos del mar durante las glaciaciones;
- el ascenso o descenso de tierras;
- conexiones actuales: istmo de Panamá, de Suez, entre otros.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMIRÓN, H. M., Beber, D. de J., Bejarano, M.R., Bruno, F. N., Duarte, L. N., Fontana, J. L., Romero, G. I., Sena, D. V. V. y Von Fuchs, M. C. A. (2022). *Apuntes de Fitogeografía argentina. Una guía de estudio* (1ª ed.). Serie Publicaciones didácticas de la Cátedra de Ecología Vegetal, Vol. 4. Vida Correntina.
- CABRERA, A. L. y WILLINK, A. (1980). *Biogeografía de América Latina*. Serie de Biología. Monografía N° 13. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico OEA.
- CHAPMAN, J. L. y REISS, M. J. (1992). *Ecology* (Cap. 18: Biogeography, p. 228 y ss). Cambridge University Press.
- DIETZ, R. C. y Holden, J. C. (1970). Reconstruction of Pangaea: Breakup and Dispersion of Continents. *Journal of Geophysical Research*, 75, 4939-4956.
- FONTANA, J. L. (2016). *Principios de ecología* (1ª reimpr.) Brujas.
- HENGEVELD, R. (1990). *Dynamic Biogeography*. Cambridge University Press.
- SCLATER, P. L. (1858). *On the general Geographical Distribution of the Members of the Class Aves*. Zoological Journal of the Linnean Society, 2(7), 130-136.
- SUESS, E. (1885). *Das Antlitz der Erde* (La faz de la Tierra). s.e.
- VON HUMBOLDT, A. y Bonpland, A. (1807). *Geografía de las plantas en los países tropicales, un estudio de Los Andes*. Langlois.
- WALLACE, A. R. (1876). *The geographical distribution of animals; with a study of the relations of living and extinct faunas as elucidating the past changes of the Earth's surface* (Vol. 1). Harper & Brothers.
- WEBERLING, F. (1999). *Movimiento de los continentes y separación e intercambio de sus floras*. Sociedad Argentina de Botánica. XXVI Jornadas de Botánica. Río Cuarto.
- WEGENER, A. (1912). Die Entstehung der Kontinente. *Petermanns Geogr. Mitteilungen*, 58, 185-309.

Capítulo 4. Biomás

Este capítulo estudia los biomas del mundo y de Argentina.

El bioma puede definirse como un conjunto de ecosistemas con una diversidad particular de plantas y animales que responden a un clima, a un suelo y a un relieve característicos. Incluye, por lo tanto, varias comunidades de organismos y tiene, por lo general, un tipo de vegetación dominante, que se toma para dar un nombre al bioma. Los biomas generalmente se dividen en dos grandes grupos: los biomas terrestres y los oceánicos.

El término bioma fue introducido por los ecólogos F. E. Clements y V. E. Shelford en 1939.

Las clasificaciones y denominaciones de los grandes territorios o regiones biogeográficas no siempre son coincidentes con los biomas (Fontana, 2016). A. Lacoste y R. Salanon (1981) consideran el clima y el suelo como criterios de clasificación de los biomas.

Al «delimitar las superficies que tienen una vegetación de aspecto uniforme, por la reunión en proporciones iguales de los mismos tipos morfológicos, y una evolución estacional semejante», según observara G. Lemée (1967), se llega al concepto de «formación» y a partir de las formaciones vegetales así definidas, y siguiendo las ideas pioneras de G. Schimper, se considera que «cada una de las zonas caracterizadas por una clase de formación está determinada, primero, por un régimen climático y pedogénico de un tipo y de una intensidad particulares» (Dansereau, 1968). Se entiende entonces que los tipos climáticos, de vegetación y de suelo genéticamente relacionados entre sí, compartirían espacios geográficos comunes. Esta propuesta de clasificación de los biomas se basa en la concepción de sistema donde el autor, a través de un ejemplo, da cuenta de su funcionamiento. Se ha señalado que un sistema se compone de un conjunto de elementos con sus respectivos atributos y de los nexos que los relacionan entre sí (Harvey, 1983). Por ejemplo, el sistema que conforma el bosque boreal, integrado por los elementos: clima, vegetación, suelos, modelado e hidrografía, y los atributos de esos elementos que corresponden al paisaje del bosque boreal: clima frío continental, cubierta vegetal de coníferas, suelos podzólicos, modelado periglaciario y regímenes fluviales de tipo nival. Los nexos entre esos elementos y sus atributos particulares expresan la trama de relaciones que conducen a definir y delimitar en el espacio unidades integradas; es decir, el intercambio de materia y de energía —«ciclo biogeoquímico»— que es característico de ese lugar y de ese paisaje. A los elementos visibles que les dan



forma a los complejos naturales se agregan los elementos invisibles, representados por los nexos e intercambios, que contribuyen a definir su estructura particular.

J. Morello (1999) lo define como el:

conjunto de ecosistemas que se caracterizan por una composición de especies y un espectro de tipos biológicos de plantas (árbol, hierba, arbusto) con un funcionamiento y un ajuste al clima y al suelo característicos. Normalmente están definidos por la estructura de la vegetación y el clima. En varios casos el bioma se define también por componentes geográficos (latitud y altitud) y aún se usan nombres regionales (v.g. Monte, Estepa patagónica).

En resumen, el bioma, también conocido como *paisaje bioclimático* o *área biótica*, es un área geográfica con una flora y fauna característica que dan lugar a un paisaje característico, condicionado por las condiciones climáticas. El clima (particularmente precipitaciones y temperaturas) es el factor condicionante que determinará el tipo de vegetación y, por ende, los animales que allí vivirán, dando origen a un determinado bioma. En suma, el bioma es una parte del planeta que comparte flora y vegetación, fauna y clima.

LOS PRINCIPALES TIPOS DE BIOMAS DEL MUNDO

La tabla siguiente muestra una síntesis acerca de los biomas del planeta. Para cada uno de ellos, se establece su distribución, el clima característico y la vegetación que los diferencia. Este resumen se realizó a partir de las publicaciones de T. M. Smith y R. L. Smith (2007) y A. Lacoste y R. Salanon (1981, 1999).

Tabla 1. Ubicación geográfica y características generales de los principales tipos de biomas del mundo

BIOMA	DISTRIBUCIÓN	CLIMA	VEGETACIÓN
Tundra	Región circumpolar ártica y Península Antártica e islas adyacentes.	Inviernos extremadamente fríos: hasta -70°C. Verano muy frío, con heladas y posibles nevadas.	Arbustiva, sin árboles. Los musgos y líquenes son dominantes.
Taiga o bosque boreal	Hemisferio norte, entre 50° y 60° N.	Menos frío que la tundra, pero puede alcanzar -55°C. Verano con temperaturas de hasta 19°C. Poca lluvia, pero muy húmedo.	Bosques de coníferas (los más extensos del planeta), con predominancia de <i>Pinus</i> y abetos.
Bosques templados	En zonas de clima templado de ambos hemisferios (latitudes medias).	Precipitaciones superiores a 1.000 mm anuales. Abundante nubosidad. Veranos prolongados y templados. Inviernos fríos a muy fríos, con heladas y nevadas.	Bosques latifoliados, caducifolios. Sequoia, arce, hayas, robles, piceas, lenga, ñire

Desiertos cálidos	Regiones del planeta con menos de 250 mm de precipitación anual.	Muy pocas precipitaciones: inferiores a 250 mm. Temperaturas desde -10 a 40°C. Variaciones diarias extremas.	Escasa, achaparrada y aislada. Superficies de suelo desnudo muy extensas. Plantas espinosas, suculentas o con sustancias aromáticas, tóxicas.
Sabanas	En zonas tropicales y subtropicales del planeta.	Un período del año muy húmedo y otro muy seco. Precipitaciones medias anuales entre 750 mm y 1300 mm y una temperatura media anual de 17-18 °C.	Abierta con predominancia de gramíneas, salpicadas por arbustos y árboles dispersos. Suelos muy pobres, generalmente arenosos.
Estepas	En todo el planeta, desde zonas frías, templadas y subtropicales.	Continental semiárido a árido, con grandes variaciones térmicas entre verano e invierno. Las temperaturas pueden variar entre decenas de grados bajo cero en invierno y 40 °C o más en verano. Las precipitaciones varían entre 200 y 400 mm anuales.	Matas duras y rígidas de gramíneas más hierbas aromáticas y un estrato arbustivo espinoso con plantas áfilas o micrófilas, espinosas. Suelo con poca materia orgánica y alto contenido de minerales.
Bosque tropical pluvial o selva	En los trópicos con mucha humedad, entre las altitudes 10° N y 10° S.	Sin heladas. Precipitaciones entre 1.500 y 3.000 mm, todo el año	Selva multiestratificada, con dosel arbóreo de hasta 50 m de altura. Elevada biodiversidad.
Chaparral o bosque mediterráneo	Latitudes medias en las costas occidentales de los continentes: cuenca del Mediterráneo, Chile, Baja California (México), California y Nueva Caledonia, El Cabo (Sudáfrica) y SW de Australia.	Clima templado mediterráneo: inviernos húmedos y veranos cálidos y secos. Factor modelador: el fuego.	Vegetación arbustiva esclerófila, baja, con aspecto xérico. Pueden encontrarse bosques bajos donde una especie de roble (<i>Quercus</i> sp), pino piñoñero son comunes.
Regiones polares	Zonas limitadas por los círculos polares.	Temperaturas invernales extremas. Heladas y nevadas todo el año.	La vegetación se reduce a musgos y líquenes muy raros y dos o tres especies de plantas vasculares.
Regiones oceánicas	Distribuidas por todo el planeta.		

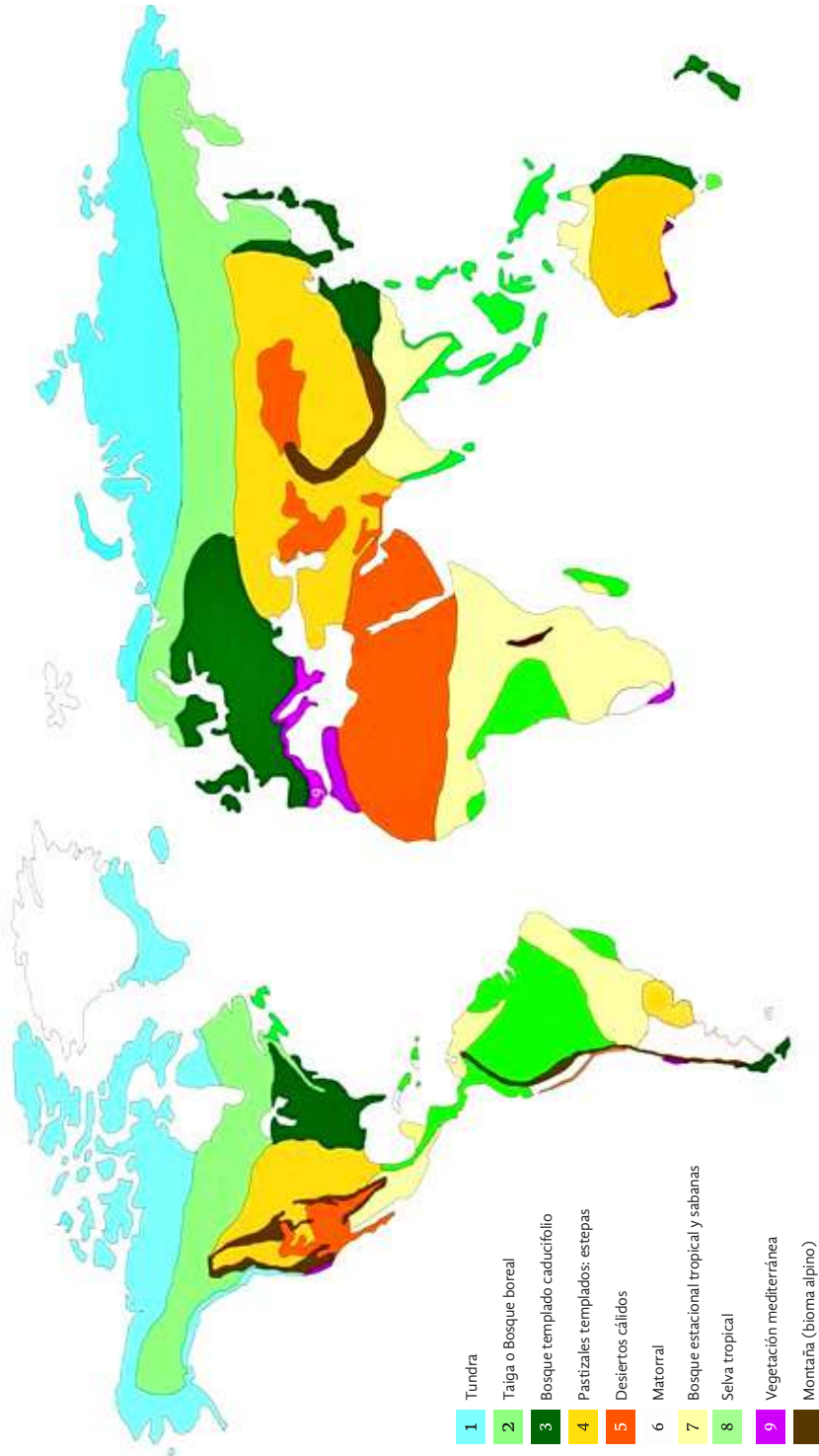


Figura 1. Los principales biomas del planeta (José Luis Fontana, modificado de AA.VV.).

TUNDRA

Proviene de un dialecto ruso que significa «colina o llanura helada o ártica» (Diccionario Etimológico Castellano en línea, s.f.).

Distribución. La tundra tiene la mayor extensión en el hemisferio norte, con una distribución circumpolar. En el hemisferio sur se reduce a sectores de la península Antártica y a las islas próximas. Tipos de vegetación muy parecidas a la tundra se encuentran en la alta montaña, donde las condiciones climáticas son semejantes; estas condiciones incluso se dan en la alta montaña tropical, con alturas superiores a los 4.000 msnm; recibe el nombre de tundra alpina.

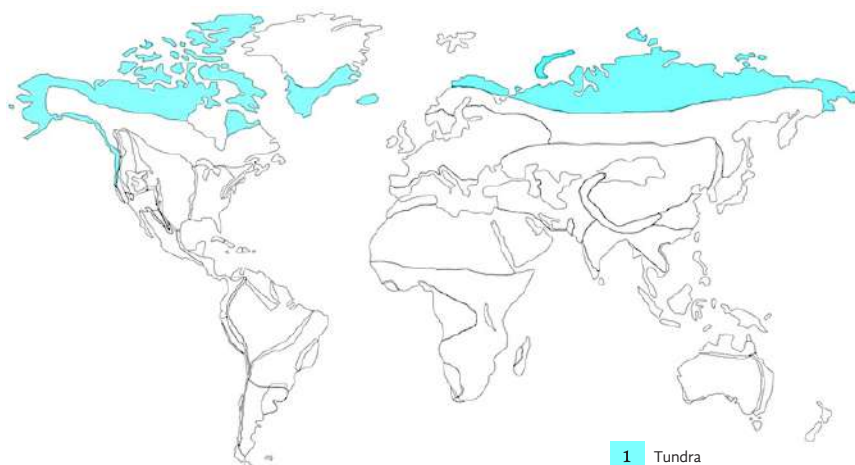


Figura 2. Distribución geográfica de la tundra (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. Las características invernales del clima se prolongan a lo largo de todo el año. Los inviernos son extremadamente fríos, registrándose temperaturas de hasta -70°C . Los veranos son muy fríos, con heladas frecuentes y posibles nevadas.

Características. La tundra carece de árboles; es tan fría que los árboles no pueden sobrevivir. Las plantas en general son herbáceas, achaparradas, presentes y a la vista durante el corto verano. En la época estival, las aves llegan en grandes cantidades para alimentarse de los numerosos insectos cuyas poblaciones «explotan» rápidamente. Algunas especies animales comunes en la tundra son el caribú, reno, lemmings, oso polar, lobo, zorro.

Estado de conservación. Por su ubicación, que determina condiciones de vida muy difíciles, tuvo muy baja influencia humana, hasta el descubrimiento de yacimientos petrolíferos. Los pocos sectores donde la cobertura vegetal fue destruida por la construcción de caminos y asentamiento de empresas son los más afectados. Debido a la muy lenta regeneración de la vegetación, este tipo de actividades constituye una acción directa, localmente muy fuerte.

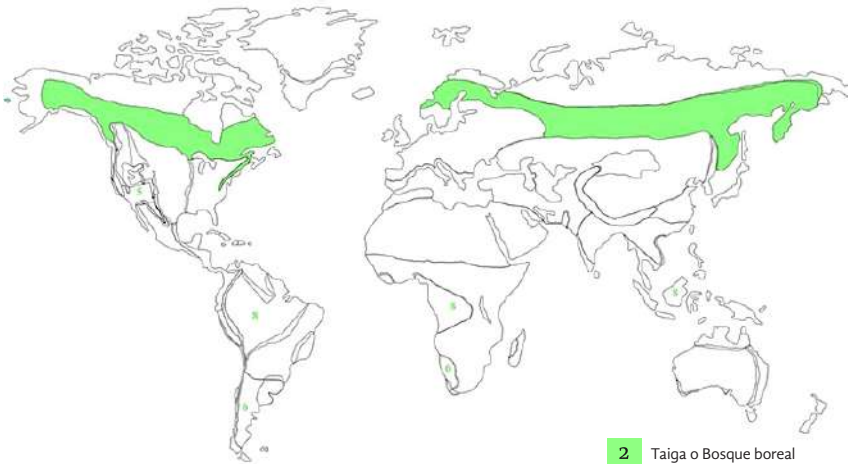


Figura 3. La tundra ártica. Abisko, Suecia (Elle Leontiev, 2022, CCo).

TAIGA O BOSQUE BOREAL

Taiga, vocablo ruso que significa –terreno montañoso– (Diccionario Etimológico Castellano en línea, s.f.).

Distribución. El bosque boreal se encuentra en el hemisferio norte, entre las latitudes 50° y 60° N. Al bosque boreal también se lo conoce como bosque de coníferas del norte o taiga, especialmente en Eurasia nororiental (Siberia). También existe a grandes alturas, incluso en las montañas tropicales.



2 Taiga o Bosque boreal

Figura 4. Distribución geográfica de la taiga (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. El clima de la taiga es continental frío, aunque algo menos que la tundra. Los veranos son cortos, frescos y húmedos, con temperaturas máximas de hasta 19 °C. Los inviernos son largos, muy fríos, pudiendo alcanzar los -55 °C y relativamente secos. Las precipitaciones son reducidas, pero debido a la muy baja evaporación, es muy húmedo.

Características. El bosque boreal es relativamente homogéneo, caracterizado por la dominancia de coníferas, especialmente abetos (*Abies*), abetos rojos (*Picea abies*), piceas (*Picea engelmannii*) y pinos (*Pinus ponderosa*, *Pinus contorta*). Los líquenes y musgos son un componente importante de este bosque; las turberas de *Sphagnum* son comunes en el paisaje, con presencia de juncos, orquídeas y brezos (un pequeño arbusto).

La taiga o bosque boreal es considerada la formación vegetal más extensa de la Tierra, ya que cubre una superficie aproximada equivalente al 11% del planeta.

Estado de conservación. Esta zona ha sido poco afectada por los humanos en comparación con otras áreas, ya que el clima es más extremo y sus suelos no son apropiados para la agricultura. Probablemente, la principal fuente de destrucción de estos bosques es la actividad maderera, que ha sido extensa en sus partes meridionales, pero los bosques permanecen más o menos intactos en grandes áreas del Norte, tanto en América del Norte como en Asia. Los cultivos de coníferas son la principal actividad forestal.

La explotación forestal, la caza y la pesca, la expansión urbana, la ganadería y la agricultura, la contaminación del aire, del agua y del suelo, son algunas de las acciones humanas negativas. Los incendios son comunes en la taiga, pero sus especies están adaptadas a ellos. El fuego es un elemento detonante de procesos sucesionales que permiten la regeneración.

En relación con los animales, es importante la actividad cinegénica, pues existe gran demanda de la industria peletera, tanto que la caza es responsable de la disminución considerable de poblaciones de mamíferos. El reno (*Rangifer tarandus*) y el alce americano (*Alces alces*) son especies simbólicas en este bioma. La liebre americana, el puercoespín, lobo, lynx, marta, son algunos de los más comunes.



Figura 5. La taiga. Krasnoyarsk Krai, Rusia (fotografía por Max Sudyin, 2019, CCo).

BOSQUE TEMPLADO

Distribución. La mayor superficie se encuentra en el hemisferio norte, en latitudes medias, zonas correspondientes a clima templado. Se distribuye por el centro de Europa, centro N de Asia, gran parte del Canadá y N de EE.UU. En el hemisferio sur se limita a una estrecha franja en las vertientes W y E de los Andes patagónicos y en un sector de Nueva Zelanda y SE de Australia.

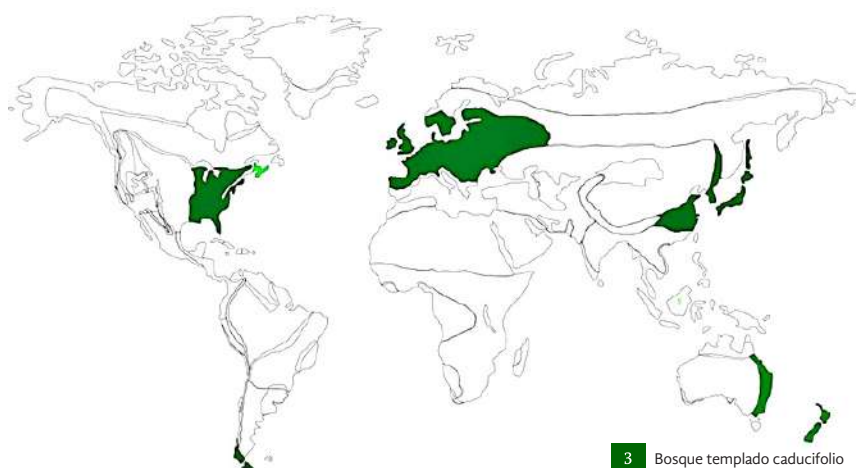


Figura 6. Distribución geográfica del bosque templado (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. Plantas y animales viven y se desarrollan bajo condiciones de mucha humedad con precipitaciones todo el año, en algunos casos muy abundantes, como por ejemplo en el extremo S de Chile, donde alcanzan los 3.000 mm anuales. La temperatura media anual de 18 °C es típica del clima templado. Las nevadas ocurren frecuentemente ya a partir del otoño.

Características. La composición del bosque templado varía según la zona considerada, desde lugares donde predominan los árboles caducifolios latifoliados hasta aquellos sitios donde las coníferas son las dominantes. También pueden encontrarse mezclas especies latifoliadas caducifolias y siempreverdes, dando origen a los denominados bosques mixtos, en los que incluso pueden crecer coníferas.

La fauna de este bioma está condicionada por los inviernos fríos, lo que determina en muchos casos que sean especies migratorias. Ciervos, jabalíes, osos, lobos, ardillas y salamandras se encuentran en la lista de especies características de este bioma.

Estado de conservación. Probablemente sea el bioma de mayor y más antigua influencia humana. Sobre el área de distribución original de este bosque se encuentra la mayor densidad poblacional del planeta, lo que implica un uso intensivo de los recursos ofrecidos por esta formación, particularmente leña, madera, proteínas animales. También en esta área ocurrió la domesticación de muchos de los cultivos actuales. La explotación, su reemplazo por especies forestales como el abeto (*Picea abies*), la haya (*Fagus silvatica*), entre otras, y la agricultura contribuyeron a una reducción considerable de su superficie.



Figura 7. Bosque templado caducifolio de hayas. Zakarpattia Oblast, Ucrania (fotografía por Eugene, 2023, CCo).

DESIERTOS

Distribución. Regiones tropicales y subtropicales del planeta, con precipitaciones inferiores a los 250 mm.



Figura 8. Distribución geográfica de los desiertos (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. Bajas precipitaciones y variaciones diarias de temperatura muy grandes. Esta escasez de aportes de agua puede tener origen en:

- presión subtropical alta, como ocurren los desiertos del Sahara y Australia;
- origen orográfico, rodeados de altas montañas que impiden el ingreso de masas de aire húmedo; desiertos del W de EE.UU.;

c. o la gran altitud, como en los desiertos del Tibet, de Bolivia o de Gobi.

Características. Las reducidas precipitaciones y una vegetación escasa, que a veces cubre temporalmente el suelo, luego de las lluvias excepcionales. Esto es particularmente llamativo en desiertos muy secos como el de Atacama en el N de Chile.

La fauna es muy especializada y escasa. Algunos de los grandes mamíferos como los camellos han sido domesticados y usados habitualmente como medios de transporte. Algunas especies de víboras venenosas, pequeños roedores como la rata del desierto, insectos adaptados a conseguir agua de la atmósfera, son los pocos animales que viven en los desiertos.

Estado de conservación. El hombre no habita los desiertos, salvo las áreas marginales. Cultivos y cría de ganado no es posible, salvo casos particulares de irrigación o en los denominados oasis. Esta situación particular es favorable para los desiertos, ya que la presión antrópica es muy reducida.



Figura 9. Desierto en el oeste americano (fotografía por Cayetano Gil, 2018, CCo).

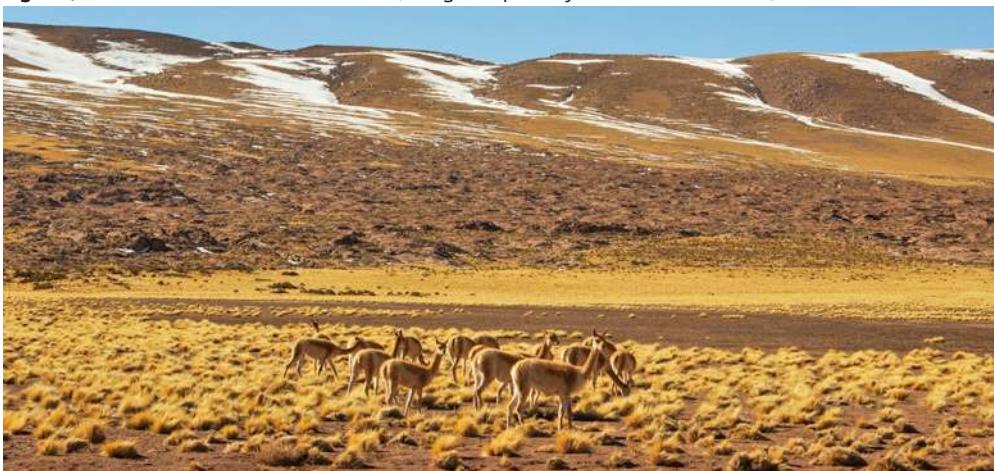


Figura 10. Desierto de Atacama, Chile (fotografía por Fernando Rodrigues, 2020, CCo).

SABANAS

Distribución. Se encuentran principalmente en el centro y el este de África. También en América del Sur y en Australia.

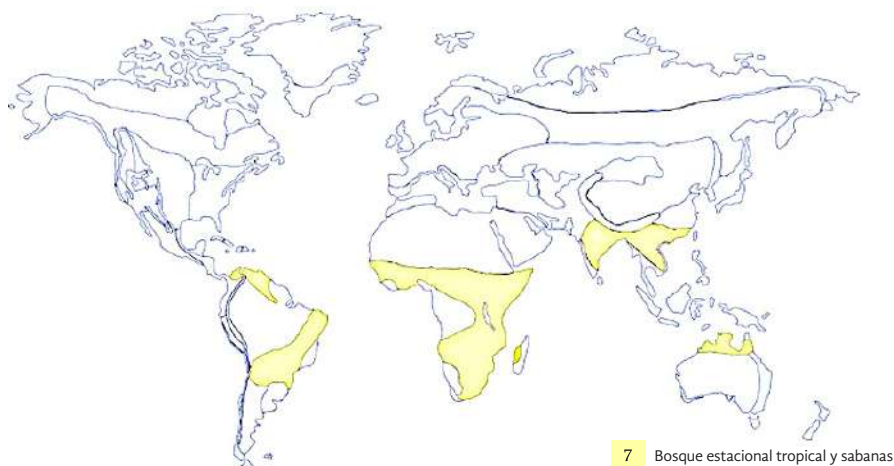


Figura 11. Distribución geográfica de las sabanas (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. Se desarrollan tanto en zonas tropicales como subtropicales del planeta, en regiones con un período del año muy húmedo y otro muy seco. Las precipitaciones medias anuales van de 750 mm a 1300 mm, y una temperatura media anual de 17-18 °C y suelos muy pobres, generalmente arenosos.

Características. Es un tipo de vegetación abierta con predominancia de gramíneas salpicadas por árboles dispersos. Debido a las condiciones de sequía anual y de precipitaciones concentradas en un período del año, las plantas han desarrollado sistemas de acopio de agua y nutrientes en órganos subterráneos. Así, los hemicriptófitos y geófitos son comunes y predominan. Forman semillas muy resistentes a la escasez de agua y al fuego que periódicamente arrasa la vegetación. Los pocos árboles se defienden de los herbívoros mediante espinas, sustancias tóxicas o resinas.

Estado de conservación. Por la presencia de extensiones considerables de gramíneas, es un tipo de vegetación especialmente destinada a la cría de ganado; el sobrepastoreo es la consecuencia negativa más importante, lo que produce además destrucción de la cobertura vegetal y, por ende, erosión del suelo.

La quema periódica de estas grandes superficies, aunque parezca contradictorio, es uno de los factores que ayudan a ampliarla y conservarla. Muchas de sus especies están adaptadas a este factor y han evolucionado con él.



Figura 12. Sabana africana (fotografía por David Clode, 2018, CCo).



Figura 13. Gran Sabana en el sudeste del estado Bolívar, Venezuela (fotografía por Paolo Costa Baldi, 2011, GFDL/CC BY SA 3.0).

ESTEPAS

Distribución. Cuando la pradera se extiende a zonas con precipitaciones más escasas, se transforma en un tipo de vegetación de aspecto xérico, con hierbas y pastos más bajos, menos numerosos, y con arbustos bajos que forman un estrato leñoso. Este paisaje, que se encuentra en diversos lugares del planeta, constituye la estepa.

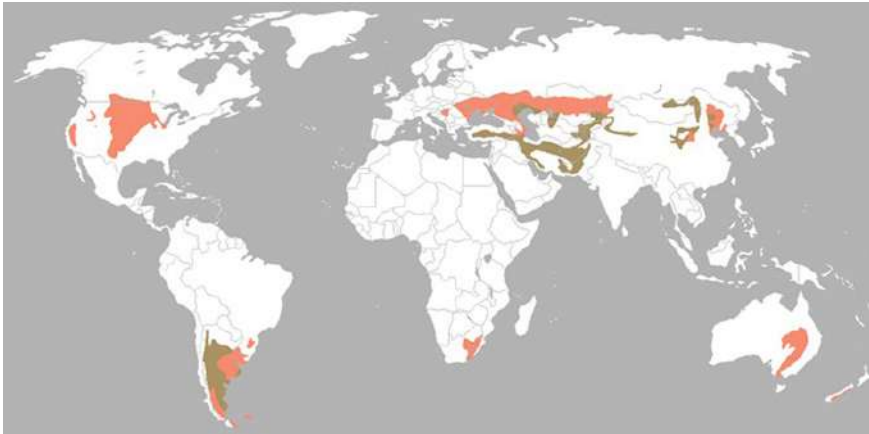


Figura 14. Distribución geográfica de las estepas (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. El clima es continental semiárido a árido, con grandes variaciones térmicas entre verano e invierno. Las temperaturas extremas pueden variar entre decena de grados bajo cero en invierno y 40 °C o más en verano. Las precipitaciones varían entre 200 y 400 mm anuales, siendo el agua el factor limitante para la vegetación.

El suelo contiene poca materia orgánica y un alto contenido en minerales, particularmente óxidos de hierro.

Características. La vegetación típica de la estepa está conformada por gramíneas que crecen en forma de matas rígidas, duras; hierbas aromáticas, y por un estrato arbustivo relativamente denso formado por plantas espinosas con hojas pequeñas o áfilas.

Festuca, *Poa* y *Stipa* entre las gramíneas, y *Artemisia* entre los arbustos, son los géneros de plantas más comunes de la estepa. En la estepa patagónica, el 45% de la superficie está cubierta por arbustos (entre ellos, el calafate (*Berberis heterophylla*), los molles del género *Schinus*, neneo (*Mulinum spinosum*), las jarillas del género *Larrea*), un 20% por coironales (pastos de las especies *Stipa speciosa*, *Poa ligularis* y *Festuca pallescens*), un 30% por la combinación de ambos y la parte restante por humedales que incluye ríos, mallines y vegas, en zonas deprimidas.

Generalmente, tienen raíces profundas que exploran una gran superficie en búsqueda de agua y minerales.

En cuanto a bioformas, predominan los nanofanerófitos, hemicriptófitos, geófitos y terófitos. Estas bioformas predominantes definen el clima de las estepas.

La fauna, como la vegetación, varía y es de las que permiten las subdivisiones de las estepas. Animales pequeños, como roedores, liebres y grandes herbívoros, como el antílope saiga y el caballo mongol en Eurasia, ciervo de las pampas, guanaco, puma, zorros, mara, en la estepa patagónica. Se tratan de animales adaptados a soportar las altas temperaturas estivales y el frío de los inviernos secos.



Figura 15. Estepa patagónica, península Valdés (fotografía por José Luis Fontana, 2022, p. 61).



Figura 16. Estepa de La Crau, sur de Francia (fotografía por José Luis Fontana).

Tabla 2. Tipos de estepas

<u>La estepa euroasiática</u>	Se extiende por la región paleártica; su flora y fauna es fundamentalmente ártica. Las estepas euroasiáticas abarcan un área muy amplia, lo que determina variaciones de clima y, por ende, de especies, lo que hace posible su subdivisión.	La estepa póntica	Europa oriental: Ucrania y Moldavia, bordeando los montes Cárpatos hasta el mar Negro, por la costa del mar Muerto hacia el E y por el S, desde Rusia hasta el Cáucaso y el mar Caspio.
		La estepa húngara (Puszta)	Una estepa muy particular ubicada en Hungría.
		La estepa del Asia occidental	En las elevaciones del Cáucaso Menor, la meseta de Anatolia y la meseta iraní. Se extiende por gran parte de Turquía, Georgia, Armenia, Azerbaiyán y parte de Irán.
		La estepa de Asia central	Por la llanura de Kazajistán hasta Kirguistán, Tayikistán y oeste de China (montañas Tian o montañas Celestiales).
		La estepa de Asia oriental	Las extensas estepas de Mongolia y norte de China hasta Manchuria.
		La estepa siberiana	La gran estepa siberiana, que limita al norte con el bosque latifoliado templado.
<u>Estepa patagónica</u>	Esta estepa se encuentra en el hemisferio sur, en la región biogeográfica neotropical, dominio andino-patagónico. En este caso no hay mayores barreras geográficas, sólo la transición climática. Debido a esto, estas estepas reciben una importante influencia tropical, sobre todo en fauna.		
<u>Estepa norteamericana</u>	Las grandes llanuras van desde el sur de Canadá hasta el norte de México. Muy conocidas las estepas de los estados centrales de EE.UU.: Colorado, Montana, Nebraska, Dakota del Norte y del Sur, Texas, entre otros. En general, tiene un clima menos severo que las estepas asiáticas. Se caracterizan por los bisontes y perros de las estepas y las grandes extensiones dominadas por gramíneas.		

Fuente: Fundación mundial para la vida silvestre o *World Wildlife Fund* (WWF).

BOSQUE TROPICAL PLUVIAL O SELVA

Distribución. Se encuentra en la zona intertropical, donde las temperaturas son estables todo el año, no se producen heladas y alta humedad del suelo y de la atmósfera y, por lo tanto, el agua no es un factor limitante. De gran extensión en América del Sur (Amazonas), en América Central y el centro de África y E de Asia.

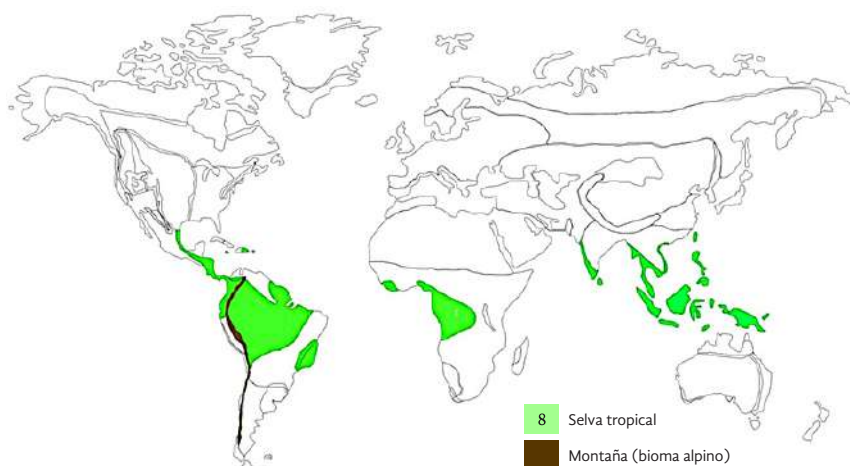


Figura 17. Distribución geográfica de la selva tropical (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. La característica principal de la zona de distribución de la selva tropical es la ausencia de heladas. Muy húmedo, con precipitaciones que varían entre 1.500 y 3.000 mm, repartidas en todo el año (no se presenta estación seca).

Características. El bosque o selva tropical pluvial o lluviosa («rainforest») es el bioma más biodiverso y estructuralmente complejo del planeta. Presenta varios estratos, con al menos tres de ellos de árboles. El más alto supera los 50 m de altura; un estrato de árboles de altura media alcanza los 20-25 m y uno bajo, con ejemplares de hasta 8-10 m de altura. La selva tropical bien conservada es oscura en su interior debido al follaje denso de sus árboles.

Estado de conservación. Probablemente, la selva sea uno de los biomas más afectados debido a la histórica ocupación humana de las áreas tropicales. Por el número de especies, la presión humana y la delicadeza del equilibrio, es el bioma con mayores riesgos, incluso de desaparición de especies.



Figura 18. Bioma selva tropical (fotografía por Jonathan Lampel, 2020, CCo).

CHAPARRAL

Es un término utilizado en California, también se lo conoce como bosque y matorral mediterráneos, matorral alto o maquia, garriga en el sur de Francia y en Cataluña, *frigana* en Grecia, *bathá* en Palestina, *fynbos* en Sudáfrica y *mallee* en Australia.

Distribución. Se encuentra presente en ambos hemisferios, entre 30 y 45° de latitud, en las costas occidentales de los continentes. Se acostumbra citar como ejemplo clásico de la presencia de este bioma la cuenca del mar Mediterráneo; también presente en el SO de Australia, en el Cabo (Sudáfrica), en la costa NW de México (Baja California), costa pacífica del centro de Chile, costa de California y Nueva Caledonia.

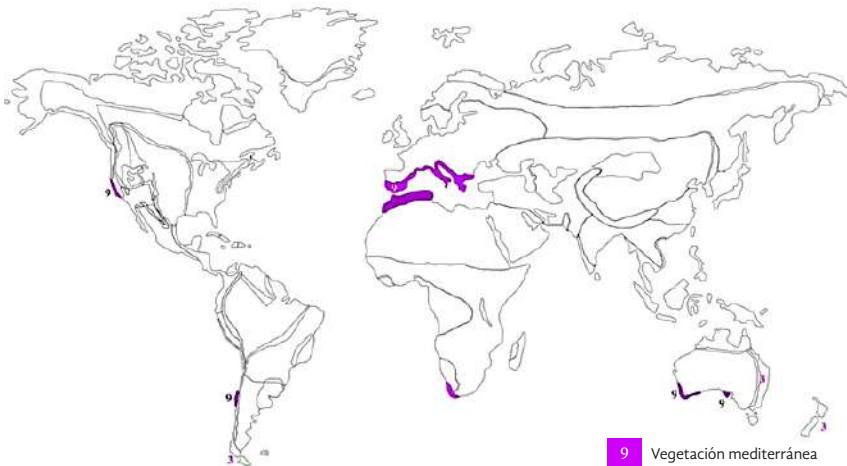


Figura 19. Distribución geográfica de bosques y matorrales mediterráneos (dibujo por José Luis Fontana).

Clima. Es del tipo templado cálido o mediterráneo. Se caracteriza por lluvias estacionales: inviernos húmedos y veranos secos y calurosos; las precipitaciones varían entre 300 y 1.000 mm de media anual, aunque es común que las precipitaciones sean muy variables de un año al siguiente. Con respecto a las temperaturas, los veranos pueden ser muy calurosos y los inviernos muy fríos. El agua estacional y la frecuencia de las quemazones son los factores limitantes de la vegetación.

Características. El paisaje típico de este bioma son los bosques bajos, más o menos ralos, y los matorrales, de ahí que también recibió nombres tales como matorral mediterráneo, bosque mediterráneo

El aspecto es de una vegetación xerófila, de plantas con hojas duras y por lo general pequeñas y de cutícula gruesa (esclerófilas), que ayuda a reducir la evaporación. La sequía estival y las quemadas frecuentes son modeladores de la vegetación arbustiva y con árboles aislados que caracterizan el paisaje del chaparral.

En los chaparrales americanos aparecen cactáceas, algunas columnares, caracterizando este bioma. Una parte de las especies producen frutos que sirven de alimento a insectos, aves y mamíferos. Una de las aves, el herrerillo chochín (*Chamaea fasciata*), vive exclusivamente en ambiente del chaparral.

Estado de conservación. La sustitución por terrenos agrícolas, ganaderos o la quema frecuente son las principales amenazas para este tipo de bioma. La explotación de madera, leña y de especies aromáticas.



Figura 20. Chaparral en el Rancho Sierra Vista/Satwiwa, Potrero Road, Newbury Park, CA, USA (fotografía por Pamela Heckel, 2021, CC0).



Figura 21. Fynbos en el sur de África (fotografía por Grace Brauteseth, 2021, CCo).

REGIONES POLARES

Distribución. Las regiones polares ocupan grandes superficies en torno al Polo Norte y Polo Sur, a partir de los $66^{\circ} 33'$ de latitud Norte, y a la misma latitud en el hemisferio sur. En su sector continental, el Ártico comprende los extremos septentrionales de América del Norte (Alaska, Canadá y Groenlandia), Europa (países escandinavos) y Asia (Rusia).

Clima. Las regiones polares están cubiertas por una gruesa capa de hielo, que a veces supera los 4 km de espesor. La nieve que se acumula todos los inviernos no alcanza a derretirse en los cortos veranos. Las zonas polares tienen temperaturas extremas muy rigurosas,



Figura 22. Bioma antártico (fotografía por Deanna Wong, 2021, CCo).

con un largo invierno (la noche polar) y un verano relativamente corto y frío en el que los rayos solares llegan en forma oblicua, con el sol que apenas se levanta del horizonte. Las temperaturas extremas registradas variaron entre -88°C en la Antártida y -50°C en el Ártico. La menor temperatura extrema en la zona ártica se debe a la predominancia de aguas, a diferencia de la Antártida, el gran continente helado con unos 14 millones de km^2 .

Características. Las condiciones climáticas extremas reducen las posibilidades de vida vegetal. Musgos y líquenes son las plantas más comunes; solamente se conocen dos especies de plantas superiores presentes en la península Antártica, la gramínea (*Deschampsia antarctica*) y la Caryophyllaceae (*Colobanthus quitensis*). Son plantas pequeñas que viven en sitios protegidos del viento, alcanzando no más de 5 cm de altura. *Colobanthus* también fue encontrada en islas cercanas, como las Georgias y Sándwich del Sur y Malvinas, en la Cordillera de los Andes, incluso alcanzando Bolivia, Perú, Ecuador y con poblaciones aisladas en México, pero siempre bajo condiciones extremas de la alta montaña.

Entre los animales, pertenecen a este bioma las focas y numerosas aves costeras migratorias. El pingüino emperador (*Aptenodytes forsteri*) es el único vertebrado que vive en los hielos antárticos y permanece allí en invierno. En los hielos del círculo polar ártico, en cambio, es un mamífero el oso polar, el habitante más emblemático.

Las zonas de hielos y glaciares permanentes pueden considerarse desiertos extremos, sin plantas superiores, sin suelos, sin vertebrados, a excepción de organismos muy pequeños, extremófilos, entre ellos, el alga *Chlamydomonas nivalis* y ácaros como *Nanorchestes antarcticus*.

Estado de conservación. Las regiones polares son de vital importancia para la conservación, particularmente la Antártida. Mucho se ha trabajado, tanto desde las organizaciones gubernamentales como desde las ONG, para lograr que no se exploten los recursos de esta gran superficie continental a partir del Tratado Antártico, en 1959. Actualmente, la presencia humana en dicho continente está restringida a bases militares y científicas.



Figura 23. Las Grutas, provincia de Río Negro (fotografía por José Luis Fontana).



Figura 24. Ambleteuse, Nor-Pas-de-Calais, Francia (fotografía por José Luis Fontana).

LOS BIOMAS DE ARGENTINA

En el territorio continental argentino se diferencian nueve biomas agrupados en tres grandes unidades, como lo muestra la tabla siguiente.

Tabla 3. Los biomas de Argentina

	Selva misionera o paranaense
SELVAS	Selva tucumano-boliviana o yungas
	Bosque chaqueño
	Espinal
	Desierto andino
	Monte
	Estepa patagónica
BOSQUES SABANAS Y ESTEPAS SUBTROPICALES	Pastizal pampeano
LOS BOSQUES SUBANTÁRTICOS	Bosque andino-patagónico

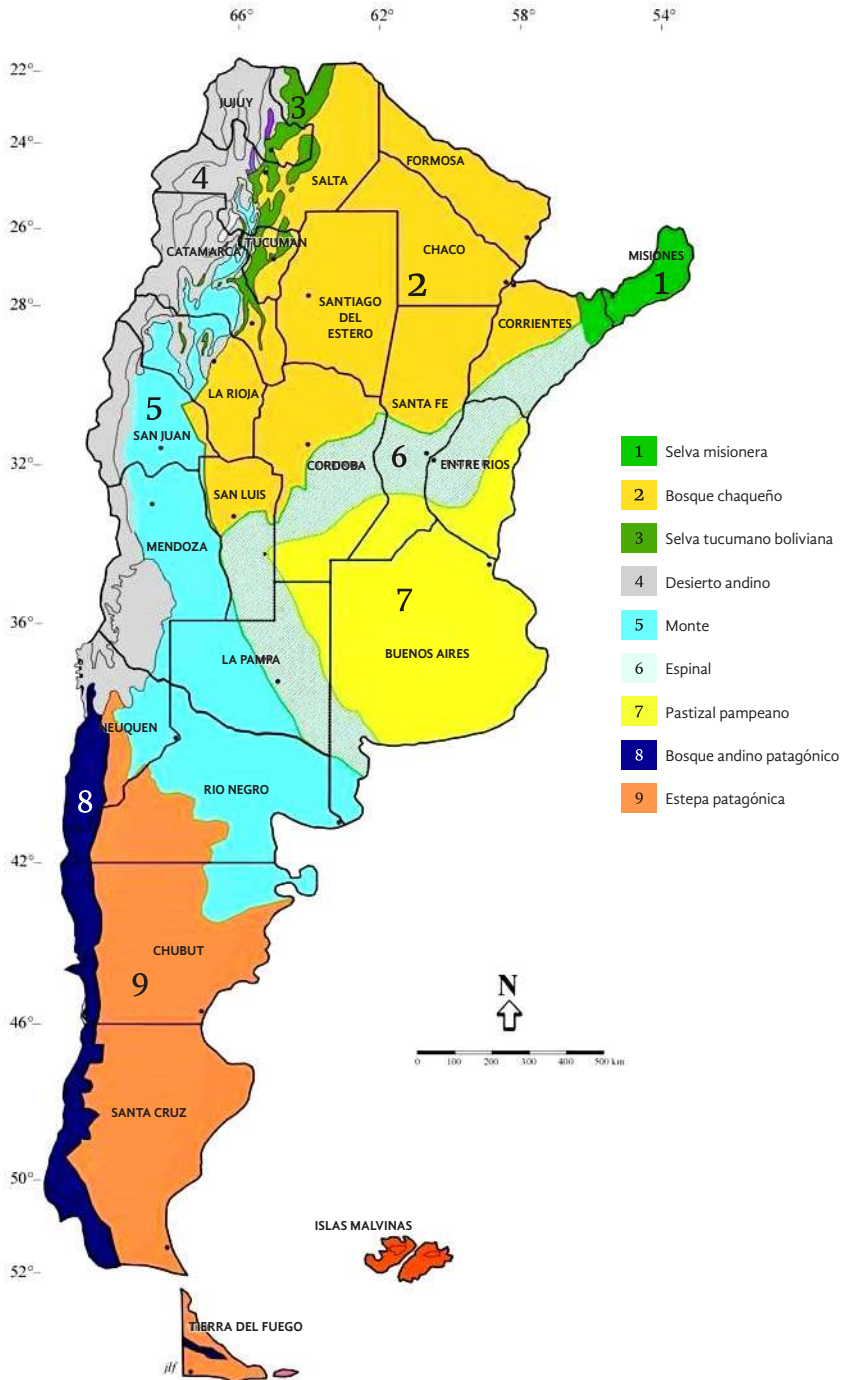


Figura 25. Principales biomas de Argentina (modificado de Fontana, 2016, p. 237).

SELVA MISIONERA

Comprende toda la provincia de Misiones y el NE de Corrientes. Sierras bajas, que alcanzan una altura de 800 msnm en Bernardo de Irigoyen, hasta las lomadas suaves con algunos cerros en el S de Misiones y NE de Corrientes caracterizan el paisaje.

Clima. Subtropical húmedo, con precipitaciones medias anuales entre 2.200 mm en el E de Misiones a 1.800 mm en Ituzaingó (Corrientes). Las temperaturas medias anuales oscilan entre 20 y 22 °C. Es posible la ocurrencia de heladas, incluso nevadas en el extremo NE.

Vegetación. La mayor parte del bioma es selva, salvo el S de Misiones y el NE de Corrientes, donde se extienden «campos», un mar de pastos salpicados por isletas de bosque. La selva de laurel caracteriza la frondosa vegetación del bioma. En el N de la aparece el palo rosa (*Aspidosperma polyneuron*) y el palmito, y hacia el NE, las araucarias o pino Paraná (*Araucaria angustifolia*) que dan una fisonomía particular al paisaje. En el S de la provincia de Misiones y NE de la provincia de Corrientes se extienden los campos: restos de bosque y de isletas de bosque con urunday (*Astronium balansae*) y canela (*Helietta apiculata*), en medio de pajonales en un relieve de suaves ondulaciones dan lugar a este paisaje, también presentes en el NE correntino (Fontana, 2015, 2018). Los espartillares, los flechillares y una vegetación higrófila de pantanos (cañaverales, pajonales húmedos) son los tipos más comunes.



Figura 26. Selva con helechos arborescentes, parque Moconá (fotografía por José Luis Fontana).



Figura 27. Campos del sur de Misiones, Loreto (fotografía por José Luis Fontana).

SELVA TUCUMANO-SALTEÑA

Se extienden por las laderas montañosas en el NO argentino, formando una estrecha franja, desde el NO de Salta y E de Jujuy, y una zona discontinua desde centro de Salta, centro de Tucumán y E de Catamarca, hasta el N de La Rioja, presentando una longitud de 600 km en sentido N-S y menos de 100 km de ancho de E-O.

Clima. Subtropical, con una estación seca de junio a noviembre (Brown *et al.*, 2001). También varía con la altura, desde húmedo y cálido al pie de la precordillera, a húmedo y templado en las mayores alturas. Un relieve muy variable, determina una gran variación



Figura 28. Bioma Selva tucumano-boliviana. Quebrada de los Sosa, Tucumán (fotografía por José Luis Fontana, 2022, p. 39).

en las temperaturas y las precipitaciones. Las precipitaciones son principalmente estivales, con registros anuales promedio entre 800 y 2.500 mm.

Vegetación. El relieve, con laderas que se encuentran entre 300 y 3.000 msnm, determina una gran variedad de ambientes. A distintas alturas se presentan distintas formaciones vegetales, desde la selva basal al pie de la montaña, las selvas de las laderas a mayor altitud, los bosques hasta los pastizales en altura. La vegetación dominante es la selva nublada, con predominancia de árboles caducifolios, que se desarrolla en las laderas. La selva de transición se ubica al pie de las laderas, en las que especies de los yungas se entremezclan con especies del Chaco. A mayor altura se encuentra el bosque montano, con reducido número de especies, y luego los pastizales de altura, donde las temperaturas son menores y el período de vegetación más corto.

Esta selva del NOA se relaciona con la selva de Misiones por la presencia de géneros comunes como *Nectandra* (laurel), *Ocotea* (laurel), *Cedrela* (cedro) y *Jacaranda*, entre otros. En cambio, *Phoebe* (laurel de la falda), *Alnus* (aliso del cerro), *Juglans* (nogal) y *Tipuana* (tipa) son géneros exclusivos de esta provincia.

BOSQUE CHAQUEÑO

Es una extensa planicie de unos 1.000 km de ancho, con llanuras y sierras bajas y una leve pendiente en el sentido O a E. La altitud va desde 40 msnm hasta los 2.300 msnm.

Comprende el N de la Argentina, hasta Córdoba, San Luis y Santa Fe en el S, y desde el pie de la Cordillera en el O, hasta el NO de Corrientes.

Clima. Es un clima continental, con lluvias estivales; los promedios anuales oscilan entre 1.200 mm en el E (Chaco húmedo de Corrientes) hasta 500 mm en el O (Chaco seco). En el oriente de la provincia fitogeográfica no hay estación seca, mientras que en occidente las lluvias están concentradas en el verano. Las temperaturas medias anuales varían entre 20° y 23 °C. Es de destacar que en esta provincia se encuentra el polo de calor de América del Sur, con centro en la región de Rivadavia, Salta (Prohaska, 1959).

Vegetación. La vegetación predominante es el bosque xerófilo con distintas gradaciones, desde húmedo con quebracho colorado y urunday en el E, hasta el bosque seco del O. Las especies características del bosque son los quebrachos (*Schinopsis* spp.), el guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), palo borracho (*Ceiba insignis*), algarrobos (*Prosopis* spp.), entre las especies arbóreas; además son características las bromeliáceas terrestres (géneros *Bromelia*, *Dyckia* y *Deinacanthum*) y numerosas cactáceas (*Opuntia*, *Eriocereus* y *Cleistocactus*). Hacia el O, a medida que disminuyen las precipitaciones, aumenta la predominancia de árboles con madera dura, donde distintos factores eliminaron la vegetación natural original, se establecieron «pampas» con pajonales del «espartillo» (*Elionurus muticus*) a los que a veces se superponen palmares de *Butia yatay*; los cañaverales húmedos ocupan las depresiones.

La variación de precipitaciones determina tres zonas: el Chaco occidental y el Chaco oriental, y una tercera condicionada además por el relieve, el Chaco serrano. En el Chaco

occidental (oeste de las provincias de Chaco y Formosa, parte de Salta y Santiago del Estero), las lluvias alcanzan unos 700 mm anuales, determinando un clima del tipo subtropical semiárido, con predominio de bosques de quebracho blanco y colorado y sectores abiertos con pastizales. El Chaco oriental es más húmedo, con lluvias que alcanzan los 1.200 mm anuales. Predominan bosques donde el lapacho, el guayaibí y el quebracho colorado son las especies más comunes. Áreas con pajonales, esteros y lagunas con vegetación acuática completan el paisaje. Entre los animales más comunes se mencionan tatú carreta, yagaretés, pumas, quirquinchos, zorros, osos hormigueros, numerosos reptiles y aves.



Figura 29. Bioma bosque chaqueño. Chaco serrano con bosque de orco quebracho, La Serranita, provincia de Córdoba (fotografía por José Luis Fontana, 2022, p. 50).



Figura 30. Bioma bosque chaqueño. Chaco occidental con bosque de quebracho colorado en Nueva Pompeya, Chaco (fotografía por José Luis Fontana).

PASTIZALES PAMPEANOS

Con una superficie de 47 millones de hectáreas, ocupa las extensas llanuras del E del país, entre 31° y 39° latitud S: la mayor parte de la provincia de Buenos Aires, S de Entre Ríos, S de Santa Fe, S de Córdoba, el E de la Pampa y una reducida superficie del E de San Luis.

Clima. Templado cálido, con lluvias en todo el año. Las precipitaciones disminuyen de S a N y de E a O, desde 1.100 mm en el NE de la provincia hasta 600 mm en la zona SO. Las temperaturas medias varían entre 17 °C al N y 13 °C al S. Las heladas son comunes durante el invierno y comienzo de la primavera en toda la provincia fitogeográfica, acentuándose hacia el S.

Vegetación. La provincia pampeana se caracteriza por el predominio absoluto de las gramíneas, aunque no registra endemismos, quizás debido a su edad relativa reciente. Sobre esta unidad biogeográfica avanzaron elementos chaqueños que encontraron allí sitio para su diversificación.

La vegetación predominante es la estepa de gramíneas formada por hemicriptófitos cespitosos, es decir, plantas que tienen sus órganos de regeneración a ras del suelo y que bajo circunstancias adversas (quema, sequía o heladas) permite a la planta retraerse para que llegado el momento favorable pueda volver a crecer.

Al ocupar la región de mayor antigüedad de colonización, poco queda de la vegetación original.

Tiene una alta diversidad en especies de aves, registrándose entre 300 y 400 especies; también los mamíferos son diversos con un centenar de especies.



Figura 31. Bioma pastizales pampeanos. Centro E de Buenos Aires, cerca de San Clemente del Tuyú (fotografía por José Luis Fontana, 2022, p. 65).

ESTEPA PATAGÓNICA

Se extiende por el O de Neuquén, centro SO de Río Negro, Chubut y la mayor parte de Santa Cruz, excepto su extremo S (Roig, 1998). Con el monte forma una ancha zona de transición donde se mezclan plantas de una y otra provincia. Según Karlín et al. (2017), la península Valdés pertenece a la provincia patagónica.

Clima. El clima se caracteriza por ser templado a frío, muy seco, ventoso. Las heladas son posibles durante todo el año. Las lluvias, muy escasas, varían entre 120 mm en el E hasta 450-500 mm en el O. Las nevadas son comunes durante el invierno y las heladas son posibles todo el año. El viento fuerte predominante es del sector O.

Vegetación. La vegetación característica es la estepa arbustiva, baja, con numerosas especies de crecimiento achaparrado, espinosas, muchas incluso áfilas. Las condiciones de vida que determinan un lento crecimiento de la mayoría de las plantas llevaron a una serie de adaptaciones de defensa contra herbívoros que incluyen espinas, resinas, aceites esenciales. El crecimiento en cojín, casi pegado al suelo, es una adaptación llamativa contra el viento. La presencia de gruesas cutículas en hojas de distintas familias de plantas evitan un exceso de evaporación, en una zona donde el agua escasea.

La presencia de géneros endémicos caracteriza esta provincia fitogeográfica (Cabrera, 1976; Soriano, 1956), entre ellos: *Saccardophyton*, *Pantacantha* y *Benthamiella* (Solanac.), *Ameghinoa*, *Duseniella*, *Eriachaenium* y *Lepidophyllum* (Asterac.), *Neobaclea* (Malvac.), *Xerodraba* (Brassicac.), *Philippiella* (Cariophyllac.).



Figura 32. Estepa patagónica. Península Valdés (fotografía por José Luis Fontana, 2022, p. 6).

BOSQUES PATAGÓNICO-FUEGUINOS

También conocida como la provincia de los bosques subantárticos. Es una estrecha franja que se extiende en el lado oriental de la cordillera, desde el N de Neuquén hasta Tierra del Fuego. En el S de Santa Cruz llega incluso hasta la costa atlántica.

Clima. Es templado a frío, húmedo, con ingreso de precipitaciones desde el océano Pacífico. Inviernos largos, con muchas e intensas nevadas. Más frío hacia el S, presenta incluso glaciares que bordean los bosques. Las heladas son posibles durante todo el año. Las precipitaciones son muy variables, desde unos 500 mm, pudiendo en algunos sitios alcanzar hasta 5.000 y más mm; disminuyen hacia la zona oriental de la provincia.

Vegetación. Las formaciones boscosas caducifolias, perennifolias y de coníferas son las más importantes. Los géneros *Nothofagus*, *Lepidothamnus*, *Laurelia*, *Lomatia*, etc., son los taxones característicos. La familia hemiparásita de las misodendráceas es endémica de estos bosques, así como los géneros *Fitzroya* (alerces), *Austrocedrus* (ciprés de la cordillera) y *Pilgerodendron* (ciprés de las Guaitecas). Existen elementos de origen tropical, como bambúseas y mirtáceas.

Los bosques caducifolios y perennifolios, las estepas de gramíneas y turberas son los tipos de vegetación característicos. La formación vegetal que predomina es el bosque, con varias comunidades, las que se ubican siguiendo un gradiente de altura y latitud. Comprende cuatro distritos (Boelcke *et al.*, 1985; Roig, 1998): el distrito del Pehuén, el distrito del bosque caducifolio, el distrito valdiviano y el distrito magallánico.

Entre los animales presentes en este bioma, se pueden mencionar zorros, pumas, ciervos como el huemul.



Figura 33. Bosque patagónico (fotografía por Guido Fontana).



Figura 34. Bosque patagónico bis (fotografía por Guido Fontana).

DESIERTO ANDINO

Este bioma se extiende por la cordillera de los Andes, desde el límite con Bolivia en el N de Jujuy hasta el S de Neuquén.

Clima. Lo caracteriza la aridez, las bajas temperaturas a lo largo de todo el año y los vientos fuertes. La gran amplitud térmica diaria es otra de las características de este bioma. Por lo general, las pocas precipitaciones que ocurren son en forma de nieve.

Vegetación. La vegetación típica son pastizales que forman matas aisladas con suelo desnudo, entre ellas, algunos arbustos achaparrados y cojines.

Es el hábitat de los camélidos sudamericanos como la llama, alpaca, vicuñas y guanacos.



Figura 35. Bioma desierto andino. Ruta al Paso de Jama, cuesta del Lipán (fotografía por José Luis Fontana).

MONTE

Con una superficie aproximada de unas 36.2 millones de hectáreas, se extiende por una franja entre los paralelos 27° y 44° S, desde el Valle de Santa María en Salta por el centro de Catamarca y de La Rioja, centro y E de San Juan y Mendoza, centro y E de Neuquén, O de la Pampa, centro y E de Río Negro y NE del Chubut.

Clima. El clima es seco y cálido en el N, seco y fresco en el S. Las lluvias varían entre 50 y 250 mm; en el N son estivales y en el S son invernales y primaverales. La temperatura media varía desde 17,5 °C (Tinogasta) en el N a 13,4°C en el S (Trelew).

Llanura y bolsones, cadenas de montañas y mesetas son parte del relieve que caracteriza la provincia del monte.

Vegetación. Se caracteriza por estepas arbustivas xerófilas, psamófilas o halófilas. Pequeños bosques con sauces y mimosoideas también están presentes, aunque son de menor importancia.

La vegetación subarborescente característica de esta provincia diferencia perfectamente el monte del Espinal. Es característica la dominancia de jarillas (*Larrea* spp.). En el N de la provincia abundan las cactáceas. Muchos géneros de plantas unen al monte con la provincia chaqueña, por ejemplo, *Prosopis* (algarrobos), *Atamisquea* (atamiski), *Cercidium* (brea), *Bulnesia* (retamo).

Predominan en forma absoluta las plantas xerófilas, desde las efímeras, es decir, aquellas de una corta vida (terófitos) hasta las plantas suculentas que almacenan agua, o aquellas con hojas reducidas o áfilas que reducen considerablemente la pérdida de agua, algunas muy longevas.

En el N del monte, en el jarillal, también se encuentran los grandes cardones (*Trichocereus terscheckii*), tan característicos del NO argentino.



Figura 36. Bioma monte. Norte de Cafayate (fotografía por José Luis Fontana).

En la orilla de los ríos, o donde la napa freática no se encuentra a gran profundidad, se desarrollan bosques formados por varias especies de algarrobos (*Prosopis alba*, *P. nigra*, *P. flexuosa*), junto al chañar y a la brea (*Cercidium praecox*), como ocurre en Cafayate.

En los suelos salobres, los matorrales de jume (*Allenrolfea vaginata* y *Suaeda divaricata*) ocupan el lugar junto con los cachiuyos (*Atriplex* spp).

ESPINAL

Forman una franja en arco, que rodea por el N a la provincia pampeana, desde el centro de Corrientes y el N de Entre Ríos, por el centro de Santa Fe y de Córdoba, por San Luis y el centro de La Pampa, hasta el S de Buenos Aires.

Provincia caracterizada por las sabanas de pajonales y pastizales salpicadas por árboles, en su mayor parte aislados, bajos y con las copas extendidas hacia los costados. Predominan los algarrobos (*Prosopis* spp.), como restos de una vegetación natural que existió antes de la fuerte presión del hombre blanco, directa (tala, fuego) o indirecta (pastoreo).

Clima. El clima es desde húmedo y cálido en el E (unos 1100 mm) hasta seco y templado en el O y en el S (unos 350 mm), donde las lluvias ocurren principalmente en verano.

Vegetación. Predominan los bosques abiertos con algarrobos y las sabanas. Se reconocen tres distritos: del ñandubay con *Prosopis affinis*, del algarrobo con *Prosopis nigra* y *Prosopis alba*, y del caldén con *Prosopis caldenia*.

El distrito del ñandubay abarca el S de la provincia de Corrientes, N de la provincia de Entre Ríos y centro de la provincia de Santa Fe. La comunidad vegetal dominante es el bosque de ñandubay. Crecen junto a ellos el chañar (*Geoffroea decorticans*), el molle (*Schinus molle*), la tala (*Celtis tala*). Palmares con yatay (*Butia yatay*) son también característicos del distrito (Parque Nacional del Palmar, Entre Ríos).



Figura 37. Bioma espinal. Algarrobal en el centro de Entre Ríos (fotografía por José Luis Fontana, 2022, p. 54).

El distrito del algarrobo se encuentra en el centro de la provincia de Santa Fe, a través de la Provincia de Córdoba hasta el N de la provincia de San Luis. Los algarrobos *Prosopis nigra* y *P. alba* son los dominantes. El chañar y la sombra de toro acompañan como especies arbóreas.

El distrito del caldén es el más seco del Espinal. Comprende el centro y S de la provincia de San Luis, centro de la provincia de La Pampa hasta el S de la provincia de Buenos Aires. Lo caracteriza la presencia del caldén, el único árbol endémico del espinal. Forma bosques xerófilos, de unos 8 m de altura, generalmente abiertos. El estrato arbustivo es pobre, pero en cambio es abundante el estrato herbáceo con numerosas gramíneas.

Cuando el bosque original es destruido, la jarilla se convierte en especie invasora, dando lugar a los denominados jarillares.

Vizcachas, carpinchos, gatos monteses, pumas y numerosas aves son parte de la fauna del bioma.



Figura 38. Bioma espinal. Caldenes en San Luis (fotografía por José Luis Fontana, 2022, p. 56).

DESIERTO ANTÁRTICO

Comprende el sector antártico argentino, las islas Orcadas del Sur, Shetland del Sur y 25 de Mayo, archipiélago de Palmer, y las numerosas islas menores, todas ellas al S del paralelo 60° S.

Clima. Las temperaturas extremadamente bajas que pueden alcanzar -60 °C caracterizan el clima antártico. Hielo y nieve están presentes todo el año. Las precipitaciones son reducidas y siempre en forma de nieve, con un promedio de 140 mm anuales. Las bajas temperaturas anuales reducen la evaporación, que es casi nula. Gran parte de la Antártida puede considerarse un desierto helado.

Vegetación. Las plantas, particularmente líquenes y musgos, están condicionadas por el clima extremo y por la fragmentación de su hábitat. Están en sitios dispersos a lo largo de la zona marítima del continente, donde aflora la roca, libre de hielo, durante el corto verano.



Figura 39. Bioma desierto antártico en verano. Base Marambio (fotografía por Damián Feresín, en Fontana, 2022, p. 101).

Parte de estos líquenes y musgos también se encuentran en el hemisferio norte, en zonas polares y alpinas; poco más de un 30% son especies endémicas y el resto con propios de la región austral del planeta. Se trata de unas 100 especies de musgos y unas 400 de líquenes, y de una cantidad semejante de especies terrestres de algas verdes y cianofíceas. Casi la totalidad de estas especies viven en la denominada zona marítima del continente antártico. Apenas unas 40-50 especies de ellas pueden encontrarse en el interior continental (Sancho, 2020).

Sólo dos especies de plantas con flores son habitantes de este territorio helado: una gramínea (*Deschampsia antártica*) o pasto antártico y *Colobanthus quitensis*, el clave-lito antártico; de pequeño tamaño, no más de 10-12 cm, crecen en sitios al abrigo de las condiciones extremas, al pie de acantilados, rocas, sobre el suelo desnudo o en grietas. También crecen en las islas Malvinas, Georgias del Sur, Orcadas del Sur, Shetland del Sur, archipiélago de Palmer, Bouvet, Crozet, Kerguelen y en la cordillera de los Andes.

Algunas plantas del continente fueron introducidas en el siglo XX. Entre 1950 y 1960 se transportó ganado en pie a algunas de las bases antárticas, como las chilenas; el transporte de fardos de pasto permitió también la instalación de algunas gramíneas ruderales como *Poa annua* y *Poa pratensis* en sitios más protegidos, en torno a las bases militares (San Martín, 2017).

La vida animal se concentra principalmente en la costa donde descansan pingüinos, focas, lobos marinos, lobos de dos pelos, elefantes marinos, leopardos de mar, numerosas aves como cormoranes, gaviotas, skuas, albatros, entre otros.



ACTIVIDADES

1. Realizar un mapa conceptual sobre los biomas del planeta.
2. Tener presente los factores condicionantes de los biomas: nombres, distribución y características esenciales.
3. Recurrir a las siguientes páginas gratuitas:

Bubbl.us (s.f.). *Ejemplos de mapas mentales*. <https://bubbl.us/>

Wise Mapping (s.f.). *Mapas mentales en línea gratuitos*. <http://www.wisemapping.com/>

Xmind (s.f.). *Ideas grow on trees*. <https://www.xmind.net/>



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMIRÓN, H. M., Beber, D. de J., Bejarano, M.R., Bruno, F. N., Duarte, L. N., Fontana, J. L., Romero, G. I., Sena, D. V. V. y Von Fuchs, M. C. A. (2022). *Apuntes de Fitogeografía argentina. Una guía de estudio* (1ª ed.). Serie Publicaciones didácticas de la Cátedra de Ecología Vegetal, (4). Vida Correntina.
- BOELCKE, O. D., MOORE, D. M. y ROIG, F. A. (1985). *Transecta Botánica de la Patagonia Austral*. Conicet (Argentina), Instituto de la Patagonia (Chile) y Royal Society (Gran Bretaña).
- BROWN, A. D., Grau, H. R., Malizia, L. R. y Grau, A. (2001). *Argentina*. En M. Kappelle y A. D. Brown (eds.) *Bosques nublados del neotrópico* (1ª ed.; pp. 623-659). INBio.
- CABRERA, A. L. (1976). Regiones Fitogeográficas Argentinas. En *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* (T. 2; Fasc. 1). Acme.
- CLEMENTS, F. y Shelford, V. (1939). *Bio-ecology*. J. Wiley & Sons inc.
- DANSEREAU, P. (1968). *Macaronesian studies II. Structure and functions of the Laurel Forest in the Canaries*. *Collectanea Botánica*, 1(7), 227-280.
- Diccionario Etimológico Castellano en línea (s.f.). *Tundra*. DeChile.com.
- _____ (s.f.). *Taiga*. DeChile.com.
- FONTANA, J. L. (2015). Flora y Vegetación del Nordeste de Corrientes y sur de Misiones. En V. Bauni, M. Homberg y V. Capmourteres (eds.) *El Patrimonio Natural y Cultural en el área de influencia del Embalse de Yacretá, Argentina* (cap. 1, pp. 9-27). Fundación Félix de Azara.
- _____ (2016). *Principios de ecología* (1ª reimp.) Brujas.
- _____ (2018). Una introducción al tapiz verde del Noroeste de Corrientes y Este del Chaco. En J. L. Fontana (ed.) *La vegetación del nordeste argentino 1: las comunidades vegetales del Noroeste de Corrientes y del Este de Chaco* (Vol. 3, pp. 7-20). Serie Publicaciones Didácticas de la Cátedra de Ecología Vegetal.
- FONTANA, J. L. (comp. y ed.) (2022). *Apuntes de Fitogeografía argentina. Una guía de estudio* (1ª ed. comp., Vol. 4). Serie Publicaciones didácticas de la Cátedra de Ecología Vegetal. FaCENA-UNNE.
- HARVEY, D. (1983). *Teorías, leyes y modelos en geografía*. Alianza.
- KARLIN, U., Karlin, M. S., Zapata, R. M., Coirini, R. O., Contreras, A. M. y Carnero, M. (2017). La Provincia Fitogeográfica del Monte: límites territoriales y su representación. *Multequina*, 26, 63-75.
- LACOSTE, A. y Salanon, R. (1981). *Biogeografía*. Oikos Tau.

- _____ (1999). *Éléments de Biogéographie et d'Ecologie* (2ª ed.) Nathan.
- LEMÉE, G. (1967). *Précis de Biogéographie*. Masson et Cie.
- MORELLO, J. (1999). Biodiversidad y fragmentación de los bosques en la Argentina. En S. D. Matteucci *et al.* (eds.) *Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos en Latinoamérica* (pp. 463-498). Eudeba.
- ODUM, H. T. *et al.* (1988). *Environmental Systems and Public Policy*. Ecological Economics Program. University of Florida.
- PROHASKA, F. J. (1959). *El polo de calor de la América del Sud*. Idia.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (1996). Bioclimatical Classification System of the World (Clasificación bioclimática de la Tierra), *Folia Bot. Matritensis*, 16, 1-25.
- ROIG, F. A. (1998). La vegetación de la Patagonia. En M. Correa (ed.) *Flora patagónica* (T. 8). Inta Colección Científica.
- SANCHO, L. (2020). La vegetación antártica, centinela del cambio climático. *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 86(4), 269-279.
- SAN MARTÍN, L. (2017). *Flora y fauna en la Antártica* [Monografía]. Diplomatura en Asuntos Antárticos. Universidad Magallanes-UMAG.
- SCHIMPER, G. H. W. (1834). *Reise nach Algier 1831-1834* (Viajes a Argelia). Metzler.
- SMITH, T. M. y SMITH, R. L. (2007). *Ecología* (6ª ed.). Pearson Educación.
- SORIANO, A. (1956). Los distritos florísticos de la provincia patagónica. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 10, 323-347.

Fotografías

- BRAUTESETH, G. (2021). *Un montón de plantas que están en la hierba* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/P3vnKD>
- COSTA BALDI, P. (2011). *Kukenan Roraima* [Fotografía]. Wikipedia. <https://acortar.link/c48oos>
- CLODE, D. (2018). *Árboles de hoja verde* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/hUPV2c>
- EUGENE (2023). *Un camino de tierra en medio de un bosque* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/RoUMW8>
- GIL, C. (2018). *Desierto en el oeste americano* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/zdWw18>
- HECKEL, P. (2021). *Campo de hierba verde cerca de la montaña bajo el cielo azul durante el día* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/A95R6c>

- LAMPEL, J. (2020). Árboles verdes bajo el cielo nublado durante el día. El Yunque, Río Grande, Puerto Rico [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/uRqIMd>
- LEONTIEV, E. (2022). *Un arroyo que atraviesa una zona cubierta de hierba con una montaña al fondo* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/lxCrJV>
- RODRIGUES, F. (2020). *Ciervo marrón en un campo marrón durante el día* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/2Wfool>
- SUDYIN, M. (2019). *Fotografía de paisaje de árboles de hojas verdes* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/UTogln>
- WONG, D. (2021). *Un grupo de pingüinos parados en la cima de una ladera cubierta de nieve* [Fotografía]. Unsplash. <https://acortar.link/eHMryG>

Capítulo 5. Ambientes acuáticos y terrestres

En este capítulo abordaremos los *factores ambientales* que condicionan el funcionamiento de los ambientes acuáticos y terrestres. Esos factores –que varían espacial y temporalmente– interaccionan con los seres vivos y, cuando las condiciones ambientales son adecuadas, pueden cumplir su ciclo vital, adaptándose a ese ambiente.

Al observar la diversidad de organismos que existen y los lugares donde habitan, cabe la pregunta motivadora ¿Por qué los organismos viven donde viven? Para comprender la distribución y la abundancia de una especie, es necesario conocer su historia, los recursos que necesita, las tasas de natalidad, mortalidad y migración de los individuos, sus interacciones con su propia especie y con otras, y los efectos de las condiciones ambientales (Begon, Townsend y Harper, 2006).

Las condiciones son factores ambientales abióticos que influyen en el funcionamiento y en la vida de los organismos (pH, humedad, salinidad, entre otros) y pueden ser modificados por la presencia de otros organismos.

Los factores como temperatura, humedad, luz y nutrientes varían espacialmente –de acuerdo con la latitud, la región o la localidad– y temporalmente –anual, estacional, diariamente– (Smith y Smith, 2007). Esa variación está dada por el flujo de radiación solar que es recibida en la superficie de la Tierra y que influye en los factores mencionados, definiendo el ambiente físico en el que viven los organismos y al que responden de distinta manera, indicando su tolerancia ambiental (Figura 1).

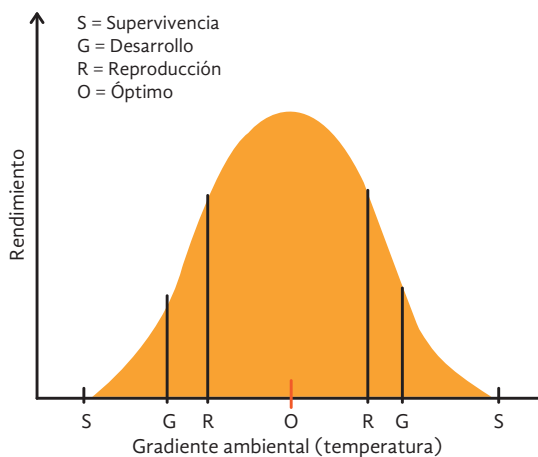


Figura 1. Respuesta de un organismo de acuerdo con un gradiente ambiental (temperatura). En los puntos extremos de la curva se representan los límites superior e inferior de supervivencia y entre esos límites, los rangos en los que puede crecer y reproducirse (Smith y Smith, 2007).

En un ejemplo regional podemos ver la respuesta ecológica de los sauces (*Salix humboldtiana*) y alisos (*Tessaria integrifolia*) al gradiente topográfico en islas vinculadas al río Paraná, mostrando diferencias de casi un metro en su distribución (Figura 2).

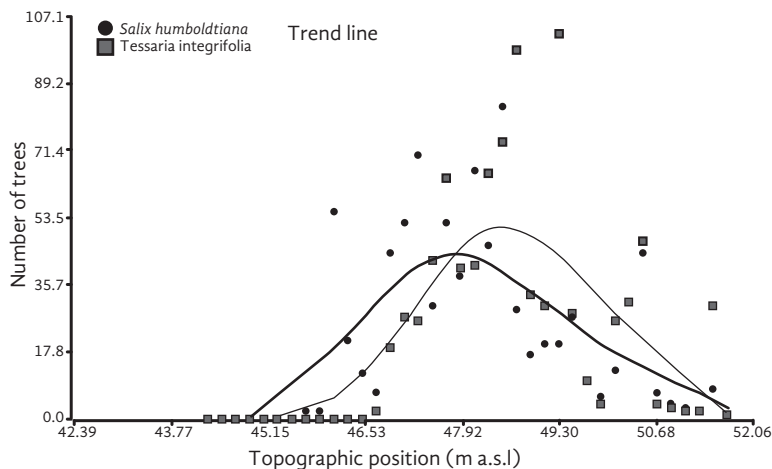


Figura 2. Distribución de sauces (*Salix humboldtiana*) y alisos (*Tessaria integrifolia*) en el gradiente topográfico en el Bajo Paraná (adaptado de Casco et al., 2010, p. 172).

Es decir, el rango de condiciones en el que puede vivir un organismo tiene límites, descritas por una curva de tolerancia y comprendidas en ese rango hay algunas condiciones más estrechas para que los organismos crezcan y se reproduzcan. Tanto la distribución (presencia o ausencia) como la abundancia (cantidad o tamaño poblacional) de los organismos dependen de la variabilidad ambiental y de la tolerancia a dicha variabilidad.

Debido a que el medio físico es cambiante, los organismos deben mantener su ambiente interno constante, con ciertos niveles de agua, acidez, salinidad, etc., a través de un intercambio continuo de energía y materia. La obtención de energía es muy distinta en plantas y animales: las plantas verdes la obtienen del proceso de la fotosíntesis; los animales, al ser heterotróficos, dependen de los compuestos orgánicos contenidos en plantas y animales, habiendo cientos de miles potenciales elementos alimenticios combinados (Smith y Smith, 2007).

Operativamente, los factores ambientales se pueden clasificar en *fisiológicos*, aquellos que inciden directamente en los procesos biológicos; de *terreno*, aquellos que modifican a los factores fisiológicos, incidiendo indirectamente sobre los procesos vitales; *bióticos*, aquellos causados por organismos sobre otros organismos; y de *manejo*, aquellos en los que hay intervención humana sobre los organismos y el suelo (Fontana, 2016). Estos factores se representan en la Figura 3.

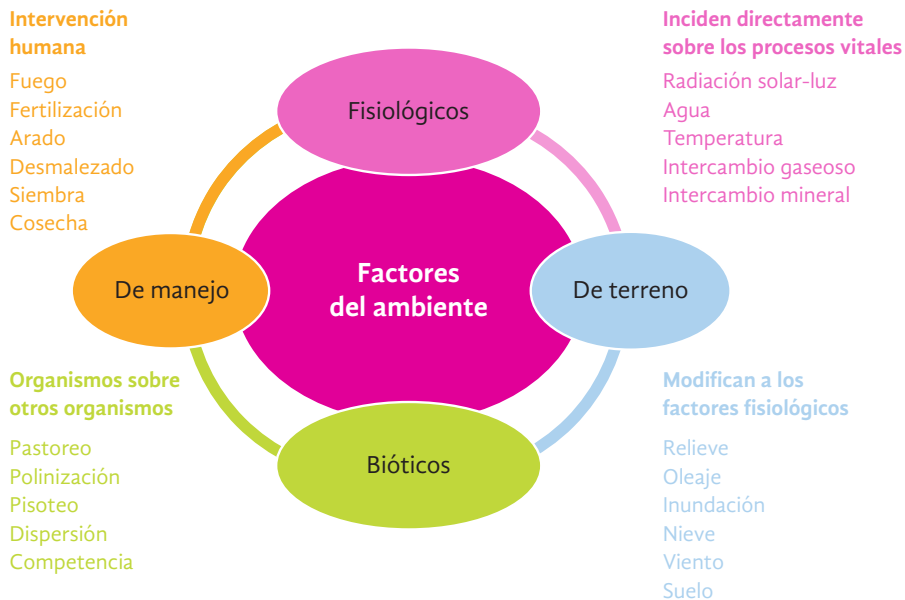


Figura 3. Factores que condicionan la vida de los organismos (adaptado de Fontana, 2016).

FACTORES AMBIENTALES

Seguidamente, se describen brevemente los principales factores que condicionan la vida de los organismos en los ecosistemas acuáticos y en los ecosistemas terrestres.

Clima. Dentro de los factores físicos, el clima es el factor que impone las mayores restricciones a los organismos. Aunque suele ser un término confundido con el de *tiempo*, el clima es definido por la Organización Mundial del Clima (OMM) como:

el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizadas por los estados y evolución del tiempo en el curso de un período suficientemente largo (30 años), para un dominio espacial determinado. (Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto)

Es decir que se puede hablar de un clima local, regional, global. Sin embargo, para definir al tiempo, se hace referencia a la «combinación de temperatura, humedad, precipitaciones, viento, nubosidad y otras condiciones atmosféricas que suceden en un momento y lugar determinados» (Smith y Smith, 2007, p. 46).

De acuerdo con Fernández García (2012), el conocimiento del clima implica abordar claramente cuatro ideas: la diferenciación entre tiempo y clima, los factores, los elementos y la escala de análisis (Figura 4).

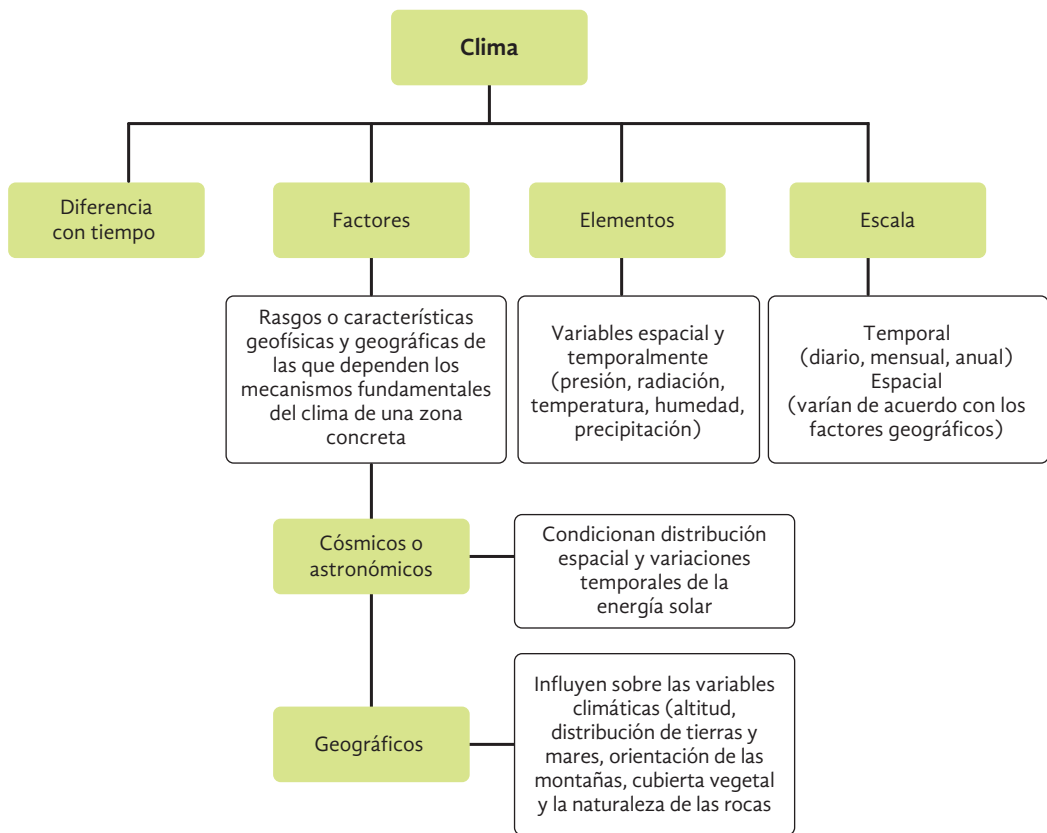


Figura 4. Aspectos a considerar para conocer y comprender el clima (adaptado de Fernández García, 2012).

Los *factores* son las características geofísicas y geográficas de los mecanismos fundamentales del clima en una zona completa. Se dividen en cósmicos o astronómicos (condicionan la distribución espacial y las variaciones temporales de la energía solar).

Las variaciones de las temperaturas y las precipitaciones en la Tierra determinan la distribución de la vegetación, influyendo en la cantidad de energía solar que pueden captar y utilizar; por lo tanto, el clima controla la distribución y abundancia de las plantas y animales (Smith y Smith, 2007).

Luz. La energía solar es la responsable de los patrones térmicos y, con los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, originan los patrones de circulación de los vientos y las corrientes oceánicas que influyen en las precipitaciones (Figura 5).

Las capas más externas de la atmósfera terrestre captan la energía solar. De los 340 vatios por metro cuadrado que llegan a la Tierra, el 29% se refleja en el espacio, en otras superficies y en la atmósfera; el 23% es absorbido por los gases atmosféricos, polvo y otras partículas, y el 48% restante es absorbido por superficie (Nasa, 2009).

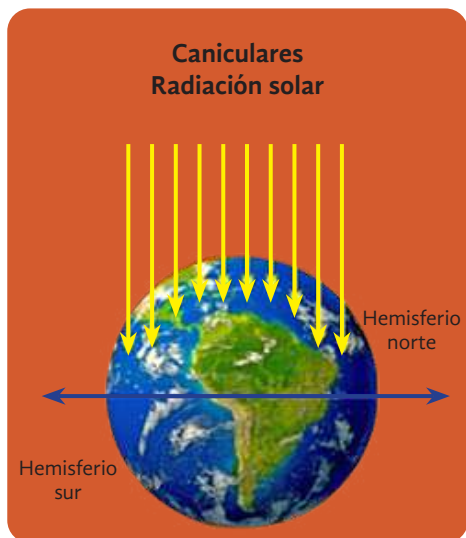


Figura 5. Incidencia de la radiación solar en la Tierra (figura por Arkael Leo, 2018, CC BY-SA 4.0).

La latitud hace que la cantidad de energía solar que es recibida en la Tierra sea variable. En las latitudes más altas, la radiación llega con mayor inclinación y se extiende en una superficie mayor y, cuando llega a la atmósfera con marcada inclinación, hay más partículas y mayor capa de aire que atravesar, por lo tanto, se reflejará más radiación. Es por esto que la temperatura es mayor en los trópicos que en el Ecuador (Smith y Smith, 2007).

La radiación cambia a lo largo del año debido a que el eje vertical de la Tierra está inclinado $23,5^\circ$ respecto del Sol, consecuentemente, los rayos caen perpendiculares, causando variación de temperatura y de la duración de los días. Esta estacionalidad aumenta con la latitud originando en los polos, durante el solsticio de verano, que el Sol no se oculte. También, debido a la inclinación de la Tierra, el trópico recibe más luz que en las otras zonas de la Tierra.

La radiación solar que llega a la Tierra es interceptada y puede ser reflejada, transmitida o absorbida por las plantas y constituye un recurso continuo (Begon, Townsend y Harper, 2006). Del rango total de radiación, las longitudes de onda comprendidas entre los 400 y los 700 nm constituyen la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR en inglés) y son las que las plantas utilizan en la fotosíntesis, convirtiendo el dióxido de carbono y agua en compuestos orgánicos de carbono. De ese rango, las plantas reflejan entre un 6 y un 12% (Smith y Smith, 2007). Esta radiación es fijada por las plantas verdes a través de la clorofila y otros pigmentos.

Las longitudes de ondas más cortas que las del espectro visible por el ojo humano forman parte de la radiación ultravioleta (Figura 6) y las que son más largas constituyen la radiación infrarroja. Cada tipo tiene variaciones: Ultravioleta A (entre 315 y 380 nm) y Ultravioleta B (entre 280 y 315 nm), infrarroja cercana (740 a 4.000 nm) e infrarroja lejana

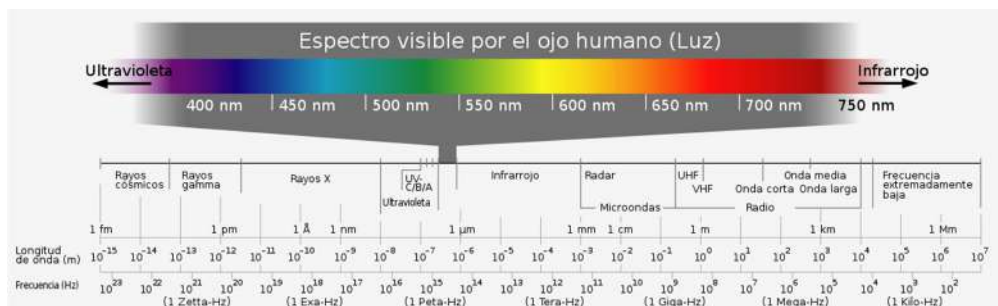


Figura 6. Espectro visible por el ojo humano (figura por Frank Horst, 2007, CC BY-SA 3.0).

(térmica, entre 4.000 y 100.000 nm). De la radiación ultravioleta que llega directamente a las plantas, es reflejada un 3% y de la radiación infrarroja, un 70%.

La radiación que es captada por la vegetación depende de la densidad, de la distribución y de la estructura foliar, registrándose menor cantidad lumínica hacia el suelo. En los ambientes terrestres, las hojas viven en un régimen de radiación variable durante el día y durante el año, por lo tanto, su actividad fotosintética es variable también (Begon, Townsend y Harper, 2006). El nivel de radiación en el que la tasa de absorción del dióxido de carbono en la fotosíntesis es igual a la que se pierde en la respiración, es el punto de *compensación de luz*. Mientras que, cuando el nivel de radiación en el que un aumento de la cantidad de luz no produce un aumento de la tasa de fotosíntesis, es el punto de *saturación de luz*.

La tasa fotosintética y la disponibilidad de luz varían entre especies de plantas: aquellas que están adaptadas a la sombra, el punto de compensación, de saturación y la tasa fotosintética máxima son menores que en aquellas adaptadas a ambientes iluminados. Estas plantas son denominadas *intolerantes a la sombra* y las que se adaptan a ambientes con poca luz, *tolerantes a la sombra*.

Temperatura. El efecto de la temperatura en los seres vivos es constante, ya que se desenvuelven en un intercambio de energía con el medio termodinámico. Distintos procesos son condicionados por la temperatura, como la tasa fotosintética, el almacenamiento de energía de las plantas, la velocidad de las reacciones químicas, entre otros.

A pesar de que existe un amplio rango en el que las temperaturas debajo de las óptimas no producen daños físicos y sobre las que los efectos son reversibles, existen dos tipos de daños producidos por las bajas temperaturas: el enfriamiento y la congelación. Por su parte, las temperaturas por encima del óptimo causan inactivación e incluso desnaturalización de las enzimas y efectos indirectos por deshidratación (Begon, Townsend y Harper, 2006).

Para que los organismos puedan mantener constante su temperatura corporal, deben liberar y obtener calor hacia y del medio circundante (Smith y Smith, 2007). Lo pueden hacer de tres maneras: por *evaporación* (liberando calor a través de una superficie), por

conducción (se transfiere el calor de un cuerpo sólido más caliente a otro sólido más frío) y por *convección* (el calor se transfiere cuando un fluido transcurre sobre un objeto). Los animales y los vegetales se diferencian sustancialmente en sus relaciones térmicas con el entorno.

Los *animales* pueden producir calor con su metabolismo, liberando o buscando el calor y el frío a través de su movilidad, dependiendo de su estructura corporal. El interior del cuerpo de un animal se regula dentro de un rango definido de temperaturas, que es diferente al del ambiente externo que lo rodea (agua o aire) y también diferente a la temperatura de la capa superficial del cuerpo del animal, dentro o sobre las plumas, pelos y escamas (Smith y Smith, 2007). La suave variación de la temperatura ocurre desde el centro hacia la superficie, zonas que están separadas por una capa de grasa y músculos, que influyen en la conductividad térmica del organismo. A través de la tasa metabólica y del intercambio de calor, los animales equilibran las ganancias y pérdidas de calor al ambiente: desde el interior hasta la capa superficial por conducción y desde la capa superficial con el entorno por convección, radiación, evaporación y conducción.

Fisiológicamente, los animales se clasifican en tres grupos de acuerdo a los mecanismos que utilizan para regular su temperatura.

- Los *heterotermos* (Figura 7), especies que en ocasiones regulan su temperatura y en otras no lo hacen; dependiendo del momento de su ciclo diario o estacional, también pueden soportar cambios drásticos en su temperatura corporal. En este grupo se incluyen los insectos, por ejemplo, que aumentan su tasa metabólica para generar el calor suficiente antes de iniciar el vuelo.
- Los *homeotermos* (Figura 8), el mantenimiento de la temperatura es constante, independiente de las temperaturas externas y la producción interna de calor es por endotermia (calor desde adentro). A este grupo pertenecen las aves y los mamíferos.
- Los *poiquilotermos* (Figura 8), la temperatura es regulada por mecanismos externos, por ectotermia, exponiéndose a fuentes ambientales de calor, disipándolo por conducción, convección y evaporación, por lo tanto, la temperatura es variable. Peces, anfibios, reptiles, insectos y otros invertebrados están incluidos en este grupo.

Algunos animales homeotermos se vuelven heterotermos para reducir los costos metabólicos diarios, entrando en un estado de *torpor* diario, es decir, la reducción de la temperatura corporal hasta igualar a la ambiental, independientemente de la estación. Otros animales (poiquilotermos y mamíferos heterotermos) para atravesar los inviernos muy fríos entran en un estado de torpor prolongado, denominado *hibernación*, donde se no produce actividad, experimentando algunos cambios fisiológicos como ocurre en algunos poiquilotermos (disminución de azúcar en sangre, aumento de glucógeno hepático, piel más oscura, otros) y en los homeotermos que se vuelven heterotermos, adoptando hipotermia, disminuyendo la frecuencia cardíaca, la respiración y el metabolismo total (Smith y Smith, 2007).

Las *plantas*, al estar sujetas al suelo, viven en un amplio rango de temperatura y, además, algunas hojas, brotes y yemas pueden estar expuestas a la radiación solar y otras, bajo

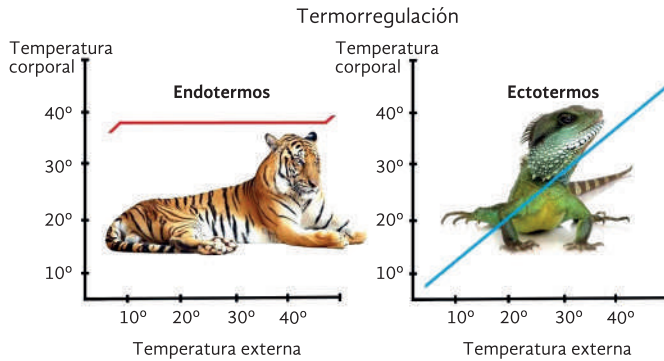


Figura 7. Proceso de regulación de la temperatura en animales (gráfico recuperado de Pet Room, 2021).

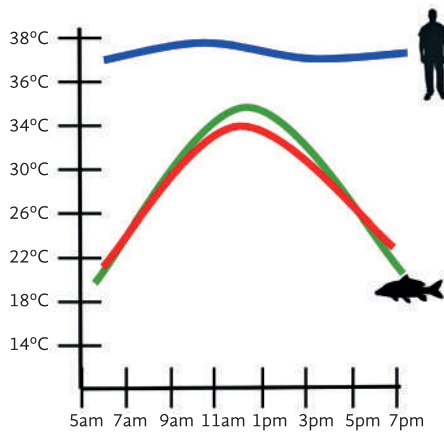


Figura 8. En los poiquilotermos –línea verde–, la temperatura corporal cambia con la temperatura ambiente; en los homeotermos (línea azul), la temperatura corporal permanece constante, independientemente de la temperatura ambiente –línea roja–; (gráfico extraído de Ajoulette, 2017, CC BY-SA 4.0).

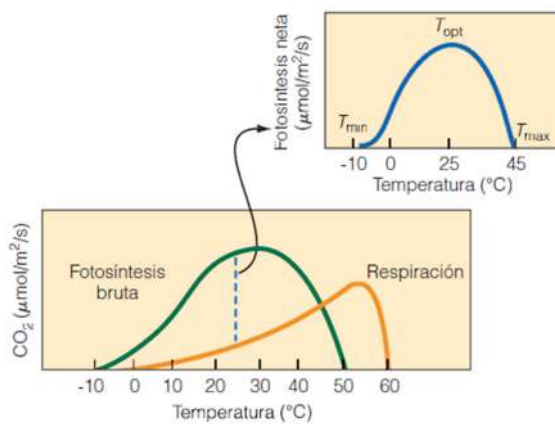


Figura 9. Respuesta de las tasas de fotosíntesis y de respiración frente a la temperatura. En este ejemplo, la temperatura óptima para la fotosíntesis está comprendida entre los 20 $^{\circ}\text{C}$ y los 30 $^{\circ}\text{C}$ (gráfico tomado de Smith y Smith, 2007, p. 115).

sombra, por lo tanto, la temperatura foliar depende de la radiación térmica que llega. Las hojas absorben las longitudes de onda corta (solar) y las de onda larga (térmica), y la diferencia entre la radiación recibida y la reflejada constituye el equilibrio energético de la planta (Smith y Smith, 2007).

La temperatura de los vegetales refleja el balance energético con el medio que lo rodea. La fotosíntesis y la respiración están condicionadas por las variaciones térmicas de la hoja. Tal es así que, cuando la temperatura se eleva por encima del punto de congelación, la tasa de ambos procesos también se eleva. En el caso de la fotosíntesis, aumenta más rápido que la respiración, hasta llegar a un máximo, luego disminuye si la temperatura sigue aumentando (Figura 9).

A pesar de que tanto el calor y el frío extremos dañan los tejidos, desactivan las enzimas y desnaturalizan las proteínas, las plantas desarrollan mecanismos para enfrentar estas condiciones (Smith y Smith, 2007). Las temperaturas bajo cero pueden ser toleradas si la disminución es gradual, de manera que se forma hielo dentro de la pared celular y la planta sufre deshidratación, que es revertida cuando la temperatura vuelve a subir. Sin embargo, si la temperatura disminuye muy rápido, el hielo se forma dentro de la célula y los cristales pueden romper la membrana celular y el contenido de la célula se desparrama.

En las plantas de ambientes templados, sus tejidos son dañados cuando la temperatura supera los 44 °C, ya que se modifica el metabolismo de las proteínas y se producen disfunciones en la membrana celular.

Agua. El agua es el factor esencial para el mantenimiento de la vida en el planeta, ya que todos los procesos fisiológicos ocurren por su acción directa o indirecta (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022). Las células vegetales y animales contienen de 75 a 90% de agua y, para que un organismo esté en equilibrio hídrico, debe tener un equilibrio térmico, para ello, los animales sudan, favoreciendo la reducción del calor corporal y los vegetales se enfrían por evaporación (Smith y Smith, 2007).

El agua es el ambiente dominante en el planeta y está disponible a través del ciclo del agua, es decir, del movimiento del agua entre la atmósfera y la Tierra a través de las precipitaciones y la evaporación (Figura 10).

Para que las plantas puedan absorber agua, deben liberarla a la atmósfera a través de la *transpiración*, proceso que consiste en la evaporación del agua que está disponible en hojas y tallos, y su difusión hacia la atmósfera, a través de los estomas.

Hay varios factores ambientales que dependen entre sí como, por ejemplo, la temperatura del aire que influye directamente en la humedad relativa que, a su vez, es clave en la tasa de transpiración y evaporación de agua desde el suelo, que estará disponible para las plantas terrestres (Figura 11).

Existen adaptaciones de las plantas a la variabilidad de las características ambientales. Por ejemplo, aquellas que viven en ambientes secos y soleados tienen mayor demanda de agua asociada con las temperaturas más elevadas y una menor humedad relativa y, entonces, las hojas son más pequeñas y desarrollan mayor producción de raíces para absorber la mayor cantidad de agua posible. Otras tienen la superficie foliar cubierta por pelos, para que dispersen la energía solar y aumentar la capa superficial que tiene aire.



Figura 10. Ciclo del agua. La radiación solar suministra energía para la *evaporación* del agua; el vapor de agua que circula en la atmósfera cae a través de la *precipitación*, una parte cae directamente sobre el suelo y sobre las masas de agua, otra es interceptada por la vegetación, por la materia orgánica muerta del suelo y por las estructuras urbanas y las calles. La precipitación que llega al suelo pasa a la tierra mediante *infiltración* (figura tomada de Perelman y Evans, 2019, CCo).

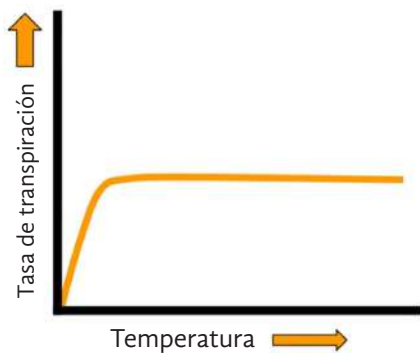


Figura 11. Efecto de la temperatura sobre la transpiración de las plantas (adaptada de DGmann, 2013, CC BY-SA 3.0).

Así como la escasez de agua provoca estrés para las plantas, también el exceso de agua lo produce. Los síntomas de ambas condiciones (cierre de estomas, amarilleo, marchitez, pérdida prematura de hojas) son las mismas, pero las causas son distintas (Smith y Smith, 2007). Cuando el suelo se encuentra saturado de agua, el intercambio de gases no se produce, por lo tanto, las plantas no disponen del oxígeno suficiente y se asfixian por ahogamiento. Además, la anaerobiosis del suelo (falta de oxígeno) favorece reacciones químicas que producen sustancias tóxicas para las plantas.

En las plantas leñosas como, por ejemplo, el aliso de río (*Tessaria integrifolia*), las raíces que están en suelos inundados mueren, entonces desarrollan raíces adventicias que crecen sobre el tronco (Figura 12).

Otras adaptaciones de las plantas que viven en suelos inundados o anegados son los *pneumatóforos*, crecimientos especializados del sistema radicular que contribuyen al intercambio gaseoso. El mangle (*Rizophora mangle*, Figura 13) y el ciprés calvo (*Taxodium distichum*, Figura 14) desarrollan estas adaptaciones.

Los animales también deben enfrentar condiciones adversas para regular su equilibrio hídrico y, para ello, evitan las condiciones de sequedad o evitan sus efectos. Las principales maneras con las que los animales terrestres obtienen agua y solutos son –directamente– al beber o comer o –indirectamente– a través del agua metabólica como producto de la respiración. Los pierden a través de la orina, heces, evaporación de la piel y el aire húmedo que exhalan.

Ante condiciones desfavorables, aquellos que viven en regiones desérticas o semiáridas se alejan del área afectada por la sequía (algunos ungulados de África). Otros, como el sapo cururú chini (*Lepidobatrachus asper*, Figura 15) pueden enterrarse en la época seca y fría desarrollando un capullo alrededor del cuerpo, con la piel de sucesivas mudas para evitar la desecación, emergiendo en la época de lluvias (Weiler *et al.*, 2013).

Los animales que no disminuyen su actividad durante la época seca reducen la pérdida de agua por respiración, disminuyen la temperatura del aire que exhalan o permanecen en madrigueras durante el día y salen de noche.

Nutrientes. En las plantas y los animales, la presencia de elementos químicos es vital para que desarrollen sus procesos metabólicos y para que sintetizen nuevos tejidos. Esos elementos tienen origen atmosférico o geológico. La mayor parte se origina por meteorización de las rocas y minerales, influyendo la velocidad a la que los elementos se disgregan y el tipo de elemento que se libera (Smith y Smith, 2007).

En los vegetales, la disponibilidad de nutrientes influye en la supervivencia, crecimiento y reproducción. Aquellos que son necesarios en mayor cantidad se denominan *macronutrientes*, como el carbono, hidrógeno y oxígeno (presentes en los tejidos como glucosa producto de la fotosíntesis), nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, presentes en el suelo o en el agua. Los nutrientes que son necesarios en menor cantidad se denominan *micronutrientes*, como el hierro, manganeso, boro, cobalto. En la Tabla 1 se sintetizan las funciones de los nutrientes en plantas y animales.

Tabla 1. Algunos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas y los animales

ELEMENTO	FUNCIÓN
Macronutrientes	
Carbono (C)	
Hidrógeno (H) Oxígeno (O)	Constituyentes básicos de toda la materia orgánica.
Nitrógeno (N)	Componente de la clorofila y de las enzimas, bloque de construcción de proteínas, es utilizado solamente si está fijado, como nitratos, nitritos, amonio.
Calcio (Ca)	En los animales es necesario para las relaciones ácido-base, la coagulación sanguínea, la contracción y relajación de los músculos del corazón. Otorga rigidez al esqueleto de los vertebrados, forma el caparazón de los moluscos, artrópodos y foraminíferos unicelulares. En vegetales se combina con la pectina para otorgar rigidez a las paredes celulares y es esencial para el crecimiento radicular.
Fósforo (P)	Es necesario para la transferencia de energía en los organismos vivos. La deficiencia en vertebrados causa raquitismo, y en los vegetales detiene el crecimiento, atrofia las raíces y retrasa la madurez.
Magnesio (Mg)	Parte integral de la clorofila e implicado en la síntesis proteica en los vegetales.
Azufre (S)	Constituyente básico de las proteínas. Los vegetales utilizan tanto azufre como fósforo. El exceso de azufre es tóxico para los vegetales.
Sodio (Na)	Necesario para mantener el equilibrio ácido-base, la homeostasis osmótica, la formación y flujo de secreciones gástricas e intestinales, transmisión nerviosa.
Potasio (K)	En vegetales está implicado en la ósmosis y en el equilibrio iónico, ya que activa muchas enzimas. En animales forma parte del mecanismo de síntesis de las proteínas, actúa sobre el desarrollo y en el metabolismo de los carbohidratos.
Cloro (Cl)	Aumenta la transferencia de electrones desde el agua hacia la clorofila. En los animales desempeña un papel similar al del sodio, con el que se asocia a la sal.
Micronutrientes	
Hierro (Fe)	En vegetales interviene en la producción de clorofila, integra las proteínas complejas que activan y transportan oxígeno. En los animales transporta oxígeno a los tejidos y órganos. Su deficiencia causa anemia.
Manganeso (Mn)	En vegetales aumenta la transferencia de electrones desde el agua hacia la clorofila y activa las enzimas de la síntesis de los ácidos grasos. En animales es necesario para la reproducción y el crecimiento.
Boro (B)	En los vegetales participa en la división celular, germinación del polen, metabolismo de los carbohidratos, del agua, mantenimiento del tejido conductor, translocación de azúcar. Su deficiencia causa la atrofia del crecimiento de hojas y de raíces y el amarillamiento de las hojas.
Cobalto (Co)	Participa en la síntesis de la vitamina B ₁₂ , que realizan las bacterias del rumen.

Cobre (Cu)	En vegetales influye en la tasa fotosintética y activa las enzimas. Su deficiencia en los vertebrados causa el uso deficiente del hierro, provocando anemia y pérdida de calcio en los huesos.
Molibdeno (Mo)	En cianobacterias y bacterias que fijan el nitrógeno libre, es un catalizador para la conversión de nitrógeno gaseoso en forma utilizable. Su exceso en rumiantes causa diarrea, debilitamiento y decoloración del cabello.
Zinc (Zn)	En vegetales es componente de varios sistemas enzimáticos. En animales funciona en varios sistemas enzimáticos, especialmente en la anhidrasa carbónica en los glóbulos rojos. Su deficiencia en los animales causa dermatitis y paraqueratosis.
Yodo (I)	Participa en el metabolismo de la tiroides. Su deficiencia produce bocio, calvicie y problemas reproductivos.
Selenio (Se)	Estrechamente relacionado con la vitamina E. Previene la enfermedad del músculo blanco en los rumiantes. Su exceso produce la pérdida del pelo, caída de las pezuñas, lesión hepática y muerte.

Fuente: adaptada de Smith y Smith (2007, p. 134).

Los nutrientes son absorbidos dependiendo del abastecimiento y de la demanda, y el clima, la geología y la actividad biológica alteran su disponibilidad en el suelo, de manera que la tasa de crecimiento y de absorción de los vegetales influye en la demanda de los nutrientes y en su desarrollo. Sin embargo, no todas las plantas tienen la misma tasa de crecimiento: algunas están adaptadas a vivir con bajo contenido de nutrientes y su tasa de crecimiento es menor, otras plantas, adaptadas a vivir en estas condiciones, tienen hojas más longevas.

Algunas plantas que crecen en ambientes ácidos y pobres en nutrientes (como algunos tipos de humedales o el suelo de claros de bosques) mejoran su nutrición alimentándose de animales. Las plantas carnívoras obtienen nitrógeno y fósforo capturando a sus presas vivas, como larvas de mosquitos, protozoos, pequeños crustáceos y renacuajos. En la laguna Iberá (Colonia Carlos Pellegrini, Corrientes), por ejemplo, encontramos a *Utricularia foliosa* (Figura 16), macrófita sumergida libre, carnívora que caza de manera activa y realiza un movimiento rápido de los utrículos (Figura 17), cuando los apéndices sensoriales se contactan con los organismos. Estas estructuras son pequeñas bolsas (vesículas semejantes a hojas) con las que capturan las presas (Lopes y Fernández Piedade, 2015).

En los animales, la forma de obtención de energía y nutrientes es variada, pero cualquiera sea la manera, la fuente última de obtención son las plantas, ya que el carbono es fijado por ellas durante la fotosíntesis. Los vertebrados necesitan elementos minerales y 20 aminoácidos, de los cuales 14 son esenciales (Smith y Smith, 2007). Los insectos necesitan más fósforo, potasio y manganeso que los vertebrados, y menos calcio, cloro y sodio. Los herbívoros prefieren plantas muy ricas en nitrógeno, que las detectan por el gusto y el olfato.



Figura 12. Aliso del río de la planicie de inundación del río Paraná, con raíces adventicias (fotografía por Sylvina Casco).



Figura 13. Vista general de los pneumatóforos desarrollados por *R. mangle*, en los Everglades, EE.UU. (fotografía por Sylvina Casco).



Figura 14. Vista general de los pneumatóforos desarrollados por *T. distichum* en humedales de Virasoro, Corrientes (fotografía por Sylvina Casco).



Figura 15. *L. asper* (Dawson, 2006, CC BY-SA 2.5).



Figura 16. *Utricularia foliosa* en laguna Iberá (fotografías por Sylvina Casco).

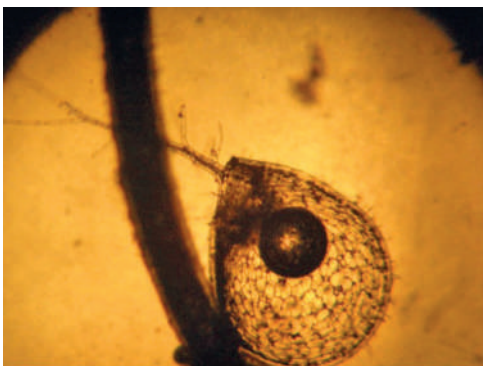


Figura 17. Detalle de un utrículo de 700 μm , con un apéndice ramificado (fotografía por José Antolín Aké Castillo, 2022).

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Como fuera mencionado, la circulación interna de nutrientes dentro del ecosistema se produce a través de los procesos biológicos; sin embargo, no todas las transformaciones de elementos del ecosistema son realizadas por los seres vivos, sino que muchas de las reacciones químicas ocurren en los componentes abióticos del ecosistema: la atmósfera, el agua, el suelo y la roca madre (Smith y Smith, 2007).

Los nutrientes fluyen desde los componentes no vivos del ecosistema a los vivos y vuelven de nuevo a los elementos no vivos a través de los *ciclos biogeoquímicos*, los que se distinguen en dos tipos: *gaseosos* y *sedimentarios*, según la fuente principal de entrada de nutrientes al ecosistema.

- Ciclos gaseosos, las reservas principales de nutrientes son la atmósfera y los océanos, siendo los gases más importantes para la vida el nitrógeno (78%), el oxígeno (21%) y el dióxido de carbono (0,03%).
- Ciclos sedimentarios, el suelo, las rocas y los minerales constituyen la principal fuente de nutrientes, y las formas disponibles son las sales disueltas en el agua del suelo o en lagos, arroyos y mares.

La circulación de nutrientes y energía, y la identificación de las transferencias *hacia* (entradas) y *desde* los ecosistemas (salidas), están relacionadas entre sí como, por ejemplo, la exportación de nutrientes desde los ecosistemas terrestres a los acuáticos. Estos procesos de intercambio deben ser visualizados de manera global, sobre todo los gaseosos, ya que sus patrones de circulación son marcadamente globales.

Todos los ciclos están conectados de diversos modos: en algunos casos están unidos a través de su participación común en compuestos que forman un importante componente de sus ciclos. Por ejemplo, la conexión entre el calcio y el fósforo que forman apatita (un mineral de fosfato de calcio) o la conexión entre el nitrógeno y el oxígeno para formar nitratos.

Seguidamente, se describen sintéticamente algunos de los ciclos más significativos.

- **Ciclo del carbono.** El balance del carbono sobre la Tierra está ligado a la atmósfera, a la tierra, a los océanos y a los movimientos del aire alrededor del planeta (Figura 18). En el mar, la superficie del agua es el sitio principal de intercambio entre la atmósfera y el océano; en las aguas superficiales, la capacidad de tomar CO_2 está condicionada por su reacción al ion carbonato para formar bicarbonatos. En los ecosistemas terrestres, el CO_2 de la atmósfera es absorbido a través de la producción bruta (fotosíntesis) y las pérdidas están dadas en función de la respiración autotrófica y heterotrófica.
- **Ciclo del nitrógeno.** Está caracterizado por la fijación del nitrógeno atmosférico por parte de las bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas a las raíces de las legumbres y cianobacterias (Figura 19). También, a través de la *amonificación* (de los organismos descomponedores para producir amonio), la *nitrificación* (oxidación bacteriana del amonio en nitratos y nitritos) y la *desnitrificación* (reducción de los nitratos a



Figura 20. Ciclo del fósforo. Los compuestos fosfatados se encuentran en las rocas sedimentarias y, a medida que se desgastan, el fósforo se filtra lentamente hacia el suelo y las aguas superficiales (traducción de Perelman y Evans, 2019, CCo 4.0).

CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

El ecosistema acuático es el resultado de la interacción entre el agua, la atmósfera, la tierra y los organismos vivos. En estos ambientes, como se mencionó anteriormente, la distribución y proporción de agua está ligada al ciclo del agua, donde la precipitación es mayor en ambientes continentales que en el mar.

Una de las principales características que influyen en la adaptación de los organismos al ambiente acuático es la salinidad del agua, por ello, están clasificados en dos categorías principales: de agua dulce o de agua salada (o marina).

Los ecosistemas de agua dulce se clasifican de acuerdo con la profundidad y la corriente en ambientes lénticos o de aguas quietas (lagos, lagunas, estanques, otros) y ambientes lóticos o de aguas corrientes (ríos, arroyos).

Seguidamente se resaltarán las principales características de estos ecosistemas.

Ambientes lénticos

Para caracterizar a estos ambientes, se tomará el ejemplo de los *lagos*, abarcando sus aspectos generales, sus características físico-químicas y su funcionamiento.

Los lagos se caracterizan por presentar un vaso bien definido con zonas litoral y bental profunda, bien diferenciadas. Tienen sedimento propio y una distribución vertical con gradientes de luz, densidad y temperatura que varían estacionalmente, repercutiendo en los procesos biológicos y en la calidad del agua (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022). A medida que estas características varían, algunos autores proponen el cambio del término lago a *laguna* (Margalef, 1983; Timms, 1992; Rigler y Peters, 1995). Raasveldt y Tomic (1958) definen a un lago como un cuerpo de agua de considerada profundidad, mientras que las lagunas son cuerpos de agua poco profundos. Además, los lagos –en general– se originan en las altas montañas, por deshielo o movimientos tectónicos, y las lagunas en las partes bajas de los ríos, por procesos inundación o por procesos de interacción entre el mar y los ríos (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022).

Es importante considerar que todos los sistemas de aguas interiores se originaron de una variedad de procesos naturales y de diversos mecanismos de formación (Tundisi y Matsuura Tundisi, 2008). Así, hay lagos de origen tectónico, glacial, volcánico, por acción eólica, fluvial, por impactos de meteoritos, entre otros.

En las lagunas y los lagos se pueden diferenciar *zonas horizontales y verticales*, de acuerdo con la penetración de la luz y la actividad fotosintética (Figura 21). En la *zona litoral* o zona de aguas poco profundas, que rodea la mayoría de los lagos y lagunas, la luz alcanza el fondo y estimula el crecimiento de macrófitas acuáticas. Se extiende del margen hasta la zona de mayor profundidad. Debajo de esta zona se encuentra la *zona sublitoral*, pobremente iluminada y con pocas especies de macrófitas. Hacia la zona de aguas abiertas se distingue la *zona limnética*, que se extiende hasta la profundidad de la penetración de la luz. En esta zona habita el fitoplancton (organismos autótrofos), el zooplancton y el necton (heterótrofos microscópicos y organismos que nadan libremente, como los peces, respectivamente). Luego de la zona de penetración de la luz, cuando se da la compensación de la luz (equilibrio entre respiración y fotosíntesis), comienza la *zona profunda*, formada por sedimentos finos que resultan del transporte de las márgenes y de la sedimentación de las partículas y organismos en suspensión.

La profundidad de los lagos varía entre 1 y más de 2.000 m, y las comunidades que viven en ellos dependen de la *luz* que se atenúa no sólo naturalmente, sino también por los materiales que son arrastrados al lago y por el crecimiento del fitoplancton (Smith y Smith, 2007). Una parte de la luz que llega a la superficie del agua se refleja nuevamente a la atmósfera, dependiendo del ángulo en el que alcanza la superficie, y la parte que la traspasa se reduce por absorción o por dispersión de las partículas vivas o muertas que están suspendidas. Las variaciones en cantidad y calidad de la luz influyen en la cantidad y en la distribución de la productividad, y sobre el perfil vertical de la temperatura según la profundidad del agua.

Tanto la *temperatura* como el oxígeno y la luz varían estacionalmente y con la profundidad. Cuando la radiación solar disminuye en el cuerpo de agua, la temperatura también lo hace y la zona del perfil vertical donde esa disminución se hace más rápida y notoria se llama *termoclina*. Esta zona delimita dos capas de agua diferentes en el perfil: una superior, con agua cálida, menos densa, el *epilimnion* y otra inferior, más fría y densa, el *hipolimnion*.

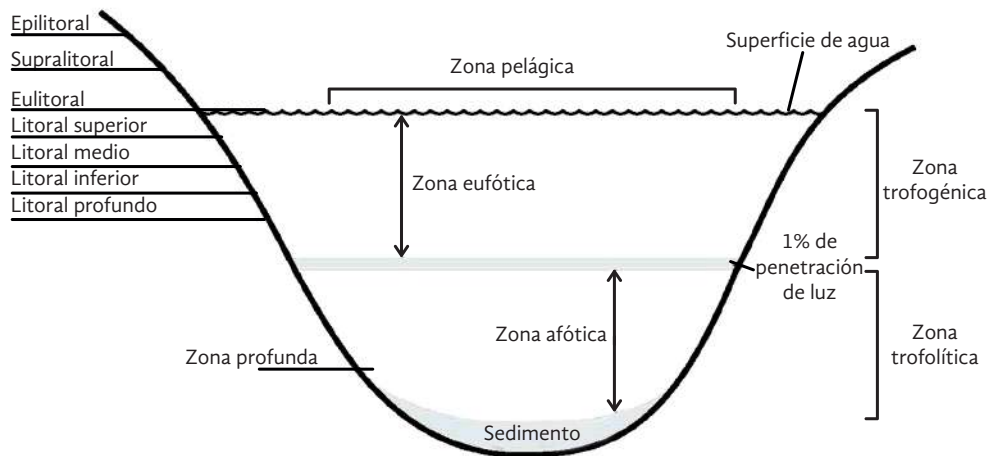


Figura 21. Zonación clásica de un lago (adaptada de Tundisi y Matsura-Tundisi, 2008, p. 56).

En el caso del *oxígeno*, en verano, puede ser limitante debido a que la respiración de los descomponedores del fondo consume grandes cantidades de oxígeno (Smith y Smith, 2007). La difusión del oxígeno desde la atmósfera hacia la superficie del agua depende de la solubilidad del oxígeno, que está en función de la temperatura, la presión y la salinidad. El valor de saturación del oxígeno disminuye cuando la temperatura aumenta, y la solubilidad es mayor cuando la presión atmosférica aumenta y disminuye con el aumento de la salinidad. En verano puede haber estratificación del oxígeno en lagos y lagunas, habiendo mayor cantidad en el epilimnion que en el hipolimnion, debido a que hay mayor intercambio con la atmósfera.

El *dióxido de carbono* reacciona químicamente con el agua y produce el ácido carbónico (H_2CO_3) que se disocia y forma un ion de hidrógeno y un ion de bicarbonato. Este, a su vez, puede disociarse y formar otro ion de hidrógeno y otro ion de carbonato. La cantidad de iones de hidrógeno en una disolución es una forma de medir la acidez: cuantos más iones H^+ , más ácida es la disolución. Por otra parte, las disoluciones alcalinas tienen un gran número de OH^- (hidroxilos) y pocos iones H^+ . La medición de acidez y alcalinidad es el *pH*, que se calcula como el logaritmo negativo (en base 10) de la concentración de iones de hidrógeno en la disolución (Smith y Smith, 2007). La escala logarítmica negativa va del 1 al 14, por lo tanto, un pH mayor que 7 indica una disolución alcalina (mayor concentración OH^-) y un pH menor que 7, una disolución ácida.

La composición química de las aguas continentales refleja la naturaleza química del terreno que las contiene, cuya abundancia relativa varía dependiendo del clima, topografía, geografía y actividad biológica (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022). Al disolverse las sustancias químicas en el agua, estas se disocian en cationes o iones positivos (calcio, magnesio, sodio y potasio) y aniones o iones negativos (carbonatos, cloruros,

sulfatos, fosfatos y nitratos). Debido a la solubilidad del ácido carbónico en el agua, los carbonatos son a menudo las sales más abundantes en las aguas dulces.

Los sólidos totales disueltos (STD) son los materiales orgánicos e inorgánicos que están en el agua, siendo los inorgánicos totales los que representan las sales totales. Los STD pueden ser medidos por la *conductividad eléctrica*, es decir, la capacidad que tiene una solución de conducir una corriente eléctrica en función de la concentración de iones presentes. Soluciones con mayor concentración iónica presentan mayor conductividad y menor resistencia, y las aguas muy oligotróficas o pobres en iones presentarán baja conductividad y alta resistencia. Los valores habituales de conductividad son menores de $50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en aguas de bajo contenido iónico hasta 500 a $2000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para las fuertemente mineralizadas.

Ambientes lóticos

Estos ambientes incluyen ríos, riachuelos, arroyos, caños y quebradas, y son ecosistemas acuáticos de aguas corrientes asociados a lugares de erosión, transporte o depósito de materiales. El agua que transportan, como se mencionó, está íntimamente ligado al ciclo hidrológico, por lo tanto, el agua que no se infiltra ni se evapora sigue su curso hacia el mar según la gravedad y la geomorfología, desembocando en estuarios que son ambientes transicionales entre agua dulce a marina (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022; Smith y Smith, 2007).

Aguas abajo después de su nacimiento, el curso de agua de los ríos puede ser pequeño, estrecho y veloz, con cascadas y rápidos; pero corriente abajo, con menor pendiente, la velocidad disminuye y el curso de agua comienza a depositar su carga de sedimento en forma de limo, arena o lodo (Figura 22).

Las variables físicas que influyen en la ecología fluvial son el flujo de la corriente, velocidad, descarga, transporte de materiales, tipo de cauces, rugosidad, cuya dinámica es un factor fundamental para el establecimiento de las comunidades biológicas en las corrientes (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022).



Figura 22. Río Pilcomayo, en Sucre. La imagen tomada en aguas altas indica la alta carga de sedimentos que trae el río (fotografía por Sylvina Casco).

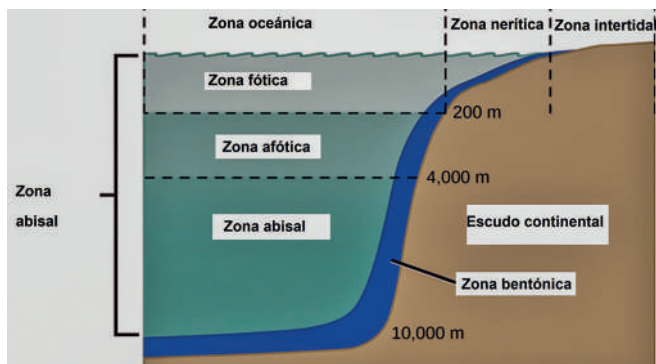


Figura 23. Principales regiones del océano (OpenStax, 2022, CC BY-SA 4.0).

Desde el origen a su desembocadura, las condiciones ambientales de los ecosistemas de aguas corrientes presentan cambios continuos, en la zona alta, generalmente son veloces, fríos y están en zonas forestadas con sombra, con baja producción, dependiendo del ingreso de detritus de la vegetación terrestre de las orillas, que contribuye con más del 90% de los aportes orgánicos.

Como se mencionó, las aguas de la mayoría de los arroyos y ríos finalmente drenan en el mar, a través de los *estuarios*, que son partes semiencajadas del océano costero, donde el agua de mar se diluye y se mezcla parcialmente con el agua dulce que procede de la tierra. De esta unión se genera un complejo de corrientes que varía en función de la estructura del estuario (tamaño, forma y volumen), estación, oscilaciones de las mareas y vientos (Smith y Smith, 2007).

La salinidad influye en la distribución de la vida en el estuario, por eso la gran mayoría de los organismos que habita aquí son marinos, soportando el agua totalmente marina. Algunos organismos no pueden soportar una menor salinidad, y esas especies van disminuyendo su presencia a lo largo del gradiente de salinidad desde el océano a la desembocadura del río.

Los *cuerpos de agua salada* representan el 70% de la superficie de la Tierra y son profundos, llegando a medir, en algunos lugares, 10 km. El Sol ilumina poca superficie, en relación con el volumen de agua que contienen los océanos, por lo tanto, la producción primaria está limitada.

En los mares, así como en los lagos, se da la estratificación y la zonación, encontrándose dos divisiones principales: la *zona pelágica*, o masa total de agua, y la *zona bentónica*, o zona del fondo (Figura 23). En la zona pelágica se diferencian dos áreas: la *nerítica*, que corresponde al agua que yace sobre la plataforma continental, y la *oceánica*.

En la zona pelágica se notan varias capas o zonas verticales diferentes: desde la superficie hasta los 200 m, la *zona epipelágica o fótica*, con bruscos gradientes de iluminación, temperatura y salinidad; desde 200 a 1000 m, la *zona mesopelágica*, con poca luz y el gradiente de temperatura es más uniforme y gradual, con una capa mínima de oxígeno y una máxima concentración de nutrientes (nitrato y fosfato); la *zona batipelágica*, donde la

oscuridad prácticamente es completa, excepto por los organismos bioluminiscentes y con temperatura baja y presión elevada; la *zona abisopelágica*, se extiende desde los 4000 m aproximadamente hasta el suelo del mar. Por debajo de esta zona, se encuentra la *región hadalpelágica*, que incluye áreas encontradas en los fosos y cañones de las profundidades (Smith y Smith, 2007).

La productividad de los océanos está condicionada por la luz y los nutrientes, de tal manera que la atenuación vertical de la luz en el agua limita la producción a las aguas poco profundas de la zona fótica. El movimiento de los nutrientes es limitado por la presencia de termoclinas desde las aguas más profundas a la superficie, donde la luz es adecuada para llevarse a cabo la fotosíntesis, principalmente en los ambientes tropicales donde la termoclina es permanente (Smith y Smith, 2007). Por lo tanto, la mayor productividad primaria se encuentra en las regiones costeras donde hay menor profundidad, y la turbulencia y la renovación estacional aumentan la mezcla vertical, por otra parte, el afloramiento costero trae aguas más profundas y frías ricas en nutrientes a la superficie.

Humedales. En 1971, en la ciudad iraní de Ramsar se realizó una convención «para tratar la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo» (Ramsar, 2016, p. 9).

De acuerdo con esta convención, «son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros» (Ramsar, 2016, p. 9).

La convención Ramsar entró en vigor en 1975 y, hasta 2022, 172 países han adherido a la misma siendo partes contratantes. De acuerdo con su importancia internacional, 2495 humedales en el mundo fueron designados Sitios Ramsar.

En nuestro país se precisó colectivamente la definición de Ramsar, adoptando complementariamente la definición propuesta y mencionada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2016:

Los humedales son sistemas en los cuales, la presencia espacial y temporal de una lámina de agua variable, causa flujos biogeoquímicos característicos, suelos hídricos, y una biota cuya estructura y dinámica está adaptada a la amplia variabilidad del agua. Son macrosistemas con creciente complejidad en función de la variabilidad hidrológica y la extensión que ocupan. (Neiff, Iriondo y Carignan, 1994, p. 156)

En Argentina existen 23 sitios Ramsar, entre los que se encuentran el río Pilcomayo en Formosa, con 51.889 ha; Jaukanigás en Santa Fe, con 492.000 ha; las lagunas y esteros del Iberá en Corrientes, con 24.550 ha (Figura 24); y los humedales Chaco en el Chaco, con 508.000 ha (Figura 25).



Figura 24. Laguna Iberá, en Carlos Pellegrini, Corrientes (fotografía por Sylvina Casco).



Figura 25. Río Paraná en el Sitio Ramsar –Humedales Chaco–, provincia del Chaco (fotografía por Sylvina Casco).



Figura 26. Estrato arbustivo de un bosque, donde llega la radiación solar que penetra a través del follaje de los árboles (fotografía por Sylvina Casco).

La convención de Ramsar estableció un sistema de clasificación de humedales que incluye 42 tipos, agrupados en tres categorías: humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales. Entre ellos se encuentran: humedales costeros, costas rocosas y arrecifes de coral, deltas, marismas de marea y manglares, humedales asociados con lagos, ribereños, marismas, pantanos y ciénagas.

Las funciones de los humedales son numerosas: intervienen en la regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, en la retención de sedimentos, en el control de erosión y estabilización microclimática, en la regulación de ciclos de nutrientes (retención, filtración y liberación) y en la descomposición de biomasa terrestre. Además, cumplen funciones sociales, siendo sistemas recreativos, sistemas productores de recursos hidrobiológicos y de soporte para la acuicultura, la pesca artesanal, la caza, la recolección, el pastoreo y la agricultura en épocas de estiaje.

CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

La evolución de la vida en la tierra estuvo influenciada por el mantenimiento hídrico entre los organismos y el ambiente que lo circunda. Las plantas se adaptan al ambiente terrestre y desarrollan células especializadas con diferentes funciones. Las partes aéreas (tallos y hojas) se encuentran recubiertas por cutículas con ceras que evitan la pérdida de agua, pero, a la vez, impiden el intercambio gaseoso (dióxido de carbono y oxígeno), por lo que las plantas terrestres desarrollaron *estomas* que son poros en la superficie de la hoja que permiten la difusión de gases del aire al interior de la hoja (Smith y Smith, 2007).

Además de la desecación, hay otra limitación en los ambientes terrestres impuesta por la fuerza de la gravedad, por lo tanto, hay una inversión importante de recursos materiales para que los organismos se mantengan erguidos. En el caso de las plantas, la celulosa y en el caso de los animales, el esqueleto.

El ambiente terrestre es muy variable temporal y espacialmente; la *variabilidad térmica* es mayor que en el agua, donde el calor específico amortigua las fluctuaciones diarias y estacionales. Por otra parte, las *precipitaciones* limitan la disponibilidad de agua que reciben plantas y animales terrestres, y su capacidad para mantener el equilibrio hídrico.

En los ambientes terrestres, el factor que influye en el gradiente vertical de *luz* es la absorción y reflejo de la radiación solar por parte de las plantas quienes, dependiendo de la cantidad y orientación de las hojas (expresada como superficie foliar), regulan la cantidad de luz que penetra la bóveda vegetal y llega al suelo (Figura 26). A pesar de que la luz va decreciendo, parte de la luz solar penetra por los claros y alcanza el suelo, con un 70-80% de radiación solar.

Suelo. En los ambientes terrestres, el suelo es el medio para el crecimiento de las plantas, el hábitat para una diversa vida animal, el factor principal que controla el destino del agua, el lugar donde los residuos vegetales y animales se descomponen y se transforman en sus elementos básicos.

Aunque es fácil de reconocerlo, definir el suelo no es sencillo: algunas definiciones mencionan que el suelo es el producto natural de la meteorización de las rocas y de la actuación de los seres vivos; o que es el conjunto de ambientes naturales de la tierra, compuesto por materiales orgánicos y minerales, que ofrece el soporte a las plantas; o que es el estrato que existe por debajo de la vegetación y por encima de la roca sólida.

La interacción entre los componentes bióticos y abióticos hacen del suelo un sistema vivo que los edafólogos reconocen como una unidad tridimensional con longitud, ancho y profundidad (Smith y Smith, 2007).

El suelo se origina con la meteorización de las rocas y los minerales, que incluye la destrucción mecánica de los materiales rocosos por acción del agua, el viento y la temperatura. A través de la meteorización química, que es fomentada por el agua, el oxígeno, los ácidos, la materia orgánica y las partículas originadas de la destrucción de las rocas son transformadas y descompuestas.

En el proceso de formación del suelo intervienen cinco factores que actúan de manera independiente: la roca madre, el clima, factores bióticos, topografía y tiempo.

- **Roca madre:** puede consistir de los depósitos glaciales (morrenas), de la arena y limo transportados por el viento o por aguas corrientes.
- **Temperatura, precipitaciones y viento:** influyen en las reacciones físicas y químicas de la roca madre y la lixiviación de los solutos en el suelo.
- **Factores bióticos:** contribuyen a la formación de suelos, las raíces deshacen la roca madre y estabilizan la superficie del suelo, los microorganismos descomponen los restos de plantas y animales muertos, y los convierten en materia orgánica que se incorpora al suelo.
- **Topografía:** afecta la manera en que el clima influye en el proceso de meteorización, ya que el agua entra en menor proporción en las pendientes empinadas que en los terrenos planos, porque están sujetas a la erosión y al deslizamiento del suelo que se acumula en las tierras bajas.
- **Tiempo:** es un elemento fundamental en la formación de suelos, ya que los factores mencionados anteriormente se afirman con el tiempo. La formación de suelos totalmente desarrollados puede requerir entre 2.000 y 20.000 años (Smith y Smith, 2007).

Existen diferentes propiedades físicas (color, textura, profundidad y humedad) y químicas (capacidad de intercambio iónico, pH, potencial rédox y conductividad eléctrica) que son altamente variables entre un suelo y otro.

- **Color:** sirve para relacionar las características físicas y químicas ya que, por ejemplo, el alto contenido de materia orgánica (humus, principalmente) brinda color oscuro o negro al suelo. Los óxidos de hierro dan coloración ocre o rojizo y los de manganeso, violáceo o negro.
- **Textura del suelo:** es la proporción de partículas de suelo de diferentes tamaños que se produce de la roca madre y como resultado del proceso de formación de suelos.

Afecta al estado poroso del suelo, interviniendo en el intercambio de aire, agua y en la penetración de las raíces. De acuerdo con el tamaño, las partículas se clasifican en arena (tamaño entre 0,05 y 2 mm, de sensación granulosa), limo (entre 0,02 y 0,05 mm, de aspecto harinoso) y arcilla (tamaño menor a 0,02 mm y controla la capacidad de retención de agua y el intercambio iónico entre las partículas y la solución del suelo).

- **Profundidad del suelo:** es variable de acuerdo con los diferentes paisajes, con la pendiente, la meteorización, la roca madre y la vegetación. También el contenido de materia orgánica que se va agregando al suelo es diferente, según se trate de una pradera (con el aporte principalmente de raíces) o de un bosque (donde el aporte es predominantemente foliar).
- **Capacidad de retener humedad:** es una característica esencial del suelo, ya que el agua aportada por la lluvia se infiltra y es transportada por el efecto de la gravedad en los espacios porosos del suelo. Si la distribución de los poros es amplia, el agua se infiltra a mayor velocidad; es el caso de los suelos gruesos y arenosos. En los suelos finos y arcillosos, que tienen poros más pequeños, el agua se retiene en mayor cantidad. Cuando hay exceso de agua y se excede la capacidad de retención, drenando libremente, el suelo está *saturado*. Si el agua llena todos los poros y queda retenida por las fuerzas capilares internas (*agua capilar*), el suelo está en *capacidad de campo*.

De acuerdo con la posición topográfica en la que esté ubicado un suelo, el agua se moverá tanto en la superficie como dentro del mismo. Por lo tanto, el agua drena por la pendiente y provoca que suelos con mayores pendientes sean relativamente más secos y se forme un gradiente desde las cimas de las montañas hasta a los arroyos (Smith y Smith, 2007).

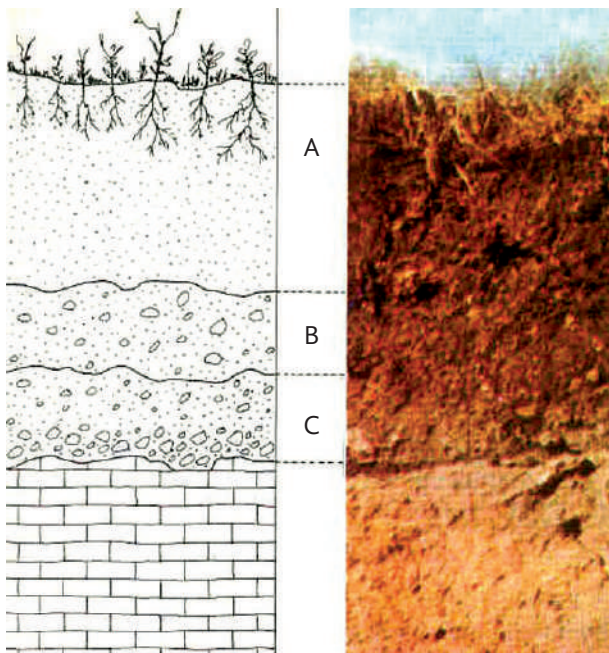


Figura 27. Perfil general del suelo con cuatro horizontes: O, donde predomina la materia orgánica; A, con suelo mineral desarrollado de la roca madre; B, corresponde al subsuelo, con acumulación de arcillas y sales lixiviadas; y C, con material no consolidado, proveniente de la roca madre (Carlosblh, 2006, CC BY-SA 3.0).



Figura 28. Sección de un embalsado, donde se nota la materia orgánica en descomposición (fotografía por Juan José Neiff).

Los cambios que se producen en el suelo con el transcurso del tiempo, desde la superficie –donde se acumula materia orgánica– hasta la profundidad, origina capas horizontales (horizontes) con características físicas, químicas y biológicas distintas. Ese conjunto de capas se llama *perfil de suelo* (Figura 27).

Existen once órdenes de suelo en el mundo, uno de ellos, los *histosoles*, son típicos de turberas y están presentes en zonas templadas, tropicales y subárticas; son oscuros, con materia orgánica descompuesta. En los Esteros del Iberá puede verse ese tipo de suelo en los bosques de turbera (Figura 28), donde los suelos están saturados de agua y tienen pH ácido (Neiff y Casco, 2017).

En un paisaje fluvial, los suelos están formados por capas de sedimentos transportados por el río y condicionados por el flujo horizontal del agua (desde y hacia el curso), de tal manera que sus diferencias espaciales están fuertemente relacionadas con la variabilidad hidrológica (Neiff, Casco y Orfeo, 2005). A diferencia de los de tierra firme, no hay una evolución vertical que determine la migración de las partículas finas en profundidad y, finalmente, la diferenciación de horizontes. Las capas que forman el suelo se corresponden con sucesivas fases de inundación, por lo que la calidad de los materiales (medianos, finos, muy finos) y la potencia (espesor) depende enteramente del caudal del río y de la posición topográfica de cada sitio (Figura 29).



Figura 29. Perfil de suelo en una isla del Bajo Paraná en Corrientes, donde se diferencian los estratos de distinta textura (areno-limosa) aportados por la fluctuación hidrológica, foto inferior izquierda (fotografías por Sylvina Casco).

ACTIVIDADES

Actividad en campo. Para analizar la influencia de plantas acuáticas sobre algunas variables limnológicas de cuerpos de agua someros, se medirán las características físico-químicas del agua con los equipos correspondientes en dos zonas de una laguna (área litoral con plantas acuáticas) y área limnética (sin vegetación).

- a. Transparencia con disco de Secchi (disco de color blanco o blanco y negro en cuartos alternos), de 20 a 25 cm de diámetro, cuerda y cinta métrica.
- b. Variaciones verticales de temperatura y oxígeno disuelto, con oxímetro digital de campo, cada 10 cm hasta llegar a la zona más profunda.
- c. Medición del pH y de conductividad eléctrica con peachímetro y conductímetro portátiles.

Consignar en una tabla los valores registrados para cada variable y en cada profundidad cuando corresponda.

Actividad en laboratorio

1. Compare y describa la estratificación vertical de las variables limnológicas registradas, de acuerdo con la bibliografía.
2. Con la base de datos provista en el aula virtual, grafique las variaciones de temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad en humedales naturales y en estanques artificiales, con y sin plantas acuáticas.
3. A través de la herramienta *Wiki*, ponga en común los resultados obtenidos con otros compañeros y, en la sección *Tarea*, entregue un archivo de Word, de una página, conteniendo las principales conclusiones obtenidas de esta actividad.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGON, M., Townsend, C. R. y Harper, J. R. (2006). *Ecology. From Individuals to Ecosystems*. (4ª ed.). Blackwell Publishing.
- CASCO, S.L., Neiff, J.J. y Poi de Neiff, A. S. G. (2010). Ecological responses of two pioneer species to a hydrological connectivity gradient in riparian forests of the lower Paraná River. *Plant Ecology*, 209, 167-177.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2012). Meteorología y climatología. Aspectos generales. *Revista de Estadística y Sociedad*, 50, 6-9.
- FONTANA, J. L. (2016). *Principios de ecología* (1ª reimp.) Brujas.
- LOPES, A. y Fernández Piedade, M. T. (2015). *Conhecendo as áreas úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós*. Inpa.
- MARGALEF, R. (1983). *Limnología*. Omega.
- NEIFF, J. J., Iriondo, M. H. y Carignan, R. (1994). Large Tropical South American Wetlands: An Overview. *Proceeding of the International Workshop on the Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones* (pp. 156-165). Universidad de Washington.
- NEIFF, J. J., Casco, S. L. y Orfeo, O. (2005). Método para la medición de la conectividad entre procesos hidrológicos y geomorfológicos en ríos entrelazados. *Revista Brasileira De Geomorfología*, 6 (1).
- NEIFF, J. J. y Casco, S. L. (2017). Lluvias y sequías: los cambios históricos de la vegetación, 41-72. En A.S.G. Poi (comp.) *Biodiversidad en las aguas del Iberá*. Eudene.
- Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto (s.f.). Organización Mundial del Clima (OMM).
- SMITH, T. M. y Smith, R. L. (2007). *Ecología* (6ª ed.). Pearson Educación.
- RAASVELDT, H. C. y Tomic, A. (1958). Lagunas Colombianas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(40), 175-198.
- RIGLER, F. H. y Peters, R. H. (1995). *Science and Limnology*. Ecology Institute Germany.
- ROLDÁN PÉREZ, G. y Rodríguez Restrepo, J.J. (eds.) (2022). *Fundamentos de limnología neotropical*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- TIMMS, B. C. (1992). *Lakes Geomorphology*. Gleneagles Publishing.
- TUNDISI, J. y Matsumura-Tundisi, T. (2008). *Limnología*. Oficina de Textos.
- WEILER, A. et al. (2013). *Anfibios del Paraguay*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción.

Figuras y fotografías

- Ajouellette (2017). Poiklotermie vs. homoiotermie [Poiquitermos vs. homoetermos]. *Wikipedia*. <https://acortar.link/PfADmk>
- Antolín Aké Castillo, J. (2022). Utricularia, una planta planctívora. *Saber más. Revista de divulgación*, (61). <https://acortar.link/MpxDYR>
- Arkael Leo (2018). Caniculares o radiación solar. *Wikipedia*. <https://acortar.link/GUCiam>
- Carolsblh (2006). Perfil de suelo vertical característico de una tierra roja del mediterráneo. *Wikipedia*. <https://acortar.link/rYtN6N>
- Dawson (2006). *Napastnica granchacońska, Lepidovatrachus laevis* [Atacante granchaconiano, *Lepidobatrachus laevis*. Actualizado por Rozarinagazo]. *Wikipedia*. <https://acortar.link/dGe4IU>
- DGmann (2013). *Effect of temperature on plant transpiration* [Efecto de la temperatura en la transpiración de las plantas]. *Wikipedia*. <https://acortar.link/EMrRBI>
- Eme Chicano (2015). Ciclo del nitrógeno 1. *Wikipedia*. <https://acortar.link/nuPgUC>
- Nasa (2009). *Earth's Energy Budget*. Earth Observatory. EOS Project Science Office. <https://acortar.link/cdOeiO>
- Horst, F. (2007). *Electromagnetic wave spectrum* [Trad. Espectro visible por el ojo humano (luz)]. *Wikipedia*. <https://acortar.link/CPW05p>
- Kevin Saff (2008). Carbon cycle [Trad. por Scann como Ciclo de carbono]. *Wikipedia*. <https://acortar.link/G8luBi>
- OpenStax (2022). *Visual Connection-Art connection*. 44.4. Aquatic biomes. Biology. *Wikipedia*. <https://acortar.link/uHT42A>
- Pet Room (2021). Termorregulación-reptiles [Archivo de video]. *YouTube*. Consulta: 24/03/2023. <https://acortar.link/PadBK2>
- Perlman, H. y Evans, J. (2019). *The natural water cycle* [Ciclo del agua]. Water Science School. USGS. <https://acortar.link/VYtS2K>
- _____ (2019). *The carbon cycle* [Trad. El ciclo del fósforo]. Water Science School. USGS. <https://acortar.link/Fncow>
- Ramsar (2016). *Introducción a la convención sobre los humedales. Manual de la convención de Ramsar* (5ª ed.). Secretaría de la Convención de Ramsar. <https://acortar.link/hL7x6d> y <https://www.ramsar.org/es>

Capítulo 6. Características generales de las poblaciones

Este capítulo desarrolla los conceptos básicos sobre población, su distribución y abundancia, el crecimiento poblacional, tipos de crecimiento, que serán abordados de manera integral, analizándose el hábitat y nicho ecológico posibles de los organismos sobre el planeta, destacando su importancia en cada aspecto desarrollado.

Los cambios que se producen en el tamaño de una población se denominan dinámica de poblaciones. Este concepto toma relevancia en la interpretación de la epidemiología de numerosas enfermedades, el manejo de plagas, el manejo de poblaciones silvestres, estimación de las densidades pesqueras de extracción y para pronosticar aspectos demográficos de la población humana (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Martínez Rodríguez, 2010). En este capítulo analizaremos los diferentes tipos de relaciones que pueden establecerse entre dos o más poblaciones, las herramientas disponibles y los fundamentos necesarios para identificar aquellos factores que originan cambios en el tamaño de una población.

El biólogo E. Mayr (1904-2005) definió a la población como el conjunto de individuos que habitan en una localidad dada y pueden intercambiar material genético. Ampliando esta definición, definimos a una población como un conjunto de individuos de la misma especie que ocupa un área determinada, en un tiempo dado y realiza el intercambio de genes dentro de un ecosistema. Una parte de la ecología encargada de estudiar lo que sucede con una población es la *ecología de poblaciones* (Calixto Flores *et al.*, 2012; Curtis *et al.*, 2008).

Para entender el concepto de población, se debe considerar que son organismos individuales que potencialmente pueden reproducirse y, además, que los límites espaciales y temporales entre poblaciones están poco delimitados (Calixto Flores *et al.*, 2012).



CARACTERÍSTICAS

Las poblaciones se caracterizan por tener propiedades emergentes que las hacen únicas y definen, por un lado, los rasgos estructurales y, por otro, los rasgos dinámicos que puedan presentar. Los primeros están determinados por la densidad, la distribución en el espacio y tiempo, la estructura de edad y proporción de sexo. Los segundos están relacionados a cambios surgidos a través del tiempo como ser: la natalidad, la mortalidad y las migraciones (Smith y Smith, 2007). Diferentes poblaciones responden de manera propia frente

a distintas presiones (competencia, depredación). Todas las relaciones que una población establezca con otra influyen en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Tabla 1).

Tabla 1. Caracteres de una población en relación con su estructura y dinámica en la naturaleza

<u>CARACTERES DE UNA POBLACIÓN</u>	<u>Distribución</u>	<u>Forma como están esparcidas.</u>
	<u>Relacionadas con su estructura</u>	<u>Tamaño</u>
<u>Composición</u>		<u>Porcentaje de individuos según el sexo y la edad.</u>
		<u>Densidad</u>
<u>Relacionadas con su dinámica</u>	<u>Natalidad</u>	<u>Número de individuos nacidos en una unidad de tiempo.</u>
	<u>Mortalidad</u>	<u>Número de individuos muertos en una unidad de tiempo.</u>
		<u>Migración</u>

DINÁMICA DE LAS POBLACIONES

Las poblaciones no son constantes en el tiempo y el espacio, pues están continuamente sujetas a variaciones, lo que puede ocasionar un aumento o disminución en el número de individuos de una población (Smith y Smith, 2007). Al número de organismos que integran una población se denomina *efectivo* (N). En condiciones de «estabilidad», el N de las poblaciones se mantiene en equilibrio y oscila más o menos en torno a un valor medio, en función de la natalidad o la mortalidad. Por lo tanto, los dos primeros factores que definen el tamaño de una población son la natalidad –o tasa de natalidad– y la mortalidad –o tasa de mortalidad.

Tasa de natalidad (b). Se refiere al porcentaje de nuevos individuos nacidos (B) que aparecen por unidad de tiempo, se expresa como $b=B/N$ y es un efecto exclusivo de la reproducción. En condiciones ideales (sin factores limitantes), podría alcanzar un valor máximo y depender de factores fisiológicos propios de la población, como ser el número de nacimientos, el número de huevos por unidad de tiempo o el número de hembras. Pero hay otras limitaciones en el índice de natalidad, por ejemplo, no todos los huevos eclosionan o no sobreviven todos los recién nacidos. Es decir, la natalidad depende de una gran variedad de condiciones ambientales.

Tasa de mortalidad (m). Este otro índice, que define el tamaño de las poblaciones, es el que hace referencia al número de individuos que mueren (M) por unidad de tiempo, es decir, $m=M/N$. En condiciones ideales, también habría un valor mínimo en este caso, que sería el número de muertes producidas sólo por los cambios fisiológicos propios de una edad avanzada. También este valor es una constante para una población, pero en la realidad se ve influenciado por los factores ambientales.

Además de estos dos factores, el tamaño de unas poblaciones está influenciado por la inmigración y la emigración. La *emigración* constituye el desplazamiento de los individuos hacia fuera de la población, mientras que, por el contrario, la *inmigración* constituye el movimiento desde fuera hacia adentro de la población (Purves *et al.*, 2006). La Figura 1 muestra los cuatro procesos (natalidad, mortalidad, inmigración y emigración) que corresponden a los parámetros primarios de población. Cuando se habla de densidad de población, se hace referencia a variaciones de estos parámetros.

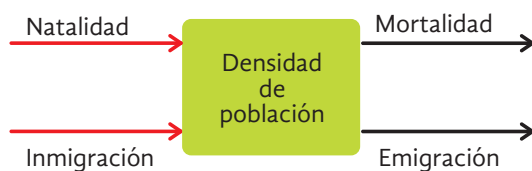


Figura 1. Parámetros poblacionales que influyen en la densidad poblacional (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013, p. 131).

ESTRUCTURA DE LAS POBLACIONES

En todas las poblaciones, los miembros que la componen no se encuentran distribuidos de la misma manera en un sitio y suelen organizarse en función de la edad y sexo de pertenencia.

Densidad de población

Densidad de población es el número de individuos de una población que se encuentra en cierta extensión de espacio en un momento dado. Así, diremos, por ejemplo, que la densidad de artrópodos es de 500.000 artrópodos/m², que la de ratones de campo es de 200 ratones/ha, que la de árboles es de 15 árboles/ha, que la de ciervos en la sierra es de 5 ciervos/km² o que la densidad de humanos en un determinado país es de 50 habitantes/km².

Las poblaciones están compuestas por individuos diferentes, de distinto sexo, edad y tamaño. Algo que muchas veces no se tiene en cuenta si sólo se habla de densidad de población. Además, no se encuentran uniformemente distribuidos por la región que habitan.

Por ello, además de los parámetros mostrados en la Figura 1, en el estudio de poblaciones se deben considerar otros como la dispersión de la población o la estructura por edades y sexo.

- Dispersión de población se refiere al patrón general por el que los miembros de una población están distribuidos a través de su hábitat.
- Estructura de edad es la proporción relativa de individuos de cada edad que se encuentra en una población.
- Estructura por sexo marca la proporción que hay de machos y hembras en la población.

La relación entre sexos afecta claramente al potencial reproductivo de la población en su conjunto. Dado que la reproducción está limitada a ciertas edades y la mortalidad es más destacada en otras, las proporciones relativas de los grupos de edad influyen en la rapidez o la lentitud del crecimiento de la población. Las poblaciones pueden estar divididas en etapas o en clases de edad de importancia ecológica: prerreproductiva, reproductiva y posrreproductiva.

La edad es una variable muy significativa en muchas especies. Generalmente, los individuos más viejos son más grandes y son los cambios en el tamaño los principales mecanismos por el que se refleja la influencia de la edad en la población. Por ejemplo, los peces grandes ponen más huevos que los pequeños, o las plantas más grandes producen más simientes.

Pirámides de población

Una forma de visualizar la estructura de edad de una población es mediante las pirámides de población, una representación gráfica en donde en el eje x están las abundancias de los individuos y en el eje y están representados los intervalos de edades (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013).

En otras palabras, la pirámide describe cuántos individuos hay por cada intervalo de edad. Nos da una idea de lo que podría pasar con la población en el futuro dado que, por lo general, suelen ubicarse en la base los individuos prerreproductivos (inmaduros o juveniles), seguido de los reproductivos (adultos) y posrreproductivos (adultos senescentes; Smith y Smith, 2007).

Para especies sexuales, es también normal separar por sexos el número de individuos que hay en cada tramo de edad. La Figura 2 muestra las pirámides poblacionales para tres situaciones: pirámide de población creciente, que corresponde a una población joven (con un gran potencial de crecimiento) reflejada por una base ancha de la pirámide (lo que refleja una tasa de natalidad alta); una pirámide de bajo crecimiento o estabilidad, donde el número de individuos jóvenes es casi igual al de adultos, en estas pirámides la natalidad y mortalidad no sufren variaciones significativas; y una pirámide de crecimiento cero e incluso retroceso (en la que la pirámide empieza a invertirse). Esta última tiene una tasa de natalidad muy baja, con una población con mayor concentración de individuos adultos de edad avanzada.

Una de las características de la ecología de poblaciones es que es cuantitativa y puede responder a cuestiones como: si la tasa de supervivencia de buitres adultos disminuye un 2% por año, ¿cómo disminuye la población? Si la supervivencia de salmones jóvenes aumenta un 0,5% en el primer año de vida, ¿cuántos más alcanzarán la edad madura y aumentarán de esta forma las posibles capturas de los pescadores?

Los conocimientos básicos necesarios para poder afrontar estas cuestiones a continuación.

Tablas de vida

Como ya se ha mencionado, el cambio en la abundancia poblacional a través del tiempo, en ausencia de migraciones, está en función de las tasas de natalidad y mortalidad. Con

el objetivo de obtener una imagen clara y sistemática de la mortalidad y supervivencia de una población (Smith y Smith, 2007), se necesita una técnica que represente cómo se produce la mortandad en la población e indique si existe una elevada mortalidad entre los jóvenes o si hay una mayor mortalidad entre los adultos. La forma de hacer esta descripción es mediante las tablas de vida introducidas por Raymod Pearl en 1921 (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013).

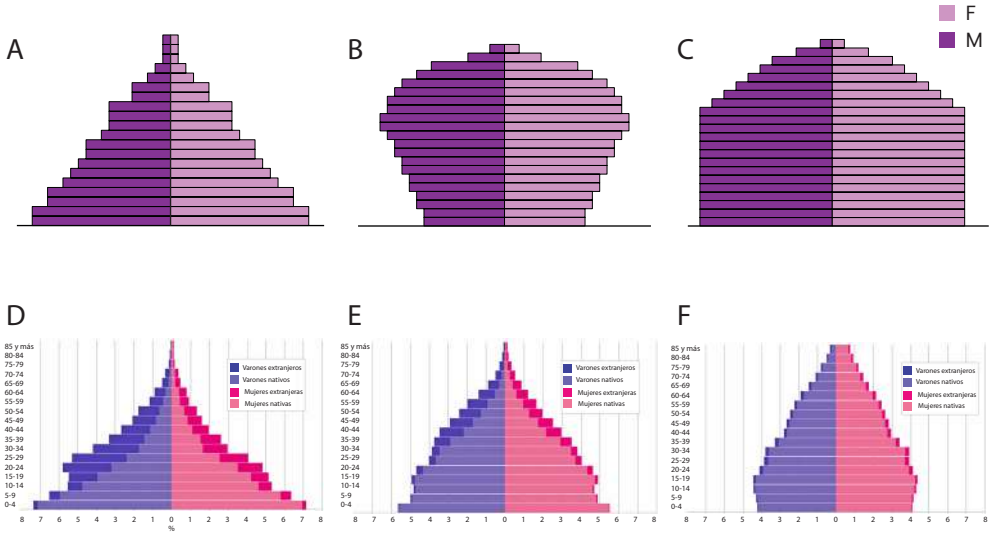


Figura 2. Tipos de Pirámides Poblacionales. A) Creciente. B) Estable. C) Decreciente. D) Población Argentina 1914. E) Población Argentina 1960. F) Población Argentina 2010 (Indec, 2012, p. 69). En azul y morado se representa el sexo masculino; e rojo y rosado, el sexo femenino.

Las *tablas de vida* son, por tanto, herramientas que manejan básicamente la mortalidad o más bien su recíproco, la supervivencia por edades. La tabla de vida permite investigar otros parámetros poblacionales de valor descriptivos, como la fecundidad, la tasa de reproductiva neta, la tasa intrínseca de incremento natural y de valor predictivo como la esperanza de vida y el tiempo generacional (Begon, Townsend y Harper, 2006; Consuelo Escolástico, *et al.*, 2013; Smith y Smith, 2007). Existen dos tipos generales, las tablas estáticas y de cohorte (Smith y Smith, 2007):

- Estáticas. También llamadas verticales, se basan en la estructura de las edades que tiene una población en un momento dado. Es decir, se parte del número de organismos que hay en cada categoría de edad y se hace la suposición de que esta estructura de edades refleja el comportamiento de una cohorte a través del tiempo. Por ejemplo, si tenemos 125 organismos de tres años de edad y 193 de dos años, es razonable suponer que, al pasar de los dos a los tres años de edad, muere aproximadamente el 46% de los organismos (o sea, los 125 son los sobrevivientes de los 193 que hubo el año anterior).

- De cohorte. También llamadas dinámicas u horizontales, se basan en el seguimiento de una cohorte, desde el nacimiento de los individuos hasta la muerte del último de sus miembros. Una cohorte es un grupo de organismos que nacieron más o menos al mismo tiempo.

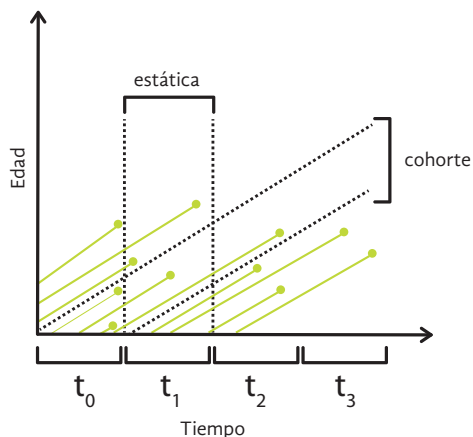


Figura 3. Tipos de tablas de vida (Carabias *et al.*, 2009, p. 27).

Esta herramienta consta de varias columnas que representan variables poblacionales y de tantas filas como intervalos de edades se hayan identificado en la población. La simbología es la siguiente:

x : edad.

n_x : número de supervivientes con edad x .

l_x : proporción de organismos que han sobrevivido desde que se comienza la tabla de vida hasta la edad x .

d_x : mortalidad, número de muertes durante el intervalo de edad de x a $x+1$.

q_x : tasa de mortalidad durante el intervalo x a $x+1$.

L_x : promedio de supervivencia, número promedio de individuos vivos durante el intervalo x a $x+1$.

T_x : tiempo restante de vida.

e_x : esperanza media de vida para los organismos vivos con edad x .

La Tabla 1 muestra la tabla de vida correspondiente a hembras de zarigüeya (*Didelphis marsupialis*) en un bosque húmedo en Venezuela. Para construir una tabla de vida, hay que expresar los intervalos de edad que se van a considerar. Por ejemplo, para humanos o árboles, este intervalo puede ser de 5 años; para ciervos, pájaros o plantas perennes, de un año, y para plantas anuales o ratones, de un mes. Al hacer el intervalo de edad más pequeño, se aumenta el detalle de supervivencia que muestra la tabla de vida. En el ejemplo de la Tabla 2, los intervalos considerados son semestrales.

Tabla 2. Seguimiento de una cohorte de hembras de zarigüeya *Didelphis marsupialis* en un bosque húmedo en Venezuela, los periodos de edad son semestrales

x	n_x	l_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x
0	36	1.000	6	0.167	33	76	2.111
1	30	0.833	22	0.734	19	43	1.433
2	8	0.222	2	0.248	7	24	3.000
3	6	0.167	0	0.000	6	17	2.833
4	6	0.167	2	0.335	5	11	1.833
5	4	0.111	2	0.495	3	6	1.500
6	2	0.056	0	0.000	2	3	1.500
7	2	0.056	2	1.000	1	1	0.500
8	0	0.000					

Fuente: Consuelo Escolástico *et al.* (2013, p. 134).

Dada una de las columnas de la tabla, se puede calcular el resto. Todos los parámetros de la tabla de vida están relacionados:

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{n_x}{n_0} & L_x &= \frac{n_x + n_{x+1}}{2} \\
 d_x &= n_x - n_{x+1} & T_x &= \sum L_x \\
 q_x &= \frac{d_x}{n_x} & e_x &= \frac{T_x}{n_x}
 \end{aligned}$$

Curvas de supervivencia

Podemos representar gráficamente los datos de la tabla de vida de dos maneras: una curva de mortalidad con base en la columna q_x y una curva de supervivencia con base en la columna l_x . Una curva de mortalidad representa las tasas de mortalidad en términos de q_x frente a la edad, mientras que las curvas de supervivencia pueden ser clasificadas en tres tipos (Begon, Townsend y Harper, 2006; Smith y Smith, 2007; Vitt y Caldwell, 2014).

Cuando los individuos tienden a vivir hasta el final de su esperanza de vida fisiológica, la tasa de supervivencia es elevada durante su vida, seguida de una fuerte mortalidad al final. Con este tipo de patrón de supervivencia, la curva es marcadamente convexa o *tipo I*. Esta curva es característica de las poblaciones humanas. Si las tasas de supervivencia decrecen a causa de una mortalidad constante, la curva de supervivencia será recta o del *tipo II*. Este tipo de curva es común varios grupos de reptiles. Si las tasas de mortalidad son extremadamente elevadas a comienzos de la vida, la curva es cóncava o del *tipo III* (Figura 4). Muchos anfibios de desarrollo indirecto, cocodrilos y tortugas presentan este tipo de curva.

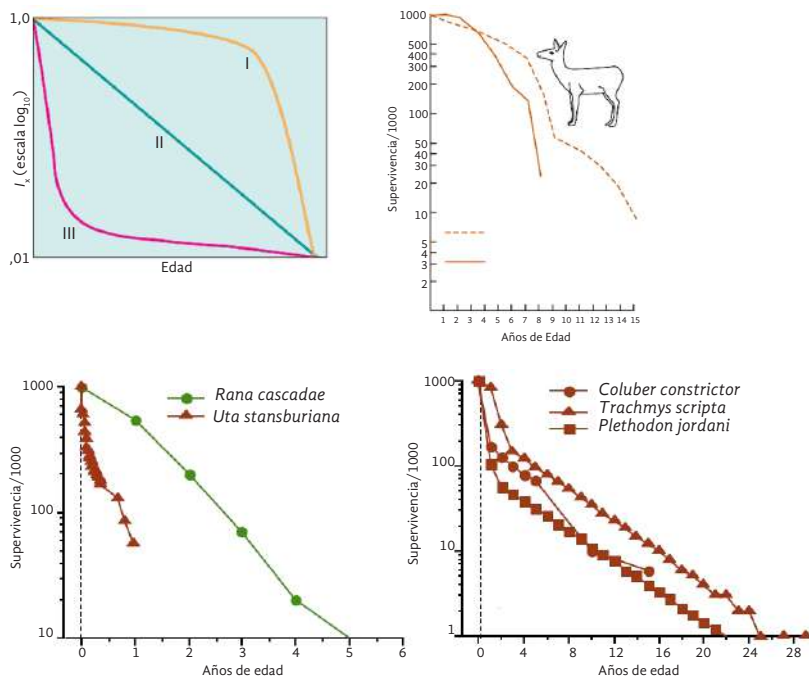


Figura 4. Curvas de Supervivencias. A) Tipos de curvas (Smith y Smith, 2007, p. 224). B) Curva de supervivencia de mamífero. En línea punteada, la tabla de vida es estática y en línea sólida, la tabla de vida es de cohorte (extraído de Begon, Townsend y Harper, 2006, p. 103). C) Curvas de Supervivencias de anfibios a la izquierda y de reptiles a la derecha (Vitt y Caldwell, 2014, p. 147).

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS INDIVIDUOS QUE PUEBLAN UN ÁREA

Tanto las aves en una playa como los peces de una laguna y las malezas de un campo se encuentran repartidos en diferentes formas en las zonas en donde viven. La manera como están esparcidos los individuos que pueblan un área se denomina distribución. En la *distribución de una población* se describe su ubicación espacial, el área sobre la que se encuentra. Está basado en la presencia y ausencia de individuos, y está influenciada por la existencia de condiciones ambientales adecuadas (Smith y Smith, 2007). Esta puede ser de tres tipos (Figura 5):

- Al azar o aleatoria. Los individuos tienen la misma probabilidad de ocupar cualquier punto en el espacio. La ubicación de un miembro de la población no afecta o interfiere de manera directa con la ubicación que pueda adoptar otro miembro de dicha población. Por ejemplo: se produce entre organismos que viven aislados entre sí y que habitan ambientes en que los factores abióticos, como ser la temperatura y humedad, son constantes. En un bosque, tanto los árboles de una misma especie como las arañas del suelo pueden distribuirse aleatoriamente.

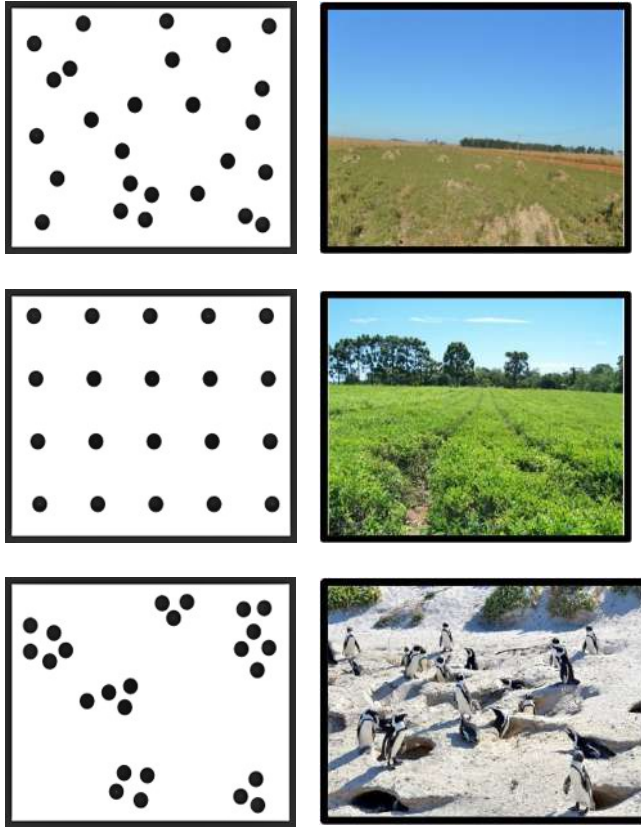


Figura 5. Patrones de distribución espacial. a) Aleatoria. b) Uniforme. c) Agregada (modificada de Fontana, 2016).

- Uniforme o regular. Los individuos interactúan mediante la competencia por el espacio o el alimento. La presencia de un individuo reduce la probabilidad de encuentro de otro miembro de la población. Por ejemplo: en la naturaleza es rara esta distribución, aunque se puede observar en especies vegetales cuyas raíces producen sustancias que impiden la germinación de semillas de la misma o de distinta especie. Es más común observar este tipo de distribución en las plantaciones realizadas por el hombre como, por ejemplo, una plantación de yerba, té o un pinar. Del mismo modo, los animales se distribuyen en territorios, los definen mediante distintas señales, como la acústica en las aves o químicas como la orina de los cánidos.
- Agregada o contagiosa. Los individuos se distribuyen en grupos separados (las condiciones del medio son discontinuas o heterogéneas). Existe una atracción entre los individuos (espacio homogéneo) o atracción de los individuos ante un recurso en común (espacio heterogéneo), por lo que la presencia de un individuo aumenta la probabilidad de encontrar a otro (cortejo/apareamiento). La distribución en forma agregada es la más común en la naturaleza, tanto en plantas como en animales, como por ejemplo una colonia de pingüinos.

TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

Medir la abundancia de la población es una actividad crucial para obtener datos destinados a la investigación y para apoyar la toma de decisiones en la gestión. La estimación de la densidad poblacional es fundamental en la mayoría de los estudios de ecología de poblaciones, así como para comparar los efectos de diversas intervenciones humanas o condiciones ambientales. Este atributo permite estimar parámetros poblacionales que resumen las características demográficas de las poblaciones (Martella *et al.*, 2012).

Densidad absoluta

El registro de todos los individuos de la población nos daría una certeza absoluta sobre el tamaño de dicha población. En la práctica suele ser difícil y suelen emplearse diferentes métodos para estimar el tamaño poblacional (Martella *et al.*, 2012).

- Censo. Es el recuento del número total de individuos de una población. Sólo es factible en el caso de poblaciones pequeñas y aisladas, donde no hay migración de individuos.
- Parcelas. Son muy utilizadas para estudiar la estructura de bosques. Se usan para estimar la densidad y estructura de tamaños y/o edades de árboles. Primero se debe demarcar la parcela de forma precisa (por ejemplo, un rectángulo de 20 x 30 m), luego se mide el tamaño de todos los árboles dentro del área demarcada, y la densidad se calcula de forma directa como número de árboles/superficie explorada y suele representarse en hectáreas. Para el caso de las comunidades herbáceas, se usa el *método de los cuadrados* y, para ello, suelen demarcarse cuadrados de 50 x 50 o 25 x 25 cm.
- Método de captura/recaptura. Se utiliza mucho para poblaciones de micromamíferos y reptiles. Mediante trampas se capturan individuos que son marcados y devueltos a su ambiente. Después de un cierto período de tiempo, suficiente para que los marcados se mezclen con el resto de la población, se realiza una nueva captura y se establece la proporción entre animales marcados y no marcados.

Densidad

Por densidad se entiende a la abundancia por unidad espacial (superficie o volumen). A menudo, resulta más útil que el tamaño absoluto de la población, ya que la densidad determina aspectos fundamentales como la competencia por los recursos. Puede expresarse por:

- Número de individuos por unidad espacial. Se utiliza cuando la especie en cuestión está formada por individuos que pueden ser fácilmente cuantificables.
- Biomasa de organismos por unidad espacial. Se utiliza cuando los individuos son muy pequeños (por ejemplo, invertebrados) o cuando no es posible identificar individuos (por ejemplo, plantas de desarrollo clonal). La biomasa se estima mediante el peso seco de los organismos.

- Cobertura. Es la variable más utilizada para cuantificar la abundancia de especies vegetales. Es la proporción de la superficie muestreada recubierta por la proyección vertical de la vegetación.
- Frecuencia. Es la probabilidad de encontrar una especie en un área dada.

CRECIMIENTO POBLACIONAL

La *ecología de poblaciones* es una disciplina cuantitativa donde la variable de referencia es la abundancia o tamaño de la población en un momento determinado, y el interés se centra en analizar los cambios de dicha abundancia en el tiempo (tasa de crecimiento) y llegar a prever en el futuro los tamaños poblacionales. Es un instrumento útil para el control de plagas, predicción de las cosechas óptimas, ya que el conocimiento de los factores que determinan la natalidad y la mortalidad de los individuos puede utilizarse con el propósito de reducir las poblaciones perjudiciales y favorecer aquellas poblaciones ventajosas al ser humano (Calixto Flores *et al.*, 2012; Hutchinson, 1981; Martínez Rodríguez, 2010).

Tipos de crecimiento poblacional

Todos los organismos originan, generalmente, más descendientes de los necesarios para mantener constante una población. Si no existieran en la naturaleza mecanismos reguladores de las poblaciones, su propagación por el planeta sería infinita. El modelo exponencial (Figura 6-A) describe este contexto hipotético de crecimiento ilimitado de una población. No obstante, existen variados mecanismos para mantener controlado el tamaño de la población y su índice de crecimiento, que se encuentra limitado por los recursos disponibles en el ambiente, es decir, por la capacidad de carga K del sistema o por el tamaño máximo que el medio puede mantener. En tanto, el modelo logístico o curva sigmoidea (Figura 6-B) manifiesta con claridad este fenómeno (Begon, Townsend y Harper, 2006; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013).

Modelo exponencial. El crecimiento exponencial ocurre cuando una población crece y aumenta drásticamente la tasa de crecimiento de forma constante en función del tiempo. El ambiente no es un factor que afecte su tasa de crecimiento y permite un aumento ilimitado, sin restricciones en los recursos (disponibilidad de alimento, hábitat, etc.). El tamaño de la población crece lentamente al principio, pero con el paso del tiempo el crecimiento ocurre cada vez más rápido.

Este modelo es útil para representar las primeras etapas de crecimiento de una población, cuando la disponibilidad de alimento, por ejemplo, es abundante, pero esto no es sostenible a largo plazo, dado que el alimento en el ambiente no es infinito, por lo tanto, después de un tiempo dado, el alimento se vuelve un factor limitante y en ese momento los recursos se tornan insuficientes y hay elevada mortalidad, que devuelve a la población a niveles inferiores al límite de carga del sistema (K) que veremos más adelante. Es característico de especies de ciclos biológicos cortos, de pequeño tamaño y con un alto

potencial biótico como, por ejemplo, diversas poblaciones de insectos que producen una sola generación al año (Calixto Flores *et al.*, 2012; Fontana, 2016).

Modelo logístico. Comienza con una fase de crecimiento lento (por dificultad de encuentro entre sexos, escasez de cuidado parental, entre otros, en razón de la baja densidad poblacional), seguido de una fase de crecimiento rápido y luego se origina una desaceleración hasta que finalmente el tamaño de la población se estabiliza. A largo plazo, en todas las poblaciones con crecimiento logístico la incorporación de nuevos individuos en función del tiempo tiende a cero (por ejemplo, la natalidad e inmigraciones se equilibra con la mortalidad y emigraciones).

Todo ecosistema presenta una determinada capacidad de carga (K) para cada población que soporta, la que es distinta para cada especie y cada tipo de ambiente. Cuando una población en crecimiento va acercándose al límite de capacidad de carga del ecosistema, a ese crecimiento va oponiéndose una resistencia ambiental que puede definirse como la suma de factores limitantes del ambiente (por ejemplo, la disponibilidad de alimento, hábitat, entre otros) de ese ecosistema que restringen el crecimiento poblacional. Las poblaciones que presentan este tipo de crecimiento son especies de ciclos biológicos largos y van ajustando su velocidad de crecimiento según la resistencia que opone el ambiente. A mayor densidad poblacional, los recursos comienzan a tornarse gradualmente más escasos y la población manifiesta una ralentización de su ritmo de crecimiento. Su tamaño final dependerá de la capacidad de carga del ambiente, con pequeñas fluctuaciones en torno a ese límite (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Fontana, 2016).

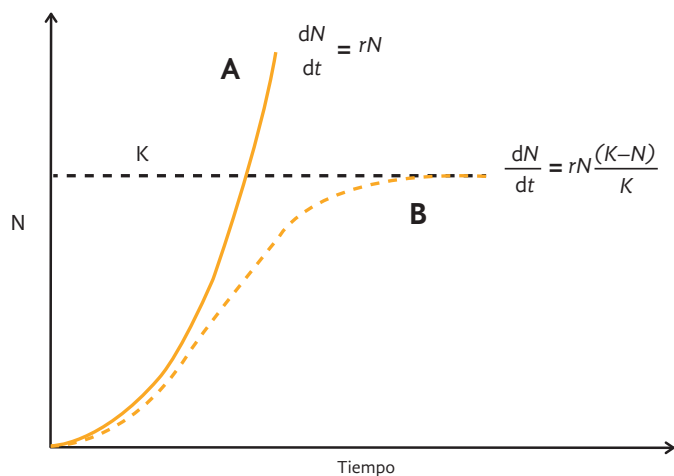


Figura 6. Modelos de crecimiento poblacional. A) Modelo exponencial. B) Modelo logístico (modificado de Begon, Townsend y Harper, 2006, p. 151).

Factores que regulan el tamaño de la población

Comúnmente, a los factores que influyen en el crecimiento de una población se los suele dividir en dependientes e independientes de la densidad. Los factores que provocan cambios en la natalidad y mortalidad a medida que cambia la densidad de una población se los llama *denso-dependientes*. En cambio, aquellos factores que son independientes de la densidad se los denomina *denso-independientes* (Curtis *et al.*, 2008). Los factores denso-dependientes pueden surgir por agotamiento de un recurso lo que obliga a una mayor competencia entre los miembros de una población, mayor detección de predadores, dispersión de enfermedades o de parasitismo. Por el contrario, los factores denso-independientes ocurren por disturbios de los ambientes o eventos meteorológicos adversos (Purves *et al.*, 2006).

Otros tipos de factores reguladores pueden ser el aumento de genotipos inviables, la dispersión de los individuos en busca de nuevos recursos cuando se vuelven escasos y el cambio en la biología de los individuos.

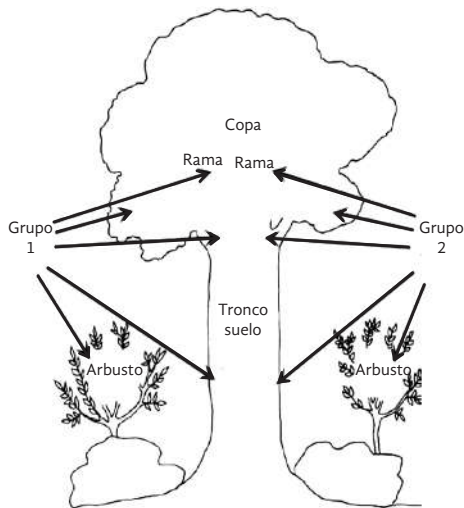


Figura 7. Hábitats utilizados por diferentes poblaciones de lagartos del género *Anolis*. Grupo 1 y Grupo 2 hacen referencia a agrupaciones de especies diferentes en función del nicho ecológico (Vitt y Caldwell, 2014, p. 370).

Hábitat. Es el lugar físico que ocupa o puede ocupar un organismo en un espacio y tiempo definido. Representa una descripción de la naturaleza física (biótica y abiótica) del lugar en el que mora un organismo (Curtis *et al.*, 2008; Kearney, 2006). Es el lugar donde un individuo elige vivir y el modo de utilizarlo para su supervivencia y éxito reproductivo. El hábitat le provee alimento, un lugar de descanso, sitio de nidificación, refugio y rutas de escapes de posibles predadores (Purves, *et al.*, 2006). En general, un hábitat suele estar compartido por dos o más especies, y estas se distribuyen en función de caracteres morfológicos o adaptaciones que les permiten desenvolverse en nichos particulares (Figura 7).

Nicho ecológico. Es el subconjunto de condiciones ambientales que afectan a los individuos de una población, comprenden a ciertos factores y/o recursos disponibles en un hábitat y pueden limitar la supervivencia y la reproducción de un organismo (De la Vega y Schilman, 2015; Kearney, 2006). Una distinción útil son los conceptos de nicho fundamental y nicho realizado.

- Nicho fundamental. Comprende las características propias del ambiente (factores abióticos) adecuados para que los individuos de una especie puedan vivir y dejar descendencia, define los límites fisiológicos de tolerancia de la población (Figura 8).
- Nicho realizado. Incluye a las interacciones bióticas que pueden establecerse con otros individuos de la misma población o de otras (Figura 9). Esta interacción evita que las especies ocupen la totalidad de un área que fisiológicamente puede tolerar un individuo (Curtis *et al.*, 2008; De la Vega y Schilman, 2015). En Cuba, cinco especies del género *Anolis*, un grupo de lagartos arborícolas, aunque comparten el hábitat, están distribuidas según las condiciones de insolación. Dos especies se distribuyen en áreas sombreadas, una en áreas con luz solar filtrada y las dos restantes a plena luz de sol. A su vez, en cada área, cada especie selecciona una determinada altura de ubicación en la vegetación (Pough, *et al.*, 2003).

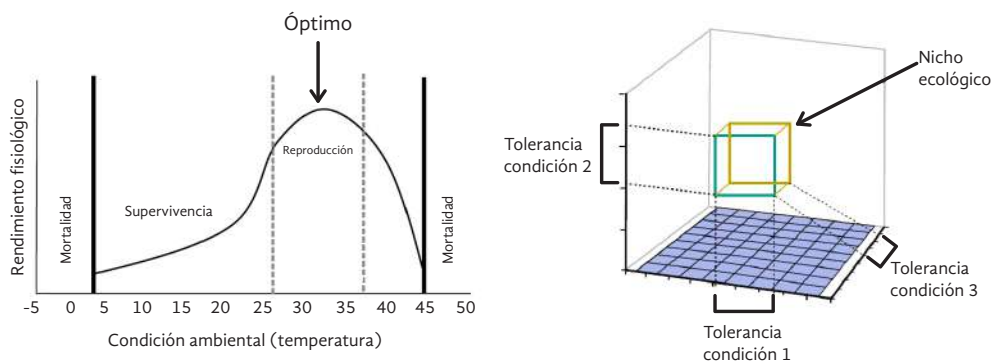


Figura 8. Nicho fundamental. A) Rendimiento fisiológico de un organismo ante una condición ambiental dada (modificado de Kearney y Porter, 2009). B) Subconjunto de condiciones ambientales que tolera un organismo (Carabias *et al.*, 2009).

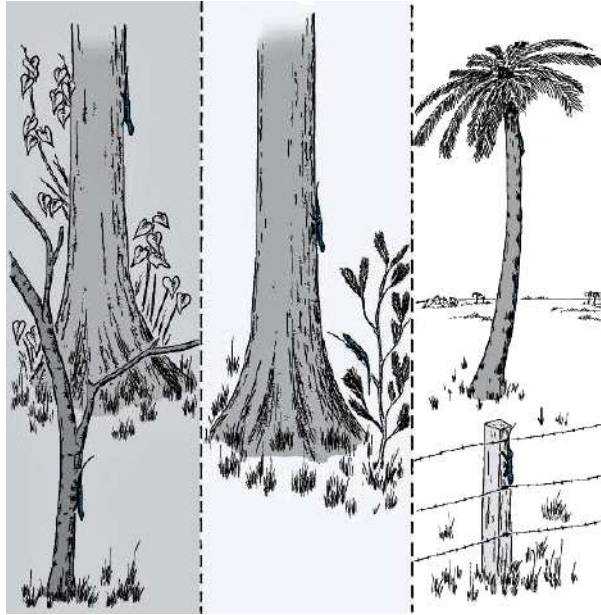


Figura 9. Nicho realizado de especies del género *Anolis*. Diferentes gradientes de luminosidad. A) Sombra. B) Luz solar filtrada. C) Insolación (Pough, Janis y Heiser, 2003, p. 343).

Factores limitantes. Ninguna población es capaz de crecer de manera indefinida como propone el modelo de crecimiento exponencial, dado que en los ambientes naturales existen una serie de restricciones o límites (Smith y Smith, 2007). Esas restricciones suelen estar representados por factores o recursos limitantes. Un factor o recurso se considera limitante, cuando la oferta de dicho recurso es menor a la demanda que tiene por parte de un organismo; en otras palabras, son recursos limitantes aquellos recursos agotables, de producciones lentas o inclusive escasas en el ambiente y no posibilitan el crecimiento de la población (Curtis *et al.*, 2008; Purves *et al.*, 2006). Por otro lado, las poblaciones tienen una gama de tolerancia hacia ciertos factores como la luz, temperatura, el agua disponible, la salinidad y los nutrientes, ya sea por la escasez o el exceso (Curtis *et al.*, 2008).

METAPOBLACIONES

En la distribución geográfica de una especie, las condiciones ambientales habitualmente no son favorables por igual para la supervivencia, desarrollo y reproducción exitosa de todos los individuos de una población. Por el contrario, un hábitat adecuado se compone de una red de áreas de diferentes formas y tamaños en el extenso paisaje de hábitat no adecuados (Smith y Smith, 2007). En los lugares donde estas parcelas de hábitat son lo suficientemente amplias como para mantener poblaciones que se reproducen a nivel

local, la población de una especie consiste de un grupo de subpoblaciones espacialmente diferentes. *Metapoblación* es un conjunto de poblaciones locales que interactúan en un área o región más extensa. La dinámica de la metapoblación en su conjunto está determinada, en gran parte, por la tasa de extinción de subpoblaciones individuales y la tasa de colonización de lugares habitables no utilizados (Begon, Townsend y Harper, 2006).

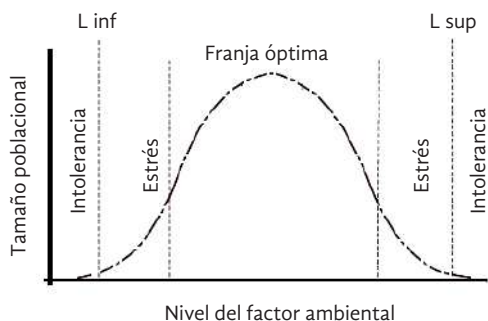


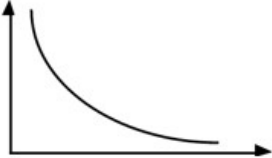
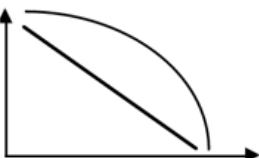
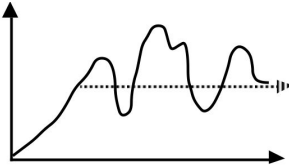
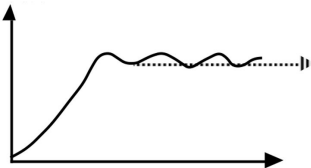
Figura 10. Principio de factor limitante. L inf.: límite de tolerancia inferior. L sup.: límite de tolerancia superior (modificado de Curtis *et al.*, 2008).

Tipos de metapoblaciones

En ecología, una metapoblación es un conjunto de poblaciones separadas de la misma especie que interactúan entre sí a través de la dispersión de individuos. Estas poblaciones locales pueden experimentar extinciones y recolonizaciones, pero la metapoblación en su conjunto se mantiene estable gracias a la conectividad entre los fragmentos de hábitat.

- De parche. El movimiento de individuos hacia y desde las poblaciones locales ejerce una influencia significativa en la dinámica de estas. En caso de extinción local de un parche, se puede restablecer la población local a partir de la emigración de individuos de parches vecinos.
- Continente-isla. Son únicas en el sentido de que una sola parcela o parche constituye la fuente principal de individuos emigrantes a otras parcelas de hábitat en la red metapoblacional. Muchas poblaciones presentan una estructura continente-isla esencialmente similar debido a la alta variación en el tamaño de las parcelas de hábitat o poblaciones.
- En desequilibrio. En una situación de equilibrio existen parches que actúan con fuente (donador) y otras como sumidero (receptor). En los parches fuentes, la natalidad supera a la mortalidad, caso opuesto a los parches sumideros, caso en donde ningún parche actúa como una fuente importante para mantener al resto y predominan las extinciones; si la situación no cambia, la metapoblación irá declinando incluso hasta desaparecer por completo.

Tabla 3. Características diferenciales entre poblaciones de tipo «r» y de tipo «k»

CARACTERÍSTICAS	POBLACIÓN DE TIPO «R»	POBLACIÓN DEL TIPO «K»
Tamaño de la población	Variable, por lo general superior al máximo que el medio puede soportar. Emigración.	Constante, en equilibrio cerca del máximo que el medio puede soportar. Recolonización.
Mortalidad		
Sobrevivencia	Elevada Variable No denso-dependiente	Regular Denso-dependiente
Competencia	Pobre	Buena
Fecundidad	Elevada, sin cuidado parental.	Media («medida»), con cuidado parental.
Tiempo de vida	Corto	Largo (+ de 1 año)
Madurez	Precoz	Tardía
Medio	Variable e impredecible.	Constante o variable, pero predecible.
Aptitudes	Colonizadora, énfasis en la productividad.	Competitiva, énfasis en la eficiencia.
Densidad de la población en el tiempo		
Ejemplos	Mortalidad de tipo catastrófico Algas, bacterias, roedores, plantas anuales, insectos, muchos peces.	Regulación denso-dependiente Elefante, hombre, ballenas, plantas de vida larga.

Fuente: modificado de Fontana (2016).

Estrategas r y estrategias K

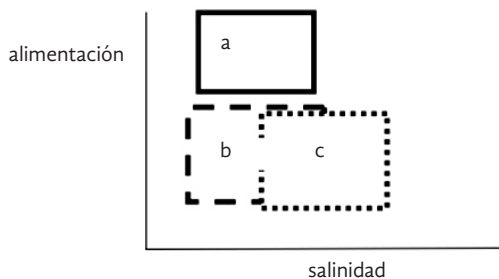
Representan el conjunto de rasgos que pueden afectar el modo de supervivencia y la reproducción de una población (Curtis *et al.*, 2008). En el caso de los *estrategas r*, los individuos son buenos colonizadores y tienen características que favorecen el rápido crecimiento de la población en un hábitat vacío (Begon, Townsend y Harper, 2006). Son de maduración rápida, de producir alta de descendencia (Curtis *et al.*, 2008). Ejemplos de estos, las bacterias, peces, roedores, insectos, pastos, hierbas y cualquier organismo sin o con poco cuidado parental.

En cambio, los *estrategas K*, los individuos no son buenos colonizadores, pero tienen características que les favorecen la persistencia a largo plazo en un entorno fluctuante (Begon, Townsend y Harper, 2006). Son de desarrollo lento y producción baja de descendencia (Curtis *et al.*, 2008). Como ejemplos tenemos a las aves, árboles y mamíferos. Por lo tanto, los *estrategas K* tienen tasas relativamente bajas tanto de colonización como de extinción, mientras que los *estrategas r* tienen tasas relativamente altas (Begon, Townsend y Harper, 2006).



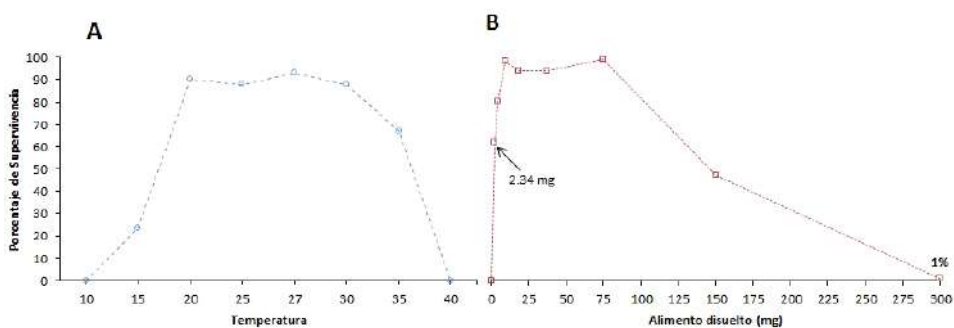
ACTIVIDADES

1. En el gráfico se muestran los nichos fundamentales (respecto a dos dimensiones: alimento y salinidad del agua) de tres especies de peces: a, b y c.



- Mencionar y explicar descriptivamente (en una carilla) entre qué especies podría haber competencia.
- Cómo podrían modificarse los nichos realizados respecto a los fundamentales para disminuir la competencia.

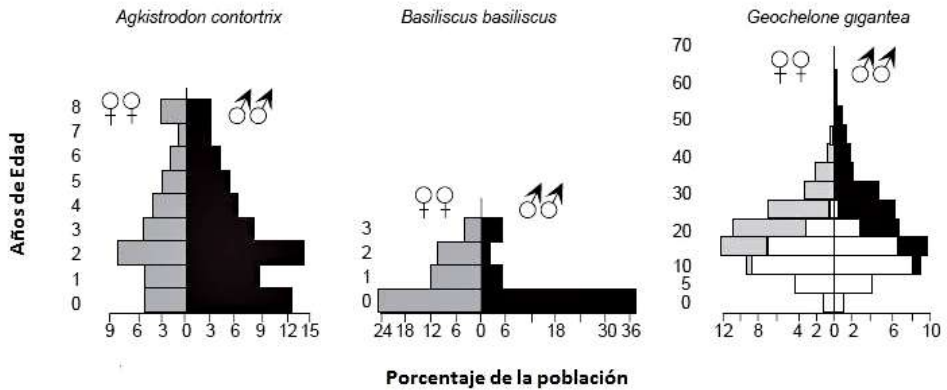
2. Observar los siguientes gráficos correspondientes a dos estudios de laboratorios realizados a la especie *Aedes aegypti*. El gráfico A corresponde a un estudio desarrollado por Tun-Lin¹ *et al.* (2000), que evalúa el efecto que tiene la temperatura en la supervivencia de los individuos criados desde larva hasta adulto; mientras que el gráfico B, que fue realizado por Romeo Aznar² *et al.* (2018), compara diferentes concentraciones o niveles de alimentos disueltos en el hábitat que posibilitan la supervivencia hasta adulto.



1. TUN-LIN, W., Burkot, T. R. y Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland Australia. *Medical & Veterinary Entomology*, 14, 31-33.

2. ROMEO AZNAR, V., Alem, I., De Majo, M.S., Byttebier, B., Solari, H. y Fischer, S. (2018). Effects of scarcity and excess of larval food on life history traits of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology*, 43, 117-124.

- a. Indicar en cada gráfico con flechas o corchetes cuál sería la franja óptima para la supervivencia de la especie.
- b. ¿En qué valores o niveles son registrados los porcentajes más bajos de supervivencia y qué estarían representando los mismos en el organismo?



- a. Definir a qué tipo de pirámides corresponden o se asemejan cada una y explicar brevemente cada una de ellas.
- b. Identificar e indicar con una flecha los cambios que ocurren por cada intervalo etario.
- c. Mencionar y explicar brevemente cómo es la proporción de machos con respecto a las hembras en cada grupo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGON, M., Townsend, C. R. y Harper, J. R. (2006). *Ecology. From Individuals to Ecosystems* (4ª ed.). Blackwell Publishing.
- CALIXTO FLORES, R., Herrera Reyes, L. y Hernández Guzmán, V. D. (2012). *Ecología y medio ambiente*. Cengage Learning Editores.
- CARABIAS, J., Meave, J. A., Valverde, T. y Cano-Santana, Z. (2009). *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson Educación.
- CONSUELO ESCOLÁSTICO, L., Cabildo Miranda, M. P., Claramunt Vallespí, R.M. y Claramunt Vallespí, T. (2013). *Ecología I: Introducción. Organismos y poblaciones*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- CURTIS, H., Barnes, N. S., Schnec, A. y Massarini, A. (2008). *Biología* (7ª ed.). Médica Panamericana.
- DE LA VEGA, G. J. y Schilman, P. E. (2015). La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74 (3-4), 101-108.
- FONTANA, J. L. (2016). *Principios de ecología* (1ª ed.). Brujas.
- HUTCHINSON, G. E. (1981). *Introducción a la Ecología de poblaciones*. Blume ecología.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [Indec] (2010). Censo del Bicentenario: resultados definitivos (1ª ed., Serie B, N° 2, Vol. 1). Indec.
- KEARNEY, M. (2006). Habitat, environment and niche: what are we modelling? *Oikos*, 115(1), 186-191.
- KEARNEY, M. y Poter, W. (2009). Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology letters*, 12(4), 334-350.
- MARTELLA, M. B., Trumper, E., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., y Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología. Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (Biología)*, 5(1), 1-31.
- MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, J. (2010). *Ecología* (2ª ed.). Pirámide.
- POUGH, F. H., Janis C. M. y Heiser, J. B. (2003). *Vertebrate Life* (6ª ed.). Pearson Education.
- PURVES, W. K., Sadava, D., Orians, G. H. y Craig Heller, H. (2004). *Vida. La Ciencia de la Biología* (6ª ed.). Médica Panamericana.
- SMITH, T. M. y Smith, R. L. (2007). *Ecología* (6ª ed.). Pearson Educación.
- VITT, L. y Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Elsevier.

Capítulo 7. Comunidad, diversidad y riqueza

Aquí, las comunidades serán analizadas valorando su composición, diversidad, riqueza específica, teniendo en cuenta las variaciones en una escala temporal y espacial, considerando la sucesión ecológica, como así también los taxones que integran un ecosistema.

La comunidad, denominada también *comunidad biótica*, es un nivel de organización natural que incluye todas las poblaciones de un área en un momento determinado. Las poblaciones de organismos no son entidades independientes y aisladas unas de otras, sino que, al compartir ambientes y hábitats, interactúan de manera directa o indirecta con otras poblaciones (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013). En *ecología de las comunidades* se trata de entender la distribución de grupos de especies en la naturaleza con relación a la influencia de los factores abióticos y las interacciones establecidas con otras poblaciones de especies diferentes (Alberti, Daleo e Iribarne, 2018; Begon, Townsend y Harper, 2006; Poi, 2017). Estas interacciones son las principales fuerzas de la selección natural y regulan el número de individuos en una población, la cantidad y tipos de especies existentes en una comunidad (Curtis *et al.*, 2008). Las poblaciones que coexisten en un determinado tiempo y lugar son debido principalmente a las similitudes en sus requerimientos fisiológicos y tolerancias a factores limitantes (Palma, 2010; Stiling, 2012). En la Figura 1 podemos observar los procesos principales involucrados en la composición de especies en una comunidad.

Las especies que dentro de una comunidad realizan funciones similares o explotan el mismo recurso constituyen un *gremio*, término que fue introducido por R. Root en 1967. La agrupación de los diferentes organismos dentro de un mismo gremio es básicamente ecológica (Koch, Castaño-Meneses y Delabie, 2019). Un gremio no implica que sus integrantes pertenezcan a la misma unidad taxonómica. Este tipo de enfoque nos permite abordar preguntas como: ¿Cuál es el recurso más utilizado por los individuos de una comunidad y en qué disponibilidad está presente dicho recurso? (Poi, 2017).

La perspectiva del uso del término gremio, propuesto por Root, fue fundamental para dirigir los estudios de competencia con énfasis directo en la interacción dentro de las especies (Koch, Castaño-Meneses y Delabie, 2019; Smith y Smith, 2007). Por ejemplo, el colibrí y otras aves, que se alimentan de néctar, forman un *gremio* de especies que explotan el recurso en común —plantas con flor— de una forma similar. De la misma manera, las aves que se alimentan de semillas pueden agruparse en otro *gremio alimenticio* dentro de una comunidad más amplia.



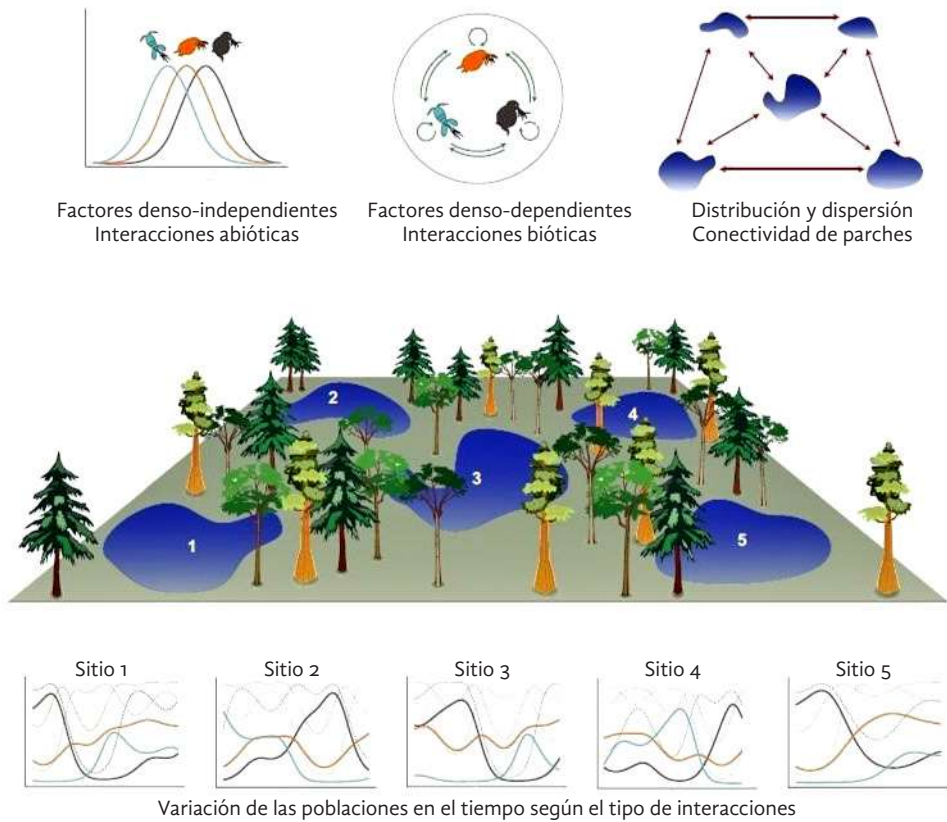


Figura 1. Componentes de una comunidad (extraído de Thompson *et al.*, 2020, p. 1316).

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

La composición de una comunidad es el conjunto de especies que la conforman, es decir, indica *cuáles* especies están presentes. A veces, es muy difícil conocer la identidad específica de las especies de una comunidad bajo estudio; en tales casos, el análisis se puede basar en categorías taxonómicas de mayor jerarquía (géneros, familias o inclusive órdenes; Carabias *et al.*, 2009). El conjunto de especies, tanto en su número como en su abundancia relativa, define la *estructura biológica* de una comunidad (Carabias *et al.*, 2009; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Smith y Smith, 2007). Una comunidad puede estar formada por unas pocas especies comunes o gran variedad de especies, algunas comunes con alta densidad poblacional, pero la mayoría con bajas densidades poblacionales. Cuando una o unas pocas especies predominan en una comunidad, se dice que son *dominantes* (Begon, Townsend y Harper, 2006; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2005; Smith y Smith 2007; Stiling, 2012).

Las comunidades se caracterizan, además de la abundancia y composición de especies, por sus rasgos físicos. La *estructura física* de la comunidad refleja factores abióticos –como la profundidad y flujo de agua en ambientes acuáticos– y factores bióticos –como la configuración espacial de los organismos– (Smith y Smith, 2007). Esta se define como la distribución diferencial de los organismos de una comunidad a lo largo de un eje vertical y/o un eje horizontal. Por ejemplo, en muchos bosques se reconocen varios estratos: uno conformado por plantas pequeñas, casi todas herbáceas; otro ubicado por encima de este, donde predominan especies arbustivas, y uno más alto formado por los árboles del dosel del bosque (Carabias *et al.*, 2009). En áreas húmedas con precipitaciones regulares, la vegetación dominante se caracteriza por ser bosque siempre-verde; en cambio, en áreas con frío o condiciones secas periódicas pueden desarrollarse bosques deciduos (Chapin, Matson y Vitousek, 2002). En las comunidades terrestres, la estructura del suelo, su fertilidad, las condiciones de humedad y su orientación influyen en la micro distribución de las plantas. Los patrones de luz y de sombra determinan el desarrollo de la vegetación inferior, las inundaciones y pequeñas variaciones en la topografía y en el microclima producen patrones bien definidos de crecimiento vegetal (Chapin, Matson y Vitousek, 2002; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013). La estatura de los árboles y los arbustos se reduce a causa de una limitada radiación de luz y competencia por el agua. Como la luz es un factor clave, entorno a los árboles altos suele desarrollarse una comunidad de enredaderas y plantas epifitas y, en cambio, si la comunidad vegetal se desarrolla en hábitats secos, suele estar integrada por plantas de tipo anuales o con estructura de bulbos (Chapin, Matson y Vitousek, 2002). La erosión del suelo y el cambio en la escorrentía del agua son ocasionados por la falta de cubierta vegetal del suelo, mientras que el aporte de humus mejora la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2005).

DIVERSIDAD Y RIQUEZA ESPECÍFICA

Una forma simple de caracterizar una comunidad es a través de la descripción del número de especies presentes en un ambiente (Begon, Townsend y Harper, 2006; Smith y Smith, 2007; Stiling, 2012). Sin embargo, en sitios en donde las condiciones ambientales son muy similares o la probabilidad de supervivencia y reproducción de las especies son parecidos, puede existir el caso de presentarse comunidades convergentes, es decir, de baja variación en la cantidad de especies o sitios que presentan las mismas especies en su composición. En caso contrario, en donde hay una dinámica de colonización y extinción, mortalidad o dispersión de especies, las comunidades resultantes pueden poseer variaciones elevadas en la composición de especies entre sitios, dando origen a comunidades divergentes (Alberti, Daleo e Iribarne, 2018; Palma, 2010).

En ecología de comunidades, caracterizar la diversidad de especies va depender a qué escala se desea hacer un estudio (Figura 2). Si se trata de una escala local o que involucre a una comunidad en un hábitat, hablamos de *diversidad alfa*, en cambio, cuando establecemos diferencias entre las composiciones de especies de dos o más comunidades de diferentes

hábitats, nos referimos a *diversidad beta*. Mientras que, al describir la composición de una especie a escala regional, estudiamos la *diversidad gamma* (Alberti, Daleo e Iribarne, 2018; Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002).

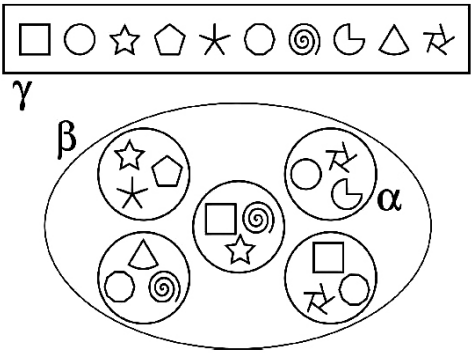


Figura 2. Esquema conceptual de la diversidad (extraído de Alberti, Daleo e Iribarne, 2018, p. 106).

Diversidad alfa

La medida más simple de diversidad es la *riqueza de especies*, que es un recuento del número de especies (Smith y Smith, 2007; Stiling, 2012). Aunque muchos análisis de diversidad se realizan de esta manera, un problema importante es que no se tiene en cuenta la frecuencia de aparición o la abundancia relativa de las especies (Stiling, 2012). Dentro del conjunto de especies que componen la comunidad, no todas son igualmente abundantes. Podemos descubrir esta característica si contamos todos los individuos de cada especie en una serie de muestras dentro de la comunidad y determinamos qué porcentaje de cada una contribuye al número total de individuos de todas las especies. Esta medida se conoce como *abundancia relativa* (Smith y Smith, 2007).

Tabla 1. Comunidad de peces en dos ambientes

<u>ESPECIES</u>	<u>SITIO NO CONTAMINADO</u>	<u>SITIO CONTAMINADO</u>
<i>Notemigonus crysoleus</i>	14	5
<i>Pimephales promelas</i>	149	301
<i>Ictalurus melas</i>	5	0
<i>Lepomis macrochirus</i>	8	12
<i>Lepomis cyanellus</i>	7	1
<i>Gambusia affines</i>	30	2
<i>Lepomis humilus</i>	16	2
<i>Notropis lutrensis</i>	12	110
<i>Lepomis megalotis</i>	8	4
<i>Micropterus salmoides</i>	1	10
<i>Pomoxis annularis</i>	8	1
<i>Phenacobius mirabilis</i>	1	0

En la tabla 1, la riqueza de especies es de doce para el sitio no contaminado, mientras que, para el sitio contaminado, es de diez. La abundancia relativa de la especie *Notemigonus crysoleus* representa un 5,40% para el sitio no contaminado y para el sitio contaminado, de 1,11%.

Uno de los índices de diversidad más simples y más utilizados es el índice de Simpson. El *índice de Simpson* mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie, este índice es también denominado de *índice de dominancia* (Begon, Townsend y Harper, 2006; Smith y Smith, 2007; Stiling, 2012). El valor que adopta este índice va de 0 a 1. En ausencia de diversidad, donde hay sólo una especie presente, el valor es 1. Cuando la riqueza y la abundancia de especie se incrementan, el valor se aproxima a 0.

$$Simpson = \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

En la fórmula, n_i : número de individuos de una especie dada y N: número total de individuos encontrados.

Con relación a la tabla 1, el sitio contaminado tiene una dominancia de 0,57 en comparación con el sitio no contaminado, de 0,354.

La medida de diversidad más ampliamente utilizada es el *índice de Shannon* (Begon, Townsend y Harper, 2006; Stiling, 2012). Este considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande y también asume que todas las especies están presentes en la muestra (Magurran, 1989).

$$Shannon = -\sum p_i \log_2 p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

En la fórmula:

p_i : es la proporción de individuos de una determinada especie.

n_i : cantidad de individuos de una especie dada.

N: número total de individuos colectados.

Los cálculos del índice de Shannon frecuentemente utilizan \log_2 y, al igual que el anterior índice, utiliza la proporción de individuos de cada especie. En nuestro ejemplo presentado de la tabla 1, en la comunidad de peces, en el sitio sin contaminación el valor de del índice de Shannon es $H' = 2,27$ y en el sitio contaminado es $H' = 1,38$.

El valor del índice de diversidad de Shannon suele hallarse entre 1,5 y 3,5 (Mogurran, 1989; Stiling, 2012). A partir de este índice, puede derivarse otro que mide qué tan equitativo o cómo es la abundancia proporcional de cada especie en la comunidad (Begon, Townsend y Harper, 2006; Mogurran, 1989; Moreno, 2001; Stiling, 2012). Este es conocido como *índice de equitatividad*. Una vez calculado el índice de Shannon, debe obtenerse otro valor conocido como diversidad máxima (H_{\max}), que es la máxima diversidad que un sitio puede tener cuando todas las especies son igualmente abundantes. Para ello, se aplica logaritmo natural a la riqueza de especie (S) y, una vez obtenido H_{\max} , se procede a realizar el

cociente entre la diversidad de Shannon y la diversidad máxima, obteniéndose así el índice de equitatividad.

$$\text{Equitatividad} = \frac{H'}{\ln S}$$

En la fórmula:

H' : es el valor del índice de Shannon obtenido.

$\ln S$: es aplicar el logaritmo natural o logaritmo neperiano a la riqueza de especie.

En los anteriores índices se toma en cuenta la abundancia proporcional de especies; sin embargo, otros conjuntos de índices se basan en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados (Moreno, 2001). En esta oportunidad desarrollaremos el *índice de Margalef*. Estimado como el cociente de la riqueza de especie sobre el logaritmo en base 10 del número total de individuos de la comunidad en estudio.

$$\text{Margalef} = \frac{S-1}{\log N}$$

En la fórmula:

$S-1$: es el número de especies halladas restada por uno.

$\log N$: es aplicar logaritmo a número total de individuos encontrados.

Diversidad beta

Una forma de explorar la importancia relativa del nicho ecológico, la colonización y extinción y/o la distribución de especies es a partir del análisis de la beta diversidad (Alberti, Daleo e Iribarne, 2018).

El sistema más fácil para medir la diversidad beta entre pares de localidades es mediante el uso de los coeficientes de similaridad. En ellos se miden la diversidad directamente de los sitios y surgen a partir de contabilizar el número de especie presentes, ausentes y comunes de cada sitio estudiado (Stiling, 2012; Palacio, Apodaca y Crisci, 2020). En especial, son muy utilizados los índices de *Jaccard* y *Dice-Sørensen* (Magurran, 1989). En estos cálculos, la diversidad beta depende de la proporción de especies compartidas entre grupos y no de la riqueza en sí de estos grupos (Pereyra y Moreno, 2013).

$$\text{Jaccard} = \frac{c}{a + b + c}$$

$$\text{Sorensen} = \frac{2c}{a + b}$$

En las fórmulas:

c : es el número de especies halladas en ambas localidades.

a : el número de especies presentes en la localidad A,

b : el número de especies de la localidad B.

Estos índices están diseñados para ser 1 en caso de similaridad completa e igual a 0 si las localidades son disimilares y no tienen especies en común (Magurran, 1989; Palacio,

Apodaca y Crisci, 2020). El índice de Sørensen confiere mayor peso a las dobles presencias (2c).

<u>Sitio</u>	<u>Sp1</u>	<u>Sp2</u>	<u>Sp3</u>	<u>Sp4</u>	<u>Sp5</u>	<u>Sp6</u>	<u>Sp7</u>	<u>Sp8</u>	<u>Sp9</u>	<u>Sp10</u>
<u>A</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>
<u>B</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>1</u>

Siendo:

$$C = 3 \qquad a = 5 \qquad b = 6$$

Entonces:

$$\text{Jaccard} = 3 / (5 + 6 + 3) = 0,214$$

$$\text{Dice-Sørensen} = 2 \times 3 / (5 + 6) = 0,544$$

Diversidad gamma

En su expresión más simple, la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje o región. Es el resultado de considerar la riqueza de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas. Sirve para poder diseñar estrategias de manejo, conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local (Moreno, 2001, Pereyra y Moreno, 2013; Poi, 2017). Su expresión, según R. H. Whittaker (1960), está dado por:

$$\gamma = \alpha \times \beta$$

En donde:

α : representa la riqueza de especie promedio para cada grupo o comunidad

β : es la proporción de especies compartidas entre grupos (Pereyra y Moreno, 2013).

Al despejar β , la expresión estaría dada por el cociente γ/α . En un caso hipotético, en donde gamma es igual a 19 anfibios y el promedio de cantidad de especies por dos zonas de estudio (por ejemplo, un matorral y un bosque) es 16,5, la relación entre ambos componentes sería $19/16,5 = 1,15$. Este valor representaría que la región presenta 1,15 comunidades distintas en su composición de especies de anfibios (Pereyra y Moreno, 2013).

DIAGRAMAS DE RANGO-ABUNDANCIA

La caracterización de las comunidades únicamente por los índices de diversidad corre el riesgo de no mostrar la manera en la que las especies se organizan o estructuran con relación al ambiente (Begon, Townsend y Harper, 2006; Stiling, 2012). Una imagen más completa de la distribución de las especies en una comunidad se obtiene con un diagrama que permite visualizar cómo se encuentran organizadas dichas especies (Stiling, 2012). Un

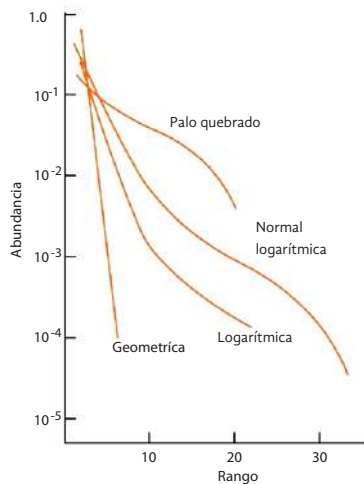


Figura 3. Modelos de rango-abundancia (modificado de Begon, Townsend y Harper, 2006, p. 473).

método utilizado para comparar los patrones de riqueza de especies y abundancia entre comunidades consiste en graficar la abundancia relativa de cada especie con relación al rango, donde el rango está definido por el orden de las especies de la más abundante a la menos abundante. Entonces, la especie más abundante estará representada primero en el eje x, con su correspondiente valor en el eje y, que es el valor de la abundancia relativa. Este proceso se continúa hasta que se representan todas las especies. El gráfico resultante se denomina *diagrama rango-abundancia* (Smith y Smith, 2007). La abundancia proporcional de cada especie generalmente está expresada en una escala logarítmica (Stiling, 2012).

La diversidad de especies es comúnmente examinada con relación a cuatro modelos principales: serie geométrica, serie logarítmica, normal logarítmica y el modelo de palo quebrado (Begon, Townsend y Harper, 2006; Magurran, 1989; Stiling, 2012). Los cuatro modelos parecen representar una progresión que va desde la *serie geométrica* (Figura 4-A), en la que unas pocas especies son dominantes, con las restantes prácticamente raras; pasando por la *serie logarítmica* (Figura 4-B) y la *serie normal logarítmica* (Figura 5-A), donde las especies con abundancia intermedia llegan a ser más comunes y finalmente en las condiciones representadas por el *modelo de palo quebrado* (Figura 5-B), en el que las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1989).

M. Tokeshi en 1990 proporciona explicaciones biológicas centradas en la teoría del nicho ecológico para los gráficos de rango-abundancia (Begon, Townsend y Harper, 2006; Stiling, 2012). Imaginemos un hábitat vacío, en donde las especies pueden invadir sucesivamente. Supongamos que la primera especie es capaz de explotar una gran porción de un determinado recurso, las siguientes especies en venir tienen cada vez una menor porción de explotación de ese recurso, dando como resultado comunidades de pocas especies (Figura 6-A).

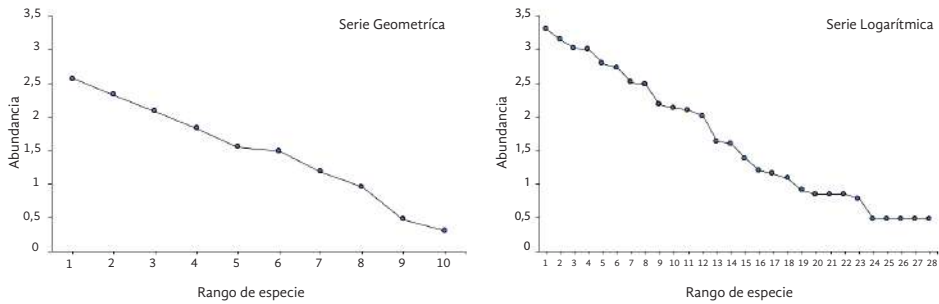


Figura 4. Modelos de rango-abundancia. A) Comunidad de colémbolos del suelo en plantación de coníferas. B) Comunidad de hongos sobre *Lolium perenne* (modificado de Magurran, 1989).

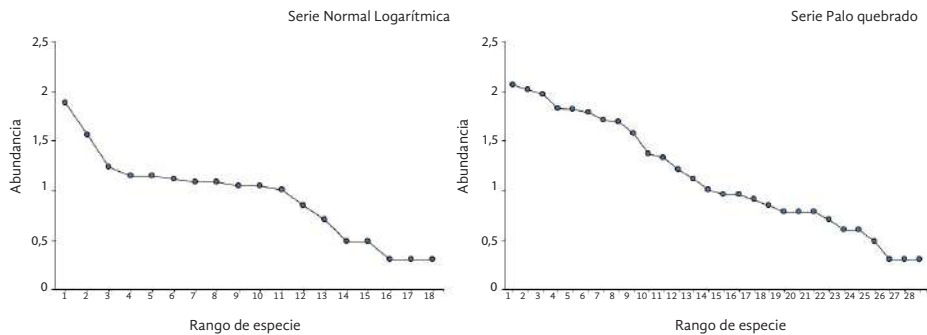


Figura 5. Rango-abundancia. A) Comunidad de bosque de hojas caducifolias (modificado de Smith y Smith, 2007). B) Comunidad de aves de bosques húmedos (modificado de Magurran, 1989).

Ahora pensemos en una nueva situación, una nueva especie ingresa a un hábitat y explota una fracción al azar de algunos de los recursos disponibles (utilizados o no) por las otras especies. La porción que pueda explotar estará determinada por las capacidades competitivas que establezca con las otras especies y el tipo de recurso (Figura 6-B).

Por último, supongamos que en esta oportunidad la especie con el nicho más grande es la que probablemente sufrirá competencia por ingreso de una nueva especie y esto da como resultado una distribución más equitativa del uso de dicho nicho (Figura 6-C).

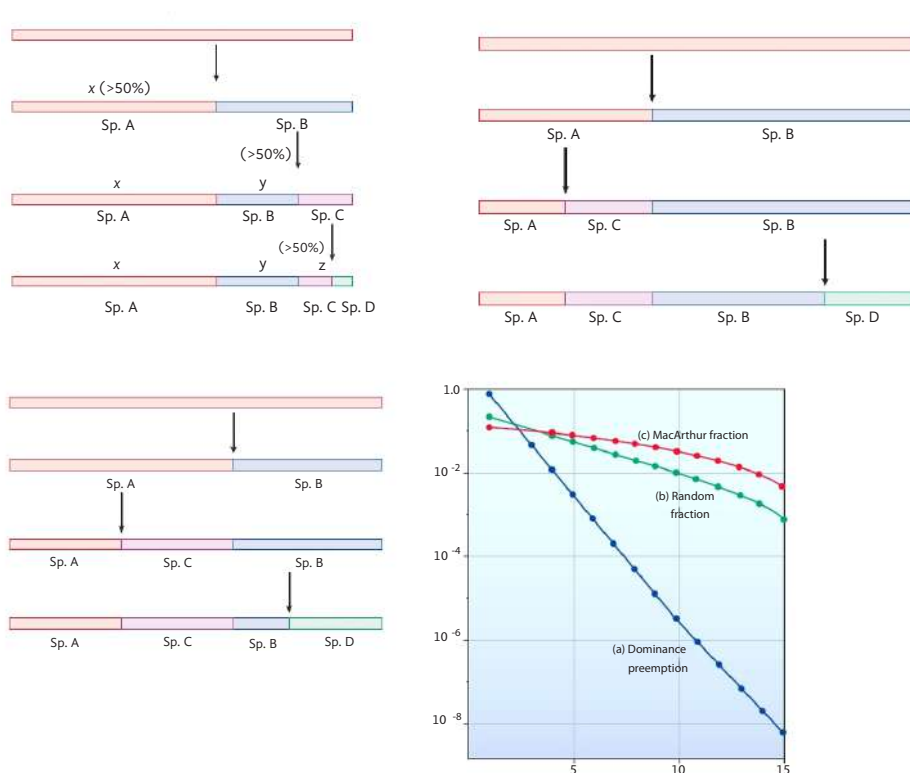


Figura 6. Modelos de Tokeshi. A) Modelo dominación por preferencia. B) Modelo de fracción aleatoria. C) Modelo de MacArthur (modificado de Stiling, 2012, pp. 367 y 368).

ESQUEMAS DE LA COMUNIDAD EN EL ESPACIO

A continuación, los esquemas de comunidad.

Estructura vertical

El suelo es el almacén físico donde se adaptan para vivir las especies. En la tierra, la estructura vertical está determinada por la forma de las plantas, es decir, su tamaño, la forma de ramificar y las hojas (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Smith y Smith, 2007). Así, en un sistema de bosques podemos distinguir:

- Zona de copas: lugar primario de fijación de energía a través de la fotosíntesis.
- Sotobosque: estará bien desarrollado si la zona de copas es abierta y permite que la luz entre a las capas inferiores, pero que mostrará un pobre desarrollo si las copas son densas y cerradas.

- Estrato de arbustos: plantas leñosas que alcanzan entre los 4 a 6 metros de altura.
 - Estrato herbáceo: dependerá de la humedad del suelo y de la disponibilidad de minerales, iones, metabolitos y materia orgánica.
 - Suelo: es donde ocurre el proceso de descomposición en el que la materia orgánica y liberación de nutrientes para su reutilización.
 - Agua: en cambio, en el agua los estratos están determinados según la penetración de la luz. En los lagos, por ejemplo, tiene una primera capa de agua en libre circulación (*epilimnion*), una segunda (*metalimnion*) que se caracteriza por presentar una termoclina, una tercera capa de agua densa, fría y profunda a unos 4 °C (*hipolimnion*) con una baja concentración de oxígeno, y una *capa de barro* en el fondo. Como se ha mencionado, la penetración de la luz determina dos grandes zonas el cuerpo de agua:
- Zona trofógena: es el lugar donde se produce la fotosíntesis, está dominada por el fitoplancton.
 - Zona trofólita: es el lugar donde ocurre la descomposición del material orgánico.

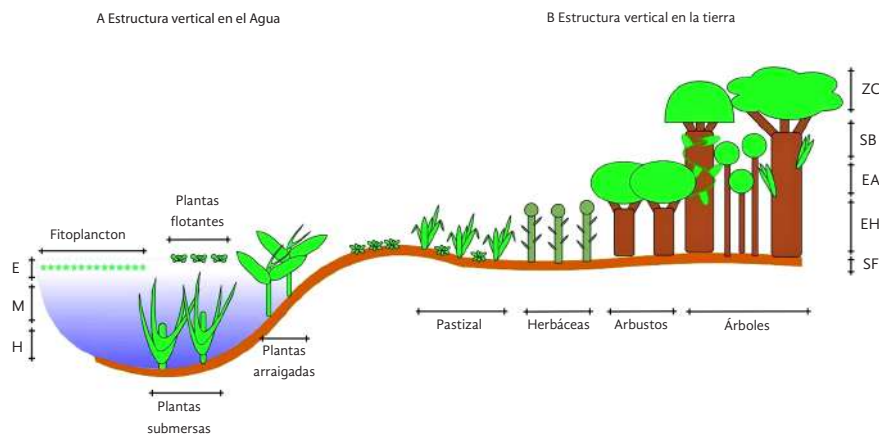


Figura 7. Esquemas de las comunidades en el espacio. A) Estructura vertical en el agua: E (*epilimnion*), M (*mesolimnion*) y H (*hipolimnion*). B) Estructura vertical en la tierra: ZC (zona de copa), SB (sotobosque), EA (estrato arbustivo), EH (estrato herbáceo) y SF (suelo forestal). El gradiente del color del agua indica zona trofógena (más claro) y zona trofólita (más oscuro).

Estructura horizontal y dispersión

Podemos definir como *estructura horizontal* al grado de organización que adoptan las poblaciones de una comunidad con relación a un eje horizontal. La estructura horizontal va formando parches de vegetación que componen un mosaico a lo largo del paisaje, los animales que se alimentan de las plantas tienen efectos sobre los patrones de vegetación, como así también los factores abióticos, tales como el viento y el fuego (Calixto Flores *et al.*, 2012; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013).

Por último, la dispersión de poblaciones dentro de un área determinada es característica para cada comunidad. En general, los animales cuentan con mecanismos de locomoción que les permiten explorar otros ambientes, a diferencia de las comunidades vegetales, que deben recurrir a la interacción con el viento o el agua para poder desplazar sus semillas y/o con animales a través de la ingesta de frutos y posterior excreción de semillas permitiendo dispersarse en nuevos sitios (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2005). Otros mecanismos de dispersión desarrollados por las plantas son los bulbos, brotes, estolones, yemas adventicias y parte de los rizomas, pues mantienen estable a las poblaciones en un sitio (Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2005). En los esteros del Iberá, los pajonales son una comunidad vegetal altamente resistente a las lluvias prolongadas y reiterados episodios de fuego. La combinación de yemas y producción de raíces adventicias mantiene el crecimiento vegetativo una vez que pasa los eventos desfavorables (Poi, 2017).

Zonificación

Cuando nos desplazamos dentro de una comunidad, nos podemos dar cuenta de algunos cambios pequeños entre las especies o la altura de la vegetación, pero, adentrándonos más, podemos encontrar diferencias muy notables y acentuadas en la estructura biológica y física de las comunidades (Calixto Flores *et al.*, 2012).

La variación espacial, a lo largo y ancho del paisaje, en la estructura de las comunidades se conoce como *zonación* (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Smith y Smith, 2007). Siendo común los patrones de la variación espacial en todos los ambientes, acuáticos y terrestres. Los cambios están marcados por las diferentes comunidades vegetales, que se definen por cambios en las plantas dominantes y en las características estructurales, tales como la altura, la densidad y la distribución espacial de los individuos (Poi, 2017; Smith y Smith, 2007). En la República Árabe de Yemen existe una comunidad vegetal especializada que habita a los lados de los llamados *wadi* (Figura 8). *Wadi* es un término árabe para definir valles o ríos extremadamente secos, por los que sólo discurre agua en la temporada de lluvias. En estos lugares, especies como *Bacopa monnieri* y *Phyla nodiflora* se ubican en bancos de grava, mientras que *Desmostachya bipinnata* y *Tamarix nilotica* pueden sobrevivir a episodios de inundación (Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2005).

Si nos desplazamos por un ambiente, posiblemente no podremos determinar en dónde termina o inicia una comunidad; por ende, puede haber problema en definir los límites (Smith y Smith, 2007). Generalmente, para delimitar y clasificar comunidades, se emplean medidas de similitud o diferencia entre ellas, las zonas de transición constituyen ambientes especiales. En estas zonas se encuentran *el borde* y *el ecotono* (Calixto Flores *et al.*, 2012; Smith y Smith, 2007).

Un *borde* es una zona de contacto entre dos o más comunidades vegetales, y un *ecotono* es donde dos comunidades vegetales no sólo se encuentran, sino que además se solapan (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Smith y Smith, 2007). Los ecotonos surgen en la transición entre dos comunidades que muestran un cambio en dominancia. Estas áreas pueden estar compuestas de una mezcla de especies o pueden estar caracterizadas por

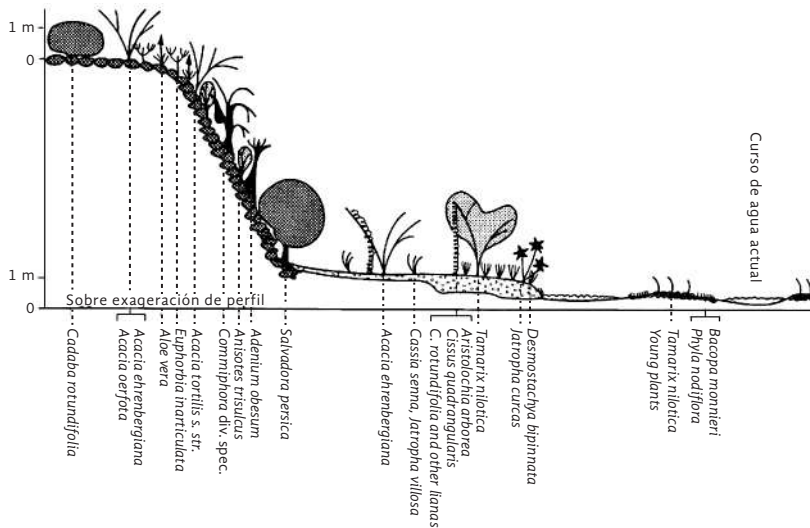


Figura 8. Zonación de las comunidades vegetales en los wadi, en la República Árabe de Yemen (modificado de Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2005, p. 510).

una única especie que pueden encontrarse o no en algunas de las comunidades vecinas (Calixto Flores *et al.*, 2012; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Smith y Smith, 2007). Los bordes pueden originarse por cambios abruptos en las condiciones ambientales, como ser en el tipo de suelo, la topografía, el sustrato o un microclima son denominados *borde inherente*. En cambio, si son ocasionados por el fuego, tempestades e inundaciones, se llaman *bordes inducidos* (Calixto Flores *et al.*, 2012). Los bordes son fronteras cambiantes, pueden expandirse horizontalmente y, en ocasiones, ocurre una diferencia abrupta en la estructura vertical de la vegetación que con el tiempo forma un continuo (Smith y Smith, 2007).

Con frecuencia, las fronteras están pobladas por una rica diversidad de especies. Este fenómeno, llamado *efecto borde*, está influido por la zona de límites disponible (largo y ancho) y por el grado de contraste entre las comunidades vegetales adyacentes. Los bordes alteran las interacciones entre las especies, restringen o facilitan la dispersión a través del paisaje (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Smith y Smith, 2007).

Estructura física

En todas las comunidades, el sustento que refleja a los factores bióticos y abióticos, en general, está definido por la vegetación. En 1930, el botánico Christien Raunkiaer diseñó una clasificación de las formas de vida vegetales y consideró la relación entre los tejidos embrionarios que permanecen inactivos en invierno o en prolongados periodos de sequía y su altura por encima del nivel del suelo (Calixto Flores *et al.*, 2012; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Fontana *et al.*, 2017; Lambers, Chapin y Pons, 2008).

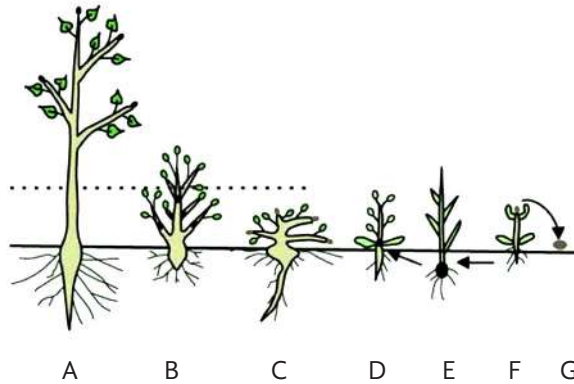


Figura 9. Clasificación de Raunkiaer. A) Fanerófitos. B y C) Caméfitos. D) Hemicriptófitos. E) Geófitos. F) Terófitos (extraído de Lambers, Chapin y Pons, 2008, p. 506).

- Fanerófitos: yemas perennes con una posición aérea y expuesta a condiciones climáticas variables. Árboles y arbustos de talla mayor de 25 cm, típicos de ambientes cálidos y húmedos.
- Caméfitos: renuevos perennes o yemas en la superficie del suelo o hasta 25 cm de altura, típicos de climas fríos y secos.
- Hemicriptófitos: yemas perennes en la superficie del suelo, donde se encuentran protegidas por el suelo y las hojas. Plantas que desarrollan rosetas de hojas. Característicos de climas fríos y húmedos.
- Criptófitos o geófitos: yemas perennes, enterradas en el suelo, en un bulbo o rizoma, donde se encuentran protegidas de las heladas y la sequedad, típicos de climas fríos y húmedos.
- Terófitos: plantas anuales, con un ciclo de vida completo de semilla a semilla, en una única estación. Las plantas sobreviven como semillas a las condiciones adversas, y son típicas de desiertos y pastos.
- Epífitos: plantas que crecen sobre otras plantas con raíces aéreas.

Sucesión ecológica

La estructura de la comunidad varía no solamente en el espacio, sino también en el tiempo. Los organismos alteran la estructura, la química y el microclima del suelo y, con ello, el número de especies (Purves *et al.*, 2004). El término *sucesión*, utilizado en ecología, describe el cambio gradual y continuo en la composición de especies y la estructura de la comunidad a lo largo del tiempo (Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002; Smith y Smith 2007; Stiling, 2012). Los patrones y las causas de las sucesiones ecológicas son variados, pero las especies colonizadoras con frecuencia alteran las condiciones en las que crecen las especies tardías (Chapin, Matson y Vitousek, 2011; Purves *et al.*, 2004). Los

Tabla 4. Síntesis de las bioformas propuestas por Raunkiaer

PLANTAS TERRESTRES

	<u>Macrofanerófitos</u>	Órganos de regeneración ubicados por encima de los 4 m de altura. <i>Lapacho, guayaibí.</i>
	<u>Nanofanerófitos</u>	Órganos de regeneración entre 4 m y 40 cm de altura. <i>Jazmín paraguayo, cocú.</i>
	<u>Caméfitos</u>	Tienen sus órganos de regeneración entre la superficie del suelo y los 40 cm de altura. <i>Petiveria alliacea, renuevos de árboles.</i>
<u>Fanerófitos</u>	<u>Fanerófitos escandentes</u>	Plantas leñosas que elevan sus órganos de regeneración gracias al sostén que otras brindan. <i>Trepadoras leñosas.</i>
<u>Hemi-criptófitos</u>		Plantas con órganos de regeneración a ras del suelo, a veces unos mm por encima o por debajo de la superficie, medio cubiertos por la hojarasca. <i>Espartillo, quiebrado.</i>
<u>Geófitos</u>		Plantas con órganos de regeneración bajo la superficie del suelo, a varios cm. Tienen bulbos, tubérculos, rizomas, raíces yemíferas. <i>Cypella.</i>
	<u>Epífitos adnatos</u>	Se fijan mediante raíces adventicias, ganchos, zarcillos. <i>Claveles del aire, orquídeas (Brassavola tuberculata), algunos helechos (Pleopeltis pleopeltifolia).</i>
<u>Epífitos</u>	<u>Epífitos de humus</u>	Viven donde se acumulan sustancias orgánicas y minerales (horquetas, ramas más o menos horizontales). <i>Vriesea friburgensis, cactáceas.</i>
<u>Terófitos</u>		Plantas que se adaptan a la época desfavorable completando el ciclo vital en un período de vegetación. <i>Sphagnum.</i>

PLANTAS ACUÁTICAS

	<u>Hidrófitos natantes</u>	Hidrófitos natantes flotantes: órganos de regeneración bajo la superficie del agua y nadan y flotan libremente en la superficie. <i>Helechos del agua, aguapé.</i>
		Hidrófitos natantes submersos: los órganos de regeneración están bajo la superficie del agua y nadan libremente por debajo de la superficie del agua. <i>Utricularia.</i>
	<u>Hidrófitos radicantes</u>	Hidrófitos radicantes natantifolios: radican en el fondo y sus hojas flotan en la superficie del agua. <i>Amapola del agua.</i>
		Hidrófitos radicantes natanticaules: radican en el fondo y los tallos y hojas flotan en la superficie del agua. <i>Eichhornia azurea...</i>
<u>Hidrófitos</u>		Hidrófitos radicantes submersos: radican en el fondo y están totalmente sumergidos. <i>Egeria, Cabomba...</i>
<u>Telmatófitos</u>		Viven casi siempre con sus órganos de regeneración bajo la superficie del agua, pero la mayor parte del vástago relleno de aerénquima está por encima de la superficie del agua. <i>Papiro, totora, pehuajó, paja brava.</i>
<u>Hidroterófitos</u>		Plantas acuáticas que completan su ciclo vital en un período de vegetación. Sobreviven en forma de semillas. <i>El irupé.</i>

Fuente: adaptado de Fontana (2017).

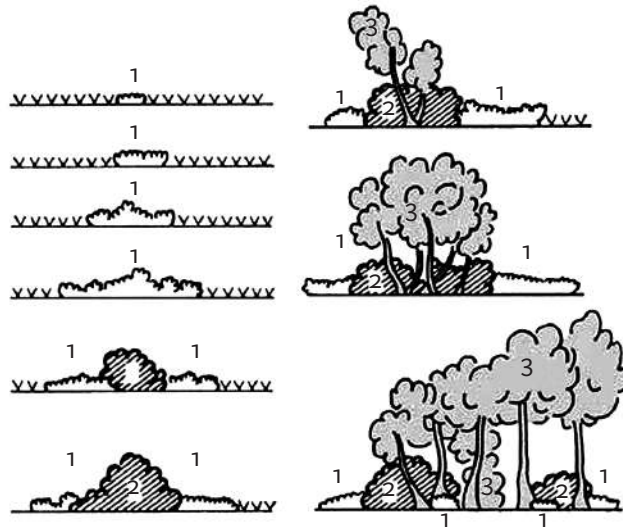


Figura 10. Sucesión primaria, los números indican las especies (extraído de Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002, p. 524).

procesos de sucesión ecológica pueden iniciarse a partir de un *disturbio*, es decir, con un suceso que daña o provoca la muerte de los organismos de una comunidad y deja espacios abiertos que pueden ser ocupados por nuevos organismos (Carabia *et al.*, 2009; Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002) o a partir de nuevos sitios originados naturalmente, como un banco de arena en el río, una nueva isla volcánica, etc. (Fontana *et al.*, 2017). En un disturbio se puede incluir la caída de un árbol, herbívora, fuego, precipitaciones prolongadas, huracanes, inundaciones, glaciaciones y erupciones volcánicas (Chapin, Matson y Vitousek, 2011; Lambers, Chapin y Pons, 2008; Poi, 2017).

En la sucesión ecológica hay dos tipos principales: la *sucesión primaria* (Figura 10) que comienza con el establecimiento de un organismo en nuevos sitios disponibles, previamente no utilizados por alguna especie. Mientras que, en la *sucesión secundaria* (Figura 11), los organismos se restablecen en el sitio previamente ocupado pero que, a causas de eventos climáticos o disturbios ambientales, se eliminó parte o la totalidad de organismos que vivían previamente (Chapin, Matson y Vitousek, 2011; Purves *et al.*, 2004; Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002; Smith y Smith, 2007; Stiling, 2012).

En una sucesión puede pasar una secuencia de comunidades que va desde los pastos bajos a arbustos de mediano porte y de estos últimos a árboles que formen un bosque (Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002; Smith y Smith, 2007). A cada cambio se lo denomina *estadio serial*, puesto que cada uno representa un punto en un continuo a través del tiempo y es reconocido como una comunidad diferente (Carabia *et al.*, 2009; Smith y Smith, 2007; Stiling, 2012). La sucesión se detiene cuando las especies alcanzan a dominar un lugar y están a salvo de perturbaciones volviéndose una comunidad estable.

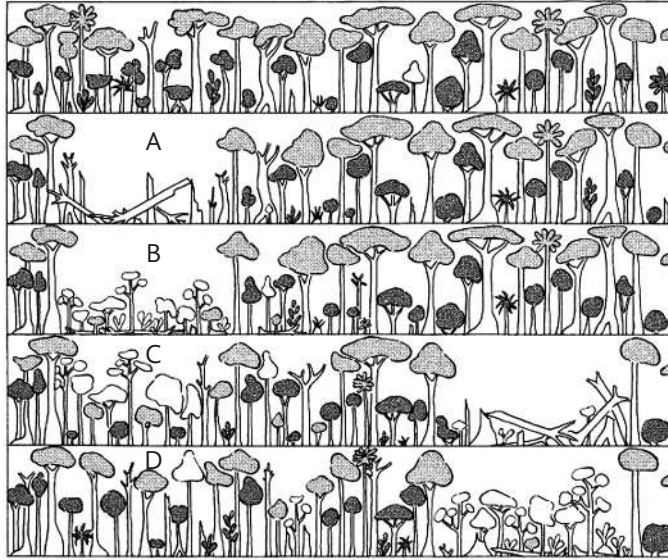


Figura 11. Sucesión secundaria. A) Formación de claro. B) Crecimiento de pioneras. C) Competición. D) Muerte de pioneras (extraído de Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002, p. 524).

A este punto de la sucesión se lo llama clímax (Calixto Flores *et al.*, 2012; Schuelze, Beck y Müller-Hohenstein, 2002).

Comunidad terminal. La comunidad que se establece cuando se alcanza el equilibrio entre suelo, vegetación y clima se denomina comunidad terminal. Por ejemplo: el bosque de quebracho colorado y urunday.

Las especies integrantes de esta comunidad tienen, entre otras, las siguientes características:

- Son del tipo de estrategias K;
- Tienen un ciclo de vida largo, son plantas que viven muchos años;
- La relación con las otras especies es estable, difícilmente entren otras especies al sistema;
- El reciclado de los elementos (nutrientes) es lento (vida larga);
- Dan origen a una estratificación compleja;
- Biomasa elevada.

Hasta no hace muchos años se consideraba que la sucesión llegaba a un estado final llamado clímax, una comunidad estable que era el máximo desarrollo posible de acuerdo con el clima y el suelo. Pero en realidad esto no siempre es así, y la mayoría de las veces las comunidades sufren perturbaciones naturales y/o antrópicas que impiden alcanzar la clímax.

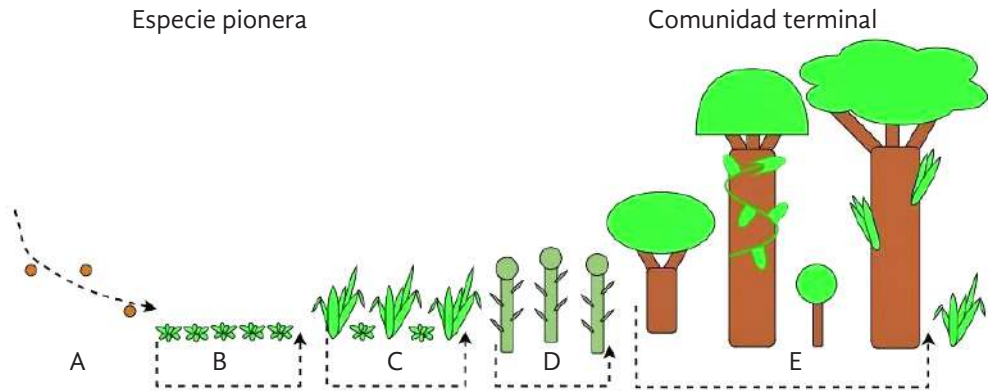


Figura 12. Sucesión vegetal y mecanismo de dispersión. Las flechas indican dispersión de las poblaciones. A) Ingreso de las especies pioneras por medio del aire o agua. B) Establecimiento de la especie pionera, dispersión por brotes o propágulos. C) Comunidad de pastizales, dispersión por rizomas y estolones. D) Comunidad de herbáceas, dispersión por yemas. E) Comunidad de bosque, dispersión por animales.

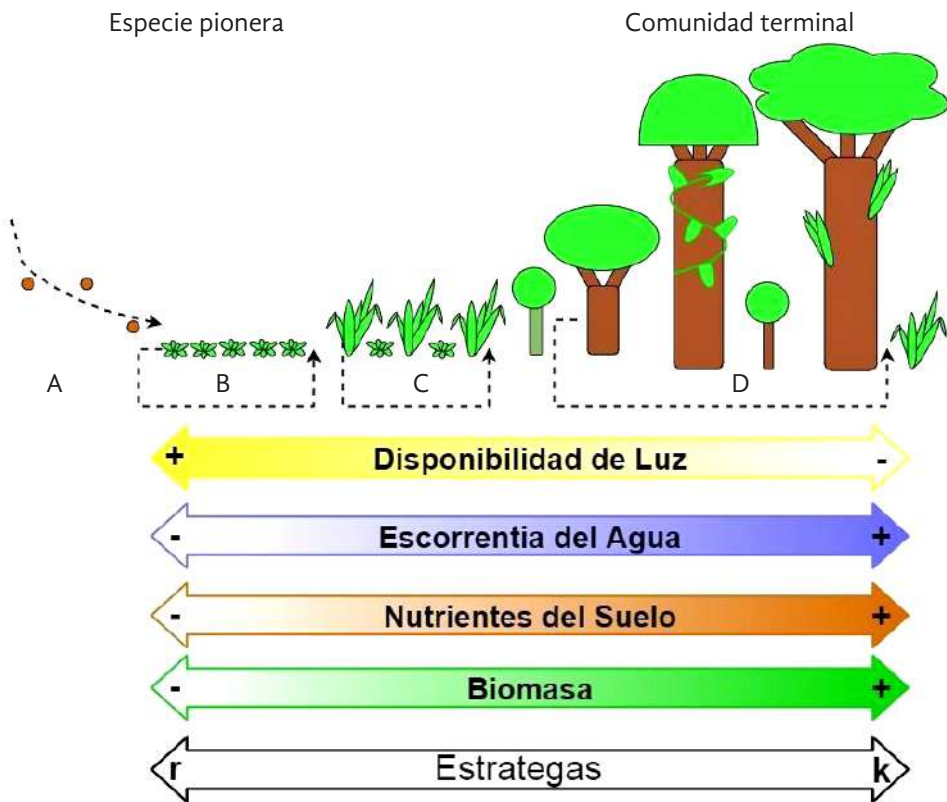


Figura 13. Sucesión vegetal y mecanismo de dispersión. Las flechas punteadas indican dispersión de las poblaciones. A) Ingreso de las especies pioneras por medio del aire o agua. B) Establecimiento de la especie pionera, dispersión por brotes o propágulos. C) Comunidad de pastizales, dispersión por rizomas y estolones. D) Comunidad de bosque, dispersión por animales.

Por eso, el concepto inicial de clímax se fue modificando para actualmente hablar de *comunidad terminal* y dejar abierta la posibilidad de que la vegetación en equilibrio con el suelo y las condiciones del medio pueda no siempre ser la misma.

Las especies tempranas de la sucesión se caracterizan por la elevada tasa de crecimiento, tamaño pequeño, amplia dispersión y rápido crecimiento poblacional (Calixto Flores *et al.*, 2012; Chapin, Matson y Vitousek, 2011). Estas son las especies *oportunistas*, también llamadas *colonizadoras* o *pioneras*, forman el primer estado seral o *estado pionero* (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Lambers, Chapin y Pons, 2008). Durante su estadía, las especies pioneras mejoran las condiciones del medio, primero al establecerse en el sitio y luego aportando nitrógeno al suelo (Chapin, Matson y Vitousek, 2002). En cambio, las especies tardías de la sucesión presentan tasas de dispersión y colonización bajas, menores tasas de crecimiento, mayores tamaños y más largo tiempo de vida (Calixto Flores *et al.*, 2012; Chapin, Matson y Vitousek, 2011). Estas especies tienden a ser más *especialistas* en cuanto al lugar que ocupan. Por ejemplo, con la muerte de las especies vegetales pioneras y el aporte de desechos acarreados por el viento, se produce un medio que puede mantener suficiente agua y nutrientes para la invasión y el crecimiento de planta invasoras (Chapin, Matson y Vitousek, 2011; Consuelo Escolástico *et al.*, 2013). Así, se pasa de forma gradual de las especies de estrategia *r*, adaptadas a cualquier ambiente, a especies de estrategia *k* (Consuelo Escolástico *et al.*, 2013; Lambers, Chapin y Pons, 2008).



ACTIVIDADES

1. A partir de la Tabla 1, sobre *Diversidad alfa*, desarrollar de manera integrada los diagramas de rango y abundancia para las comunidades de los peces de los sitios contaminados y no contaminados.

Tabla 1. Comunidad de peces en dos ambientes (contaminado y no contaminado)

Especies	Sitio no contaminado	Sitio contaminado
<i>Notemigonus crysoleus</i>	14	5
<i>Pimephales promelas</i>	149	301
<i>Ictalurus melas</i>	5	0
<i>Lepomis macrochirus</i>	8	12
<i>Lepomis cyanellus</i>	7	1
<i>Gambusia affines</i>	30	2
<i>Lepomis humilus</i>	16	2
<i>Notropis lutrensis</i>	12	110
<i>Lepomis megalotis</i>	8	4
<i>Micropterus salmoides</i>	1	10
<i>Pomoxis annularis</i>	8	1
<i>Phenacobius mirabilis</i>	1	0

2. Luego del análisis detallado de la tabla, responder:

- ¿Qué cambios han ocurrido en cuanto a la abundancia y la riqueza de especies?
- ¿Qué sitio es más equitativo en cuanto a la abundancia de especie, el contaminado o el no contaminado? ¿Por qué?

3. En la Tabla 2 la matriz representa la presencia/ausencia de cinco especies registradas en dos tipos de ambientes, calcular, de acuerdo con las fórmulas correspondientes, los coeficientes de similitud de Jaccard y Dice-Sørensen, y analizar los resultados obtenidos.

Tabla 2. Registro de presencia/ausencia de cinco especies (sp1, sp2, sp3, sp4 y sp5) registradas en dos tipos de ambientes

Especies	Sitio A	Sitio B
sp1	1	0
sp2	0	1
sp3	1	1
sp4	1	0
sp5	1	0
sp6	0	1
sp7	1	1
sp8	1	0
sp9	0	1
sp10	1	1



4. Con base en la escala de medición de la diversidad, contestar de manera detallada y describir:
- ¿Por qué es importante considerar la abundancia de cada especie al momento de caracterizar la diversidad de un sitio?
 - ¿Cuáles son las limitaciones que podría surgir al trabajar solo con la riqueza de especies?
 - En caso de que sólo contemos con información de riqueza de especies, ¿qué aporta la propuesta de Whittaker (1960) en la medición de la diversidad?



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTI, J., Daleo, P. e Iribarne, O. (2018). ¿Blanco, negro o escala de grises? Determinación de la contribución relativa del nicho ecológico y la teoría neutral en los ensamblajes de especies. *Ecología austral*, 28 (1), 104-112.
- BEGON, M., Townsend, C. R. y Harper, J. L. (2006). *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing.
- CALIXTO FLORES, R., Herrera Reyes, L. y Hernández Guzmán, V.D. (2012). *Ecología y medio ambiente*. Cengage Learning Editores.
- CARABIAS, J., Meave, J.A., Valverde, T. y Cano-Santana, Z. (2009). *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson Educación.
- CHAPIN, F. S., Matson, P. A. y Vitousek, P. M. (2002). *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. Springer.
- CONSUELO ESCOLÁSTICO, L., Cabildo Miranda, M. P., Claramunt Vallespí, R. M. y Claramunt Vallespí, T. (2013). *Ecología I: Introducción. Organismos y poblaciones*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- CURTIS, H., Barnes, N. S., Schneck, A. y Massarini, A. (2008). *Biología* (7ª ed.). Med. Panamericana.
- FONTANA, J. L., Barraqueta, P., Gomes César, R. y Ávila-R, L. A. (2017). Cap. 15. Sucesión y regeneración en restauración ecológica". En G. Zuleta, A. Rovere & F. Mollard (eds.) *Siacre 2015. Aportes y Conclusiones. Tomando decisiones para revertir la degradación ambiental* (pp.131-138). Vázquez Massini Editores.
- KOCH, E., Castaño-Meneses, G. y Delabie, J. H. (2019). El concepto de gremio: del feudalismo a la ecología de comunidades. *Acta biológica colombiana*, 24 (2), 224-231.
- LAMBERS, H., Chapin, F. S. y Pons, T. L. (2008). *Plant physiological ecology* (Vol. 2, pp. 11-99). Springer.
- MAGURRAN, A.E. (1989). *Diversidad ecológica y su medición* (1ª ed.). Ediciones Vedra.
- MORENO, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1). M y T Manuales y Tesis SEA.
- PALACIO, F. X., Apodaca, M. J. y Crisci, J. V. (2020). *Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R*. Vázquez Mazzini Editores
- PALMA, A. (2010). ¿Nichos, teoría neutral, o una alternativa emergente? *Ecología austral*. 20 (1), 63-69.
- PEREYRA, L. C. y Moreno, C. E. (2013). Divide y vencerás: revisión de métodos para la partición de la diversidad regional de especies en

- sus componentes alfa y beta. *Revista chilena de historia natural*, 86(3), 231-240.
- POI, A. S. G. (2017). *Biodiversidad en las aguas del Iberá*. Eudene.
- PURVES, W. K., Sadava, D., Orians, G. H. y Craig Heller, H. (2004). *Vida. La Ciencia de la Biología* (6ª ed.). Med. Panamericana.
- ROOT, R. (1967) The Niche Exploitation Pattern of the Blue-Gray Gnat Catcher. *Ecological Monographs*, 37, 317-350.
- SCHULZE, E. D., Beck, E. & Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant ecology*. Springer Science & Business Media.
- SMITH, T. M. y Smith, R. L. (2007). *Ecología* (6ª ed.). Pearson Educación.
- STILING, P. D. (2012). *Ecology: global insights & investigations*. McGraw-Hill Companies.
- THOMPSON, P. L., Guzmán, L. M., De Meester, L., Horváth, Z., Ptacnik, R., Vanschoenwinkel, B., Duarte, S. V. y Chase, J. M. (2020). A process-based metacommunity framework linking local and regional scale community ecology. *Ecology letters*, 23(9), 1314-1329.
- TOKESHI, M. (1990). Niche apportionment or random assortment: species abundance patterns revisited. *Journal of Animal Ecology*, 59, 1129-1146.
- WHITTAKER, R. H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 279-338.

Capítulo 8. Sociedad y ambiente

Este capítulo abordará la relación entre la sociedad y el ambiente como base de la construcción de la cuestión ambiental para el ser humano. Se mencionarán los principales procesos de deterioro ambiental y las principales convenciones o reuniones relacionadas con el cuidado del ambiente. Además, se trabajarán los principales conceptos y estudios involucrados en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, realizados para distintas obras llevadas a cabo por el ser humano.

Aquí se introduce la relación particular que tiene el ser humano con el ambiente, es decir, con un sistema dinámico y complejo, en el que interaccionan la sociedad, la cultura y los ecosistemas o, como lo define Gallopín (1995), es «un macrosistema de interacciones cuya organización determina el comportamiento del sistema que no proviene de su propia organización».

La relación entre el ser humano y el ambiente ha sido abordada desde su vinculación con lo divino, con lo teleológico (vinculado a un creador y, por tanto, para un fin humano), hasta llegar a la visión científica cartesiana, que buscaba motivaciones morales para justificar la actitud de dominio sobre la naturaleza a través del conocimiento (Neiff y Casco, 2008).

Las relaciones funcionales entre el ser humano y su ambiente se explican a través del funcionamiento de los ecosistemas –sistemas naturales– y de las sociedades humanas –ambientes urbanos, rurales, otros– (Begon, Townsend y Harper, 2006), pudiendo ser estudiados según el balance de la energía entrante y saliente y, por lo tanto, considerarse como balanceados, productivos y consumidores (Fontana, 2016).

El vínculo entre la sociedad y la naturaleza es una pregunta que antecede a los conflictos socioambientales y constituye la base de la construcción de la cuestión ambiental (Spivak L–Hoste y Mombello, 2020). Es así que, al entender al ambiente como un sistema dinámico y complejo, donde interaccionan los sistemas socioculturales y los ecosistemas, los problemas ambientales ya no pueden situarse por fuera de la dimensión sociocultural (García y Priotto, 2009).

De acuerdo con los datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la población mundial es más de tres veces mayor que a mediados del siglo XX, alcanzando los 8.000 millones a mediados de noviembre de 2022 (Figura 1). En los próximos 30 años, la población mundial aumentará casi 2.000 millones de personas, pasando de los 8.000 millones actuales a los 9.700 millones en 2050, pudiendo llegar a un pico de cercano a 10.400 millones para mediados de 2080. En Argentina, de acuerdo con el censo de mayo de 2022, la población alcanza los 45,8 millones de habitantes, siendo Buenos Aires y



Córdoba las jurisdicciones con mayor distribución de la población, teniendo en cuenta la población total del país (Instituto de Estadística y Censos [Indec], 2022).

Un fenómeno preocupante es que desde los inicios de la humanidad hasta el siglo XIX se alcanzaron los primeros 1.000 millones de habitantes, pero los últimos 1.000 millones se agregaron solamente en 12 años y la mayoría de los habitantes de todo el mundo actualmente vive en ciudades: algunos usando las comodidades de la moderna tecnología en medios de comunicación, transporte, servicios de salud, y otros (una de cada seis personas), alrededor de 1.000 millones, son muy pobres, pasan hambre y están desnutridos (Coviella y Malacalza, 2013). Este ritmo de crecimiento permite visualizar la relación actual que tiene el ser humano con el ambiente y considera la magnitud de los efectos que puede ocasionar en él al explotar al resto de la naturaleza para satisfacer sus necesidades.

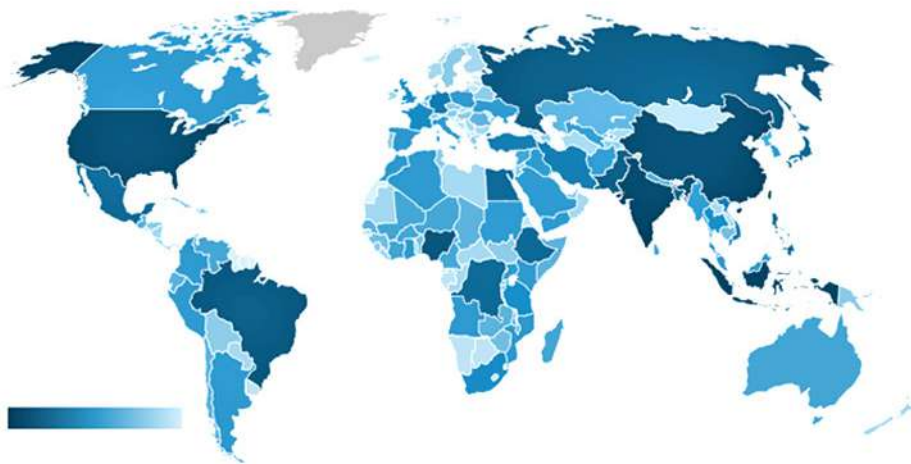


Figura 1. Población mundial (United Nations Population Fund [UNPF]). Población de Argentina: 46.234.830 habitantes, según el Censo de 2022.

PROCESOS DE DETERIORO AMBIENTAL

Las primeras poblaciones urbanas se formaron hace unos 10.000 años, con la revolución agrícola, pero la urbanización en el sentido moderno comenzó con la Revolución industrial. En el año 1800 sólo el 3% de la población residía en ciudades, esto se fue acrecentando hasta que, en el siglo XX, aparecen las «naciones urbanizadas» (Coviella y Malacalza, 2013, p. 65).

Como consecuencia de los procesos de transformación y deterioro del ambiente, a mediados de la década del 70 la problemática ambiental empezó a formar parte de la agenda pública y a estar relacionada con las actividades y actitudes de la sociedad. Es en esta época cuando surgen los movimientos ambientalistas en el hemisferio norte, los que en las décadas siguientes se multiplicarán en los demás países.

En 1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano, en Estocolmo, se reconoce que el ambiente y el desarrollo no son incompatibles. En la Declaración de Estocolmo se establecen 26 principios que mencionan las primeras nociones sobre derechos ambientales, la responsabilidad con las generaciones futuras, la desigualdad, el desarrollo y los bienes naturales, y la relación entre ambiente, tecnología y ciencia. Como estrategia de desarrollo alternativa, surge el término ecodesarrollo, basado en tres pilares: autonomía en la toma de decisiones, equidad y prudencia ecológica (Gallopín, 2010).

Esta conferencia en 1972, con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), realizadas en 1992 y 2012, son dos hitos de la historia de la segunda mitad del siglo XX, pues marcan la exposición de los antecedentes históricos de la gestión ambiental en las últimas décadas (Aparicio, 2023).

En 1983 se constituyó la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, más conocida como Comisión Brundtland (por el apellido de la presidenta de esta comisión), elaborándose en 1987 el Informe Brundtland: «Nuestro futuro común», donde se establecen las relaciones entre los problemas ambientales y los modelos de desarrollo económico. Aquí se plantea una propuesta de acción con base en el *desarrollo sustentable*, es decir, aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las formas de vida de las generaciones futuras para satisfacer las propias necesidades (Banco Mundial, 1987).

La sostenibilidad y el desarrollo sostenible exigen integrar factores económicos, sociales, culturales, políticos y ecológicos, teniendo en cuenta un horizonte espacial y temporal para adaptarse a la necesidad de equidad intergeneracional, así como intrageneracional (Gallopín, 2003, 2010).

En la década del 80 se agravan los problemas ambientales manifestados en décadas anteriores y aparecen los primeros síntomas de los procesos de deterioro ambiental: la degradación de la capa de ozono y el efecto invernadero (García y Priotto, 2009).

El deterioro ambiental y los procesos de contaminación se han vuelto cada vez más importantes por la necesidad de resguardar la vida y entorno humano, siendo que la destrucción de la capa de ozono, la lluvia ácida, la pérdida de biodiversidad, el calentamiento de la tierra y el destino de los residuos tóxicos y nucleares afectan a todo el planeta y conforman un marco de acción global (Godínez Enciso, 1995). Las causas del deterioro ambiental, relacionadas con las actividades humanas, incluyen también la capacidad de transformar los recursos naturales en tiempos breves –destrucción, fragmentación o transformación radical de diversos hábitats– (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal], 2005, 2015).

El tema ambiental es asociado generalmente a las ciencias naturales, pero, al decir de E. Leff (1988), los problemas ambientales son eminentemente sociales, dados por la crítica relación entre sociedad y naturaleza. Es así que la dimensión ambiental emerge como un sistema complejo para ser analizado a partir de la interacción entre diversas disciplinas científicas, saberes populares y culturales (García y Priotto, 2009). Estos procesos originados de la evolución del comportamiento de una parte de la humanidad nos han llevado a desembocar, en la actualidad, en una auténtica crisis ambiental o ecológica de características

muy especiales (Orozco Barrenetxea *et al.*, 2011). Los principales indicadores de esta crisis son el *cambio climático*, el *deterioro del suelo*, con la deforestación, desertización, erosión; la *pérdida de especies*, *aspectos socioeconómicos*, la *contaminación del agua, aire y suelo*, *incremento de los accidentes ambientales graves*.

A continuación, desarrollaremos los principales procesos de contaminación ambiental y sus características más sobresalientes.

Contaminación

Cuando hablamos de contaminación, nos referimos a toda perturbación del ambiente (agua, aire y suelo) que resulte perjudicial para los seres humanos u otros organismos vivos y sea causada por un agente químico, físico o biológico. En general, afecta al aire, al agua o al suelo y, de acuerdo con la teoría ecológica, la contaminación es una circulación defectuosa o interrumpida de algún material de los ecosistemas (Coviella y Malacalza, 2013).

Desde un punto de vista histórico, la contaminación fue percibida de distinta manera, considerándose inicialmente que los compuestos químicos podrían ser asimilados por la naturaleza y transformados en sustancias inocuas. En otra etapa, debido a que en 1960-1970 se descubrió la persistencia y bioacumulación de muchos contaminantes (como el DDT, los policlorobifenilos, los clorofluorocarbonos, el mercurio), se prohibió o limitó su uso. En la actualidad, la estrategia es prevenir la contaminación (Orozco Barrenetxea *et al.*, 2011).

La contaminación que afecta directamente al ser humano es la contaminación del agua, la atmosférica y la del suelo.

Contaminación del agua

Existen distintas definiciones de contaminación del agua. Por ejemplo, la Carta del Agua, del Consejo de Europa (1968), menciona que «consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural». Odum (1998), por su parte, define a la contaminación de las aguas continentales, es decir, de los ríos y lagos, «como un cambio indeseable en las características físico-químicas o biológicas que será perjudicial para el hombre y otras formas de vida, procesos industriales, condiciones de vida y propiedades culturales» (Figura 2).

De cualquiera de las definiciones se destacan tres aspectos fundamentales (Orozco Barrenetxea *et al.*, 2011):

- a. Se parte de la calidad o composición natural del agua, no de agua pura.
- b. Se mide la contaminación en función del uso al que el agua está destinada.
- c. Se considera contaminación aquella provocada de forma directa o indirecta por la actividad humana.

El impacto de las actividades humanas en los ecosistemas continentales provoca un deterioro en la calidad del agua y marcadas alteraciones en el ciclo hidrológico, en los ciclos



Figura 2. Contaminación en una laguna correntina (fotografía por Sylvina Casco).

biogeoquímicos y en la biodiversidad. Estos procesos ocasionan impactos económicos y sociales y, en algunos casos, alteraciones permanentes e irreversibles en lagos, ríos y represas, con costos muy elevados para su recuperación (Tundisi y Matsumura Tundisi, 2008).

Desde el punto de vista ecológico, en los ecosistemas acuáticos la calidad del agua es diversa y reúne condiciones distintas de las requeridas para uso doméstico, agrícola o industrial. Por ejemplo, un ecosistema acuático natural con altas concentraciones de sales, de alta dureza, pH con valores muy básicos o ácidos, puede tener comunidades estables y adaptadas a vivir en estas condiciones (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022). Las principales fuentes de contaminación acuática son las industrias, la agricultura y los desechos domésticos. Actualmente, se ha enfatizado en los contaminantes emergentes –como los antibióticos, esteroides, anticonceptivos– que llegan a los cursos de agua, ya que las plantas de tratamiento de aguas residuales no son totalmente exitosas para solucionar este inconveniente.

Hay distintos contaminantes del agua de acuerdo con su naturaleza:

- *Física:* calor.
- *Compuestos químicos inorgánicos:* sales, bases, metales, elementos radiactivos, gases, minerales no disueltos.
- *Compuestos químicos orgánicos:* hidratos de carbono, aminoácidos, proteínas, aceites y grasas, hidrocarburos, principalmente derivados de petróleo, jabones y detergentes, pesticidas y policlorobifenilos.
- *Nutrientes:* compuestos nitrogenados, fosforados. Como producto de la descomposición aeróbica de la materia orgánica, se forman en último término dióxido de carbono, agua y sales minerales, de las que las más importantes como nutrientes son los

nitratos y fosfatos que están íntimamente ligados al proceso de eutrofización, como se describirá más adelante.

- **Microorganismos:** bacterias, virus, hongos, algas.
- **Radiactividad:** la generación de energía nuclear, las pruebas atómicas y el uso de sustancias radiactivas en la medicina y bioquímica son una fuente de elementos radiactivos en el ambiente que pueden concentrarse en los tejidos de invertebrados y peces e incorporarlos finalmente en el hombre, como el yodo y el fósforo radiactivo.

Hay un número muy alto de contaminantes, por ello, se define una serie de parámetros generales, indicadores de contaminación, de acuerdo con su naturaleza (Orozco Barretxea *et al.*, 2011).

Parámetros de carácter físico. Entre ellos encontramos:

- **Características organolépticas: color, olor y sabor.** El color de las aguas residuales puede deberse a las elevadas concentraciones de cromo, colorantes industriales, aceites, etc. En el agua natural se debe a sustancias húmicas, a algas planctónicas (clorofíceas o cianofíceas), a sales de hierro, macizos calcáreos. Las fuentes de sabor pueden ser compuestos orgánicos como fenoles, clorofenoles, mercaptanos, alquitranes, aldehídos, detergentes, ácidos grasos, indoles, también algunos organismos vivos (algas, bacterias), la descomposición de vegetales y animales. Los compuestos inorgánicos proporcionan sabores ácidos, salados y metálicos
- **Turbidez y materias en suspensión.** La turbidez es provocada por la materia insoluble, en suspensión o dispersión coloidal. Las partículas insolubles pueden ser aportadas por procesos de arrastre, de remoción de tierras y por vertidos urbanos e industriales. El material en suspensión produce color aparente en el agua, disminuye el paso de energía solar, disminuye la actividad fotosintética, ocasiona depósitos sobre las plantas acuáticas y las branquias de los peces, favorece la aparición de condiciones anaeróbicas y dificulta la alimentación de los seres vivos acuáticos.
- **Temperatura.** Es una variable física que afecta a la solubilidad de gases y sales, a la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, a la tensión superficial, al desarrollo de organismos presentes en el agua. Cuando aumenta la temperatura, la solubilidad del oxígeno disminuye y se aceleran los procesos de descomposición.
- **Conductividad.** Da una apreciación de la concentración de los iones en disolución y una conductividad elevada se traduce en una salinidad elevada o en valores anómalos de pH.

Parámetros de carácter químico. Aquí describimos los siguientes parámetros:

- **Salinidad y dureza.** La salinidad representa el contenido iónico total del agua, es un parámetro utilizado habitualmente en las aguas salobres, se identifica con el parámetro de sólidos disueltos. Las causas del aumento de la salinidad en aguas continentales pueden ser los efluentes industriales, escorrentía de las aguas de regadío, aguas salobres de

minas. Cuando los niveles de salinidad son elevados, causan problemas en el regadío y en la vida acuática, y convierten las aguas en no aptas para beber.

- **Acidez y alcalinidad: pH.** El pH del agua, que indica el comportamiento ácido o básico de la misma, influye sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas, el potencial redox del agua, el poder desinfectante del cloro. La acidez se debe a la presencia de dióxido de carbono libre, ácidos minerales y orgánicos. Por debajo de pH 4, se destruyen todos los vertebrados, muchos invertebrados y microorganismos, y la mayoría de las plantas superiores. La alcalinidad mide la capacidad del agua para absorber protones y sirve para conocer la *agresividad* o la tendencia a la incrustación de un agua; es decir, al deterioro en frío, ocasionado por las aguas naturales de materiales de diverso tipo, metales, calizas, cemento que depende del dióxido de carbono libre, la alcalinidad y el pH.
- **Oxígeno disuelto y materia orgánica.** Estos dos parámetros están íntimamente relacionados. La cantidad de oxígeno disuelto es un indicador importante de la calidad del agua, ya que es un elemento indispensable para la vida: los peces necesitan niveles de oxígeno disuelto más elevados y las bacterias los más reducidos. Las fuentes de oxígeno son la disolución del oxígeno atmosférico, la fotosíntesis y la reaireación por agitación, y la desoxigenación ocurre por las actividades de oxidación biológica y por la respiración de los seres vivos. La posibilidad de oxidación biológica determina que haya dos tipos de materia orgánica, la biodegradable y la no biodegradable, de acuerdo con la posibilidad de ser degradadas por microorganismos. Los procesos de biodegradación son llevados a cabo, principalmente, por bacterias aerobias o anaerobias y dependen de varios factores, como la temperatura, el pH, la salinidad, la concentración de nutrientes. La contaminación producida por materia orgánica se origina de las actividades agrícola, industrial y urbana o doméstica. Las aguas de origen agrícola o urbana tienen un alto porcentaje de materia orgánica biodegradable como ácidos grasos, proteínas, hidratos de carbono, detergentes; las aguas industriales aportan compuestos orgánicos de tipo sintético, que se usan como carburantes, plásticos, plastificantes, fibras, disolventes, pinturas, pesticidas.

Parámetros indicadores de contaminación por materia orgánica. Estos parámetros son medidas globales de la materia orgánica que están basados en la cantidad de oxígeno necesario para descomponer u oxidar los productos orgánicos. Los más importantes son:

- **Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO_5).** Proporciona la concentración en materia orgánica biodegradable, calculándose la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua después de incubar una muestra durante 5 días a 20 °C. Las aguas residuales se siembran con microorganismos y en 5 días se degrada el 60-70% de la materia orgánica. A altos valores de DBO_5 , alta concentración de materia orgánica biodegradable.
- **Demanda química de oxígeno (DQO).** Mide la cantidad de materia susceptible de oxidación química contenida en el agua. Se sustituyen los microorganismos oxidantes por el dicromato de potasio o el permanganato de potasio en medio ácido.

- **Características microbiológicas.** Los organismos que ocasionan contaminación son los virus, bacterias y algas verdeazuladas. La contaminación provocada por bacterias o virus se debe a los desechos humanos y animales, ya que estos agentes se encuentran en las heces, orina y sangre, causando muchas enfermedades y epidemias (fiebre tifoidea, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa). Los organismos indicadores más conocidos y utilizados como indicadores de contaminación son las bacterias coliformes totales y fecales, que viven en el intestino grueso, permitiendo diagnosticar el tiempo transcurrido desde una contaminación fecal. Otro indicador que se determina habitualmente son los estreptococos fecales, que se detectan fácilmente en aguas recientemente contaminadas y están ausentes en aguas que están fuera de sospecha de contaminación.

Eutrofización. Uno de los impactos cuali y cuantitativos más importantes en la mayoría de los ecosistemas acuáticos continentales (lagos, ríos, represas) es la eutrofización, es decir, el proceso de entrada forzada de nutrientes inorgánicos (nitrógeno y fósforo, principalmente) que provoca una aceleración de los ciclos y el aumento del carbono orgánico (Tundisi y Matsumura Tundisi, 2008).

El aumento del grado de trofismo en los lagos en condiciones naturales puede ocurrir en cientos de años, porque depende de la carga inorgánica y de los procesos naturales de las cuencas. El aumento de nitrógeno y fósforo, de la materia orgánica y el incremento de la sedimentación, provocados por el viento, la lluvia y la materia orgánica en descomposición, aceleran el proceso de *eutrofización natural* y deterioran la calidad del agua. El proceso de eutrofización asociado a las actividades humanas se denomina *eutrofización cultural o artificial* (Tundisi y Matsumura Tundisi, 2008).

El enriquecimiento por nitrógeno y fósforo provoca un crecimiento excesivo de algas (Figuras 3 y 4) y plantas acuáticas, debido a su gran actividad fotosintética durante el día y respiratoria durante la noche provocan cambios fisicoquímicos profundos, con variaciones de oxígeno y pH en los ciclos día-noche (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022).

Las causas de la eutrofización por actividades humanas se relacionan con el ingreso de las aguas residuales, domésticas e industriales, el drenaje superficial, la contribución de las aguas subterráneas y de los fertilizantes utilizados en la agricultura, la erosión y el uso de detergentes no biodegradables.

Los lagos *eutróficos* se caracterizan por la elevada producción de materia orgánica, mientras que en los *oligotróficos* existe, teóricamente, un equilibrio entre producción y consumo de materia orgánica, lo que indica un alto grado de madurez del ecosistema (Roldán Pérez y Ramírez Restrepo, 2022). En la Tabla 1 se mencionan las principales características de ambos lagos.



Figura 3. Acumulación de algas en el embudo del lago San Roque (Córdoba) que le otorgan color verde a la superficie del agua (fotografía por Yanina Aguirre en *La Voz*, 2021).

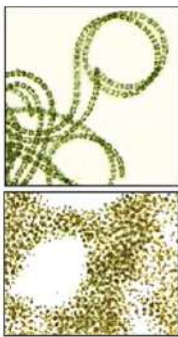


Figura 4. Floración de cianobacterias de *Microcystis* sp. y *Dolichospermum* sp. que disminuyen la transparencia del agua en la mayor parte del embalse San Roque, en noviembre de 2021. Estas microalgas son responsables de la coloración y olores presentes (geosmina y 2-Metilisoborneol; INA-Cirsa, 2011).

Contaminación atmosférica. La contaminación atmosférica es la impurificación de la atmósfera por inyección y permanencia temporal en ella de materias gaseosas, líquidas o sólidas o radiaciones ajenas a su composición natural o en proporción superior a aquella (Orozco Barrenetxea *et al.*, 2011).

Las alteraciones en la calidad del agua pueden ser de origen *natural* (erupciones volcánicas, meteoritos, fuego) o *artificial o antropogénica* (transporte, las combustiones y los procesos industriales).

Entre las fuentes de contaminación atmosférica de origen natural se encuentran los *compuestos orgánicos* como, por ejemplo, el metano producido en la descomposición anaerobia de la materia orgánica o el etileno, terpenos o ésteres orgánicos emitidos por algunas plantas, o algunas algas del océano que son fuentes de organohalogenados cloruro, fluoruro

y yoduro de metilo en la atmósfera. Entre los *compuestos inorgánicos* son importantes fuentes los azufrados o los de cloruro y fluoruro producto de erupciones volcánicas, o aquellos ocasionados por combustión en los incendios, como el dióxido de carbono y el monóxido de carbono. También los gases nitrogenados ocasionados por las descargas de tormentas eléctricas, por oxidación del nitrógeno atmosférico o aquellos generados por procesos biológicos en el suelo. Las *partículas* producidas por fenómenos naturales, como los incendios, la erosión el suelo (contienen aluminio, hierro, calcio), los aerosoles marinos (cloruro de sodio y sulfatos) y las partículas biológicas (polen, bacterias, virus) constituyen la tercera fuente de contaminación atmosférica de origen natural.

Tabla 1. Características generales de lagos eutróficos y oligotróficos

CARACTERÍSTICAS	LAGO OLIGOTRÓFICO	LAGO EUTRÓFICO
Físico-químicas		
concentración de oxígeno en la parte más profunda (hipolimnion)	alta	baja o cero
concentración de nutrientes en la columna de agua	baja	alta
concentración de nutrientes en el sedimento	baja	alta
material en suspensión particulado	baja	alta
penetración de la radiación solar	alta	baja
profundidad	lago profundo	lago somero
Biológicas		
producción primaria	baja	alta
diversidad de especies de plantas y animales	alta	baja
macrófitas acuáticas (densidad por m ²)	baja	alta
biomasa de fitoplancton	baja	alta
floración de cianofíceas	rara	común o permanente
grupo característicos de fitoplancton	diatomeas/clorofíceas	clorofíceas/cianofíceas

Fuente: adaptado de Tundisi y Matsumura Tundisi (2008).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación atmosférica es una de las más importantes prioridades mundiales en salud, ya que en un reciente informe se estimó que la contaminación ambiental debida a partículas es responsable del 1,4% de todas las muertes en el mundo (Ballester, 2005).

Las fuentes antropogénicas pueden ser *fijas* (se localizan en determinados puntos) o *móviles* (incluyen distintos tipos vehículos de motor). Entre estas fuentes se encuentran la generación de electricidad, la combustión comercial, institucional y residencial; la combustión industrial, la extracción y distribución de combustibles fósiles, el uso de disolventes.

Los tipos de contaminación atmosférica incluyen los de naturaleza *física* (asociados a ondas mecánicas o electromagnéticas o emisiones radiactivas), *química* (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrocarburos o compuestos orgánicos volátiles, amoníaco, sulfuro de hidrógeno -entre aquellos considerados primarios, es decir que se emiten directamente a la atmósfera- y el ozono, oxidantes fotoquímicos, sulfatos, nitratos -entre los considerados secundarios- formados por interacciones entre los primarios) y los de *naturaleza microbiológica*.

La contaminación acústica (de naturaleza física) incluye ruidos y vibraciones, muy frecuentes en las zonas urbanas y en las instalaciones industriales. La medida de los niveles de presión acústica se hace en decibelios (dB), las presiones especialmente molestas son las correspondientes a los tonos altos, los denominados dB-A (Orozco Barrenetxea *et al.*, 2011).

Contaminación de suelo. La contaminación del suelo es uno de los problemas ambientales con mayor atención en los últimos años debido a los riesgos directos que los suelos contaminados pueden ejercer sobre la salud humana y, a razones económicas derivadas de su limitación de uso y a la devaluación de los terrenos contaminados (Orozco Barrenetxea *et al.*, 2011).

Tabla 2. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes

CONTAMINANTE	ESTADO FÍSICO	FUENTES
partículas en suspensión	sólido, líquido	vehículos, procesos industriales, humo del tabaco
dióxido de azufre	gas	procesos industriales, vehículos
dióxido de nitrógeno	gas	vehículos, estufas y cocinas de gas
monóxido de carbono	gas	vehículos, combustiones, humo de tabaco
compuestos orgánicos volátiles	gas	vehículos, industria, humo del tabaco
plomo	sólido (partículas finas)	vehículos, industria
ozono	gas	vehículos

Fuente: adaptado de Ballester (2005).

Un suelo está contaminado, superficial o subterráneamente, cuando su calidad ha sido alterada como consecuencia del vertido, directo o indirecto, de residuos o productos peligrosos. El origen de las alteraciones puede deberse a las actividades industriales, agrícolas o de servicios (actuales o pasadas).

Entre los efectos perjudiciales que pueden producir los contaminantes presentes en el suelo se encuentran la contaminación de las aguas subterráneas a través de lixiviados, la contaminación de las aguas superficiales a través de la escorrentía, la contaminación del aire por combustión, evaporación, sublimación o arrastre por el viento; el envenenamiento por contacto directo o a través de la malla trófica, el fuego y explosión.

La contaminación del suelo puede ser *endógena*, donde se producen desequilibrios en los constituyentes del suelo y se provocan alteraciones nocivas para los seres vivos, como la movilización de metales a causa de procesos de acidificación, la disminución de magnesio por presencia de especies metálicas que catalizan su oxidación o el aumento del porcentaje de sodio en el suelo que produce la salinización que influye en los cultivos. O también puede ser *exógena*, que es provocada por distintos tipos de vertidos o productos agrícolas en exceso (metales, hidrocarburos, pesticidas, fertilizantes, etc.), con componentes ajenos a la composición inicial del suelo (Tabla 3).

Tabla 3. Principales contaminantes del suelo de acuerdo con la industria que los generan

TIPO DE INDUSTRIA	CONTAMINANTE
estaciones de servicio	hidrocarburos y derivados del petróleo
fábrica de gas	alquitrán, benceno, fenoles, hidrocarburos aromáticos policíclicos, cianuros
textil	hidrocarburos y metales pesados
química	gran diversidad de contaminantes
maquinaria	disolventes clorados
metalurgia/galvánica	hidrocarburos aromáticos, metales pesados y cianuros
petróleo y aceite	hidrocarburos aromáticos y alifáticos
pinturas, pegamentos, barnices	disolventes y metales pesados

Fuente: adaptado de Orozco Barrenetxea *et al.* (2011, p. 642).

MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Cuando se habla de *recursos naturales*, se hace referencia a los elementos que el ser humano encuentra en la naturaleza y que aprovecha o podría aprovechar tanto para sus necesidades básicas como para su recreación. Entre ellos se encuentran el agua, el aire, el sol, el suelo, la flora, la fauna, los minerales, el petróleo, los paisajes, la energía del viento y otros (Malacalza, 2013).

Para aprovecharlos eficientemente y que no se agoten, es decir, para hacer un manejo sostenible de los mismos, es conveniente saber si los recursos naturales pueden ser considerados *renovables* o *no renovables*. Desde la perspectiva humana, la energía solar, el calor y los vientos que genera, la energía proveniente del movimiento del agua de ríos y mareas son recursos renovables por más que se los use y también lo son los seres vivos que tienen una alta tasa de renovación.

Hay casos en los que la distinción no es tan clara: por ejemplo, el agua para beber que se extrae del subsuelo, de los lagos o de los ríos que, además puede faltar por uso excesivo, puede contaminarse. O, por ejemplo, los árboles de los bosques que proveen madera pueden agotarse si se los explota a un ritmo mayor que el de su crecimiento, o los suelos en los que se realizan cultivos pueden degradarse hasta desaparecer.

Es decir que un recurso de la flora o de la fauna es *renovable* siempre que la tasa de explotación sea menor o igual a la tasa de reposición natural del mismo. El agua o los suelos degradados dejan de ser recursos renovables cuando los costos para poder reutilizarlos superan las expectativas o posibilidades humanas (Malacalza, 2013).

Los recursos *no renovables* son los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y los minerales de los que se extraen metales ya que, aunque estos quedan dispersos en el planeta en concentraciones muy bajas, el costo energético para reutilizarlos puede ser mucho más alto que el costo de extraerlos de las minas.

En otros términos, lo que determina la condición de renovables o no es el costo de la energía necesaria para volver a concentrarlos y reutilizarlos, ya que disponiendo de mucha energía de bajo costo no existirían minerales no renovables. Los recursos naturales (renovables y no renovables), cuando empiezan a ser explotados, dan inicio a un ciclo resumido en cinco fases: extracción, purificación, traslado, consumo y reciclaje, con distintas consecuencias socioeconómicas y ambientales (Reboratti, 2000).

La explotación de los recursos ha de hacerse tratando de conciliar los intereses del ser humano con la persistencia de la mayor cantidad de estructuras y funciones de los sistemas naturales (Malacalza, 2013) y, para eso, es necesario conocer sus dinámicas a través de tres funciones de estado que definen su dinámica son: *resistencia* (capacidad para resistir fluctuaciones o explotación sin que haya cambios en su estructura y su funcionamiento), *elasticidad* (la capacidad de recuperar el estado estacionario inicial después de una explotación o perturbación) y *resiliencia* (la velocidad con la que se recupera el sistema después de un cambio).

Entre las principales consecuencias ecológicas del aumento de la demanda de los recursos naturales se encuentra la degradación de los ecosistemas y la fragmentación del *paisaje*. De acuerdo con F. González Bernáldez (1981, p. 7), un paisaje es «la supraestructura conspicua de un sistema dinámico de interacciones que involucra transferencias de materia y energía de unos componentes a otros, o de unos sistemas a otros». Es decir, la información que el ser humano recibe de su entorno ecológico. Al decir de Zonneveld (1995), es un «complejo de sistemas que simultáneamente forman una extensión de terreno reconocible formada y mantenida por acción mutua de factores bióticos, abióticos y humanos».

El manejo adecuado de los recursos naturales involucra disciplinas emergentes como la *ecología del paisaje*, es decir, el estudio de las relaciones físico-biológicas que gobiernan las distintas unidades de una región y consideran las relaciones verticales –dentro de una unidad espacial– o las horizontales –entre unidades espaciales– (Forman y Godron, 1986). Además, estudia la estructura –relación espacial entre los elementos–, función –interacción entre los elementos– y cambios del paisaje –alteración en la estructura y función del mosaico ecológico a lo largo del tiempo– (Matteucci, 2008).

El término ecología del paisaje fue propuesto por C. Troll (1939); sin embargo, hasta 1980 no fue aplicado de manera extendida en Europa. En los últimos 20 años cobró más importancia, creándose en 1982 la Asociación Internacional de Ecología de Paisaje (Iale) y sus capítulos regionales. En Argentina existe la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes (Asadep).

El manejo de los recursos naturales implica una compleja interacción entre factores ecológicos, políticos, socioeconómicos, demográficos y de comportamiento (Liu y Taylor, 2002). Para ejemplificar un modelo de manejo de recursos naturales, el rendimiento máximo sostenido (RMS) explica cuál es «la máxima extracción de la producción excedente» de una población animal o vegetal que puede ser explotada, teóricamente, de manera indefinida, es decir, sin afectar su capacidad de reposición (Malacalza, 2013). En general, las poblaciones animales y vegetales tienen diversos rendimientos sostenidos a diferentes niveles de densidad poblacional, pero sólo uno de esos niveles es el que permite la extracción máxima (Rabinovich, 1981).

Conservación

La escasez de recursos, la pérdida de áreas boscosas y otros ecosistemas naturales, la contaminación del agua, del aire, del suelo pueden provocar, en general, una disminución en la diversidad biológica (Soulé y Sanjayan, 1998). Para medir, evaluar y disminuir estos impactos, el ser humano realiza aproximaciones teóricas y prácticas (Galusky, 2000; Primack, 1995; Soulé, 1991; Soulé y Sanjayan 1998).

Históricamente, se ha tratado de definir la conservación como el estado de armonía entre el hombre y la Tierra (Leopold, 1953), entendiéndose por armonía el balance y la estabilidad que deben de tener todas las acciones del hombre hacia la naturaleza (Monroy-Vilchis, 2003).

Sin embargo, esta definición se ha modificado con el paso del tiempo, ya que para responder a la crisis que enfrenta la diversidad biológica, se requiere de la participación de varios enfoques y aproximaciones (Soulé, 1985).

Algunos autores han mencionado que la *biología de la conservación* tiene, principalmente, dos objetivos: 1) la investigación de los efectos de las actividades humanas sobre los demás seres vivos, las comunidades biológicas y los ecosistemas y; 2) el desarrollo de aproximaciones prácticas para: prevenir la degradación de los hábitats y la extinción de especies, para restaurar ecosistemas, reintroducir poblaciones y para reestablecer relaciones sustentables entre las comunidades humanas y los ecosistemas (Primack, 1995). Es decir que es una disciplina multidisciplinaria que surge sintetizando conocimientos de ecología, biogeografía, genética de poblaciones, economía, antropología, filosofía, con el objetivo de mantener la biodiversidad, para mantener a nuestra especie y a las pocas especies que utilizamos (Mefle y Carroll, 1997; Primack, 2002).

El progresivo aislamiento de las reservas naturales como consecuencia del cambio masivo de uso de la tierra en su entorno fundamenta la preocupación en los medios académicos y profesionales por la efectividad de las áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad a todas las escalas –genética a paisajes– (Matteucci, 2008).

Indicadores de sustentabilidad. Como se mencionó más arriba, el Informe Brundtland indicó que el desarrollo sustentable exige cambios en las políticas nacionales e internacionales, más allá de las diferencias económicas, sociales y ecológicas entre los países. Por lo tanto, además de modificar algunos de nuestros comportamientos diarios, es necesario

cambiar nuestra forma de relacionarnos con la naturaleza, cambiando la perspectiva y ver al planeta por su valor en sí mismo y no usar sus recursos naturales solamente.

En una manera gráfica de representar el desarrollo sustentable, el «prisma» de la sustentabilidad (Valentin y Spangenberg, 2000) resulta de utilidad e integra ambiente, sociedad, economía e instituciones.

Para evaluar la sustentabilidad, uno de los métodos más desarrollados es la medición de *indicadores de sustentabilidad* (Bell y Morse, 2008), o sea, las expresiones medibles de algún aspecto de un sistema o problema bajo estudio que permite conocer su estado actual o su tendencia de cambio. Los índices son valores más generales que se construyen sobre la base de varios indicadores como, por ejemplo, el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), que se considera una medida de pobreza estructural y se elabora a partir de indicadores demográficos, económicos y educativos (Malacalza, 2013).

Los indicadores de sustentabilidad se construyen específicamente para medir el progreso de una nación hacia la sustentabilidad. Para ello, deben ser *pertinentes* (deben medir un aspecto relevante de la sustentabilidad), *simples* (deben ser fáciles de entender) y *confiables* (la información debe ser verdadera y útil).

En Argentina se cuenta con el Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible Argentina (Sidsa), que contiene numerosos indicadores agrupados en cuatro subsistemas: social, ambiental, económico e institucional, y también indicadores que reflejan las interrelaciones entre los subsistemas y entre procesos nacionales y globales (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2010).

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El reconocimiento de la importancia del ambiente como componente de la calidad de vida y del desarrollo sustentable puso en evidencia la necesidad de considerar explícitamente el manejo, la *gestión o administración del ambiente* (Gaviño Novillo y Sarandón, 2002), es decir, el conjunto de acciones que permitan lograr la máxima racionalidad en el proceso de toma de decisiones relativas al usufructo de los bienes y servicios ambientales, y a la defensa y mejoramiento de la calidad ambiental mediante una coordinada información interdisciplinaria y la participación de la población (Bolea, 1994).

Para obtener indicadores de logro, la gestión ambiental considera tres instrumentos: la prevención de conflictos ambientales futuros, la corrección de los conflictos ambientales presentes y la recuperación de procesos de deterioro ambiental ocurridos en el pasado.

Entre los instrumentos preventivos se encuentra la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que, de manera general, puede definirse como el instrumento metodológico para establecer en forma fehaciente el impacto o alteración ambiental de proyectos de obras públicas o privadas (Fazio, 2012).

De acuerdo con sus objetivos, se le otorgan diferentes sentidos a la *evaluación de impacto ambiental* (Sánchez, 2000): se designan diferentes metodologías, procedimientos o herramientas que son empleados por agentes públicos y privados en el campo de la

planificación y la gestión ambiental; para describir los impactos ambientales resultantes de los proyectos de ingeniería, de obras o actividades humanas de cualquier tipo (por los procesos productivos o por los productos de esa actividad); y también se emplea para describir los impactos que pueden provenir de una determinada instalación a ser implantada, así como para designar el estudio de los impactos que ocurrieron o están ocurriendo como consecuencia de un determinado emprendimiento o un conjunto de acciones humanas.

La EIA se origina en los Estados Unidos a fines de la década del 60 del siglo XX y su aplicación se extiende a otros países como, por ejemplo, a algunos de América Latina con emprendimientos hidroeléctricos (Fazio, 2012). Originariamente, la EIA se empleaba en obras de carácter público o con regulación estatal (usinas eléctricas, autopistas, exploración y explotación de recursos minerales, otras), luego se extendió su aplicación al ámbito propiamente privado (plantas industriales). Actualmente, la EIA, aparte de ser un instrumento metodológico de carácter técnico, es asimismo un instrumento legal de aplicación estandarizada.

Desde una perspectiva normativa, la EIA, se plantea como un procedimiento técnico-administrativo de carácter preventivo, que permite una toma de decisión informada por parte de la autoridad ambiental competente respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023). En Argentina, la Ley General del Ambiente N° 25675, consolida lo dispuesto por el artículo 41 de la Constitución Nacional establece el marco en materia de presupuestos mínimos, incorporando el procedimiento de EIA como instrumento de política y gestión ambiental (art. 8).

Para poder analizar el proceso de evaluación de impacto ambiental, es necesario definir un *impacto ambiental*. Existen distintos conceptos, pero tienen en común que la causa es una acción humana y, además, se realiza una valoración cuantitativa o cualitativa. Entre las definiciones que Sánchez (2000) menciona se pueden citar: «Cualquier alteración al medio ambiente, en uno o más de sus componentes, provocada por una acción humana» (Moreira, 1992); «Alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana» (Sánchez, 1999); «El cambio en un parámetro ambiental, en un determinado período y en una determinada área, que resulta de una actividad dada, comparado con la situación que ocurriría si esa actividad no hubiera sido iniciada» (Wathern, 1988).

El impacto ambiental puede ser benéfico o adverso (Sánchez, 2000), y puede ser originado por una acción que implique: la supresión de un elemento del ambiente como, por ejemplo, de componentes del ecosistema (vegetación), la destrucción completa de hábitats (relleno de un manglar), la destrucción de componentes físicos del paisaje (excavaciones), la supresión de referencias físicas de la memoria (lugares sagrados), la inserción de un elemento en el ambiente como, por ejemplo, una especie exótica o componentes construidos (embalses, áreas urbanizadas) o la sobrecarga (contaminantes, reducción de hábitat o de recursos para una especie).

Dado que un impacto ambiental, como se definiera, involucra toda modificación significativa, positiva o negativa, producida sobre el ambiente y la calidad de vida de la

población como consecuencia del desarrollo de obras o actividades, *el análisis de impactos ambientales* consiste en la identificación, valoración o dimensionamiento y evaluación de los impactos ambientales de un proyecto determinado.

Este análisis inicia con la identificación de los efectos del proyecto sobre el ambiente para luego valorarlos, estudiarlos y cuantificarlos, y posteriormente se determina su significatividad en la evaluación de impactos.

Los potenciales impactos se identifican en etapas tempranas del ciclo del proyecto, enumerándose preliminarmente las potenciales consecuencias de las actividades del proyecto. Esta valoración, cualitativa o cuantitativa, demanda conocer las relaciones ecológicas, los procesos físicos y las interacciones sociales, y es resultado de la aplicación sistemática y dirigida de métodos y técnicas científicas.

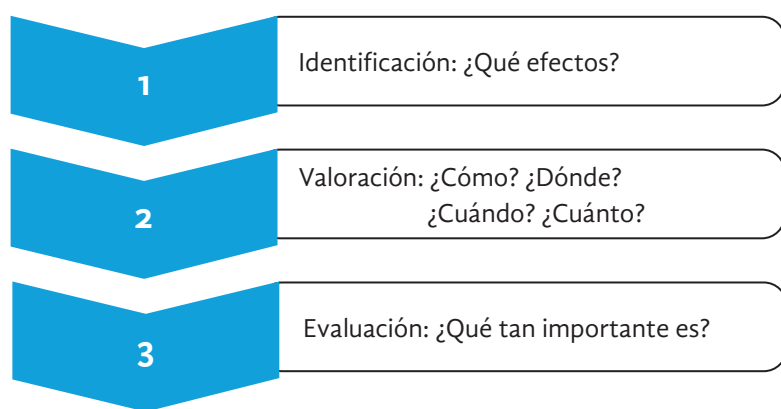


Figura 5. Etapas o tareas para el análisis de los impactos de una manera integral.

El procedimiento de EIA tiene distintas etapas (Figura 5) que varían de acuerdo con lo previsto en cada marco normativo fijado por las autoridades ambientales competentes. Algunas de estas etapas son de competencia exclusiva de la autoridad ambiental y otras están a cargo de la persona proponente, lo que no excluye la intervención continua de ambas partes en diversas fases del proceso (Ministerio de Ambiente y Desarrollo de Ambiente, 2023).

- 1. Categorización.** Es la etapa inicial que permite a la autoridad ambiental determinar si un proyecto debe o no estar sujeto a un procedimiento de EIA. Se realiza con base en el tipo de proyecto y sus datos básicos (dimensiones, tecnología, ubicación, etc.). El análisis preliminar que realiza la autoridad ambiental está relacionado con la potencial ocurrencia de impactos ambientales.
- 2. Determinación del alcance del EsIA (scoping). Los términos de referencia.** Esta instancia permite determinar los términos de referencia o especificaciones técnicas para la realización del EsIA, es decir, del Estudio de Impacto Ambiental. Esto requiere la consideración de los potenciales impactos que en principio pueda generar el proyecto y es una instancia clave para la calidad del EsIA, y la eficiencia y efectividad de la evaluación.

3. **Revisión del EsIA.** En esta instancia se evalúa el EsIA elaborado por la persona proponente del proyecto, con el objetivo de verificar si la información provista es suficiente para formar una base para la toma de decisiones. Esta revisión es realizada por un equipo multidisciplinario dependiente de la autoridad ambiental.
4. **Participación pública.** Constituye una cuestión transversal al procedimiento y se realiza conforme lo establece en el Acuerdo de Escazú, desde las etapas iniciales del proceso de toma de decisión, con acceso a la información necesaria para hacer efectivo el derecho de participación, teniendo en cuenta el principio de gradualidad que rige a la Ley N° 25675. En el inicio del proyecto, la persona proponente tiene a cargo las instancias de participación, difusión de información y talleres; posteriormente, es la autoridad competente quien se encarga de la convocatoria a consultas o audiencias públicas antes de la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto.
5. **Toma de decisión.** Luego del proceso descrito, se confecciona un informe técnico de análisis del EsIA, que fundamenta la toma de decisión por parte de la autoridad ambiental, quien puede aprobar o rechazar el proyecto de acuerdo con su viabilidad ambiental, aprobar o no el EsIA y su PGA (Plan de Gestión Ambiental). La autoridad se expide a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), conforme lo estipulado por la Ley General del Ambiente.
6. **Seguimiento y gestión adaptativa.** El proponente del proyecto debe ejecutar las medidas de gestión ambiental establecidas en el plan de gestión ambiental que se debe planificar en el marco de la gestión ambiental adaptativa (GAA), para incorporar información resultante de los monitoreos, realizar ajustes y mejoras de gestión. La autoridad ambiental fiscaliza su cumplimiento, de manera de garantizar que el procedimiento de EIA no se desvincule de la ejecución del proyecto y su gestión ambiental.

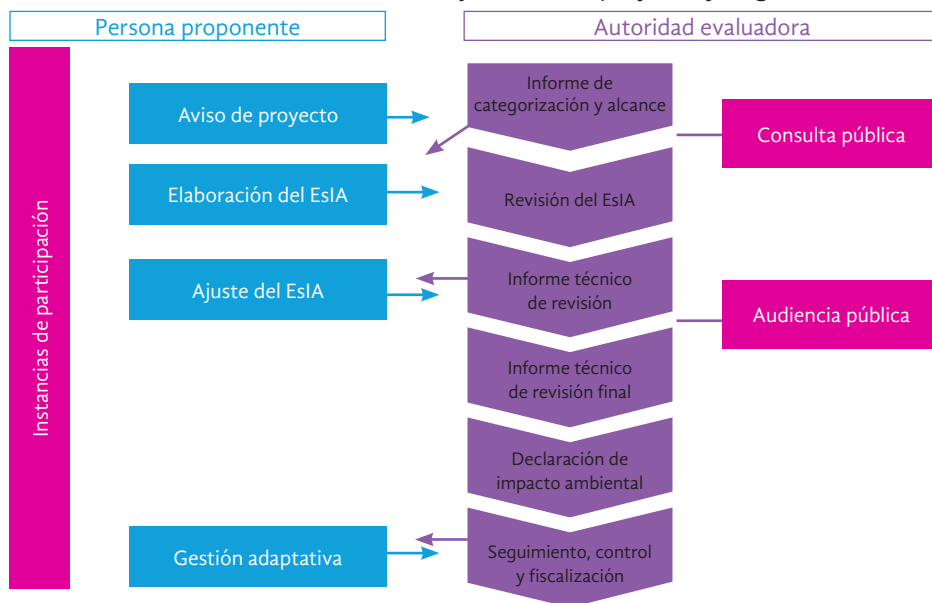


Figura 6. Etapas que involucra el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (tomado del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023, p. 19).

Evaluación Ambiental Estratégica

Dentro de la reciente tradición de nuevos instrumentos de gestión ambiental, toma relevancia la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), que consiste en un instrumento metodológico compuesto por un conjunto de perspectivas analíticas y de participación, con el fin de integrar los aspectos ambientales en las políticas, los planes y los programas y evaluar las interconexiones con los aspectos económicos y sociales (Manning, 2007).

Emerge como un mecanismo que considera los efectos colaterales y no previstos de posibles interrupciones o irracionalidades ambientales que son producidos por diferentes políticas públicas sin que, a menudo, exista en ella conciencia de tales efectos (Fazio, 2012).

La guía de buenas prácticas en la cooperación para el desarrollo, establecida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Ocde), manifiesta las potencialidades que el instrumento EAE tiene para ambientalizar las políticas sectoriales públicas y también las dificultades de gobernabilidad y de toma de decisiones cuando los distintos Estados definen sus metas ambientales que a menudo divergen.

Esta guía define el proceso EAE en contraposición a la EIA y considera específicamente las diferencias de escalas de aplicación y su relación con el nivel de complejidad de la acción de gestión considerada (Tabla 4).

Tabla 4. Diferencias entre Evaluación de Impacto ambiental (EIA) y Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)

EIA	EAE
Proyectos de relativo corto plazo (en su ciclo de vida) y a sus especificaciones.	Políticas, planes y programas con una perspectiva estratégica, amplia y de largo plazo.
Gama limitada de alternativas de proyecto.	Gama amplia de escenarios alternativos.
Preparada y/o financiada por los proponentes del proyecto.	Realizada de manera independiente respecto de cualquier proponente de proyecto específico.
Concentrada en obtener el permiso para el proyecto y raramente con retroalimentación en dirección de las políticas, el plan o el programa.	Concentrada en decisiones sobre las implicaciones de las políticas, planes o programas para las decisiones futuras de menor nivel.
Proceso definido, lineal, con comienzo y fin claros.	Proceso multietapas, interactivo y con circuitos de retroalimentación (<i>feedback</i>).
Documento de EIA, con formato y contenido prescritos, es usualmente obligatoria y es la línea de base para el monitoreo.	Puede no documentarse formalmente.
Énfasis en los impactos ambientales y sociales mitigantes de un proyecto específico	Énfasis en cumplir objetivos ambientales, sociales y económicos equilibrados en políticas, planes y programas.
Revisión limitada de los impactos acumulativos, con frecuencia limitada a fases de un proyecto específico, y no cubre desarrollos de nivel regional ni proyectos múltiples.	Inherentemente, incorpora la consideración de los impactos acumulativos.

Fuente: adaptado de Fernández (2016, p. 7).

Estudio de Impacto Ambiental (EslA)

El Estudio de Impacto Ambiental (EslA) es un documento técnico de carácter interdisciplinar que está destinado a predecir, identificar, valorar y considerar medidas preventivas o corregir las consecuencias de los efectos ambientales que determinadas acciones antrópicas pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. (Coria, 2008). A través de él, la autoridad de aplicación toma decisiones respecto a la conveniencia ambiental y social de la generación de nuevos proyectos (construcción de plantas de procesos químicos, obras de infraestructura, proyectos mineros, barrios de viviendas, etc.) en un determinado ámbito geográfico. Luego de analizarlo, si corresponde, lo aprueba mediante la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), antes de que comiencen las obras.

El EslA considera las posibles alteraciones ocasionadas por el desarrollo de un determinado proyecto en sus distintas etapas y las posibles medidas de corrección de aquellos efectos que se identificaron como perjudiciales. Consta de las siguientes etapas en orden cronológico:

1. recopilación de la información,
2. estudios de campo,
3. desarrollo metodológico de la matriz,
4. desarrollo teórico del estudio,
5. recopilación y análisis de datos de base primarios y secundarios,
6. análisis e implementación de matrices,
7. análisis de impactos positivos y negativos,
8. propuestas de mitigación de los efectos negativos,
9. plan de gestión.

Los problemas ambientales son principalmente subjetivos; sin embargo, los de calidad son asimilables a términos económicos, de tal manera que, en un estudio de impacto ambiental, es importante analizar cada incidencia, sin considerar su aporte en términos absolutos, debido a la complejidad extrema que presentan cuando se los quiere homogeneizar en una escala numérica (Coria, 2008).

Por ello, es frecuente utilizar métodos matriciales causa-efecto como las matrices de Leopold (cualitativa) y de Battelle-Columbus (cuantitativa).



ACTIVIDADES

Esta actividad está compuesta de dos partes: una para analizar los principales procesos de deterioro ambiental, sus causas y consecuencias, y otra para reconocer la importancia de la Evaluación de Impacto Ambiental como instrumento al servicio de la decisión.

1. Procesos de deterioro ambiental

Con el objetivo de identificar los principales contaminantes del agua, del aire y del suelo, y para analizar las relaciones entre los distintos tipos de contaminación y la actitud del hombre ante ellas:

- a. Acceder a los siguientes links y ver los videos en cada uno de ellos:
 - Canal Encuentro (2019). *Aguas adentro: Agua y contaminación (capítulo completo)* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Uaoshyi8gRQ>
 - Conicet Documental (2019). *Científicos a bordo EP 5-Contaminantes Persistentes en Aire* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=vfCyV-1GXE8M>
 - Leandro Parra (2014). *Residuos-Cambio Ambiental* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kcPlvQlqynE>
 - Televisión Pública (2013). *Científicos Industria Argentina-18-08-12 (2 de 4)* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=wjMh4k9e5wQ>
 - Televisión Pública (2021). *Ambiente y Medio-Minería a cielo abierto: ¿Desarrollo económico o devastación ambiental?* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=jExNZIsHtPo>
- b. Elegir uno de ellos y, con apoyo de la bibliografía, realizar el punto d.
- c. Asumir el rol de diseñadores de sus propios contenidos educativos y didácticos para desarrollar, a distancia, el tema del video elegido a los alumnos de nivel medio (secundaria) y elaborar un documento de una página, con la siguiente información:
 - Anunciar un *contenido* sobre el tema elegido. Por ejemplo: Contaminación atmosférica.
 - Incluir una *imagen* que podría ser utilizada para la elaboración del material. Por ejemplo: alguna imagen que represente ese contenido.
 - Presentar un *enlace web* con información sobre el tema. Por ejemplo: un sitio con contenido sobre el tema elegido.
 - Proporcionar otros *enlaces web* con bibliografía digitalizada o material digitalizado de fuentes fidedignas que los cursantes podrían consultar.
- d. Diseñar una presentación en PowerPoint, con 4 a 6 diapositivas, que será utilizada como apoyo visual para el desarrollo del tema seleccionado. Las diapositivas no deberán tener mucho texto y deben ser diseñadas con letras del tamaño suficiente que permita su visualización. Las imágenes deberán ser nítidas.



2. Evaluación de impacto ambiental

Con el objetivo de reconocer los recursos naturales que intervienen en los proyectos desarrollados para distintas actividades humanas y la normativa ambiental nacional, provincial y municipal:

- a. Leer detenidamente alguno de los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) provistos por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina (s.f.). *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental*. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/guias-de-evaluacion-ambiental/esia>
- b. A través de un cuadro comparativo, citar los recursos naturales y los procesos involucrados en cada uno de ellos, y encontrar similitudes y diferencias.
- c. Analizar la normativa ambiental específica para el EslA elegido y enunciar los 5 principales enunciados que lo regulan.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARICIO, M. (2023). *Introducción a la gestión ambiental*. Ficde.
- BALLESTER, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista española de salud pública*, 79(2), 159-175.
- BEGON, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems* (4ª ed.). Blackwell Scientific Publications.
- BELL, B. y Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators: measuring the immeasurable?* (2ª ed.). Earthscan Publications Ltd.
- BOLEA, E. (1994). La gestión ambiental. En E. Bolea *et al.* (eds.) *Más ter en evaluación de impacto ambiental*. Instituto de Investigaciones Ecológicas-UICN.
- CORIA, I. D. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135.
- COVIELLA, C. E. y Malacalza, L. (2013). Las poblaciones humanas. En L. Malacalza (ed.) *Ecología y ambiente*. Serie monográfica Sociedad y Ambiente: Reflexiones para una nueva América Latina. CMA-AUGM.
- FAZIO, H. (2012). *Economía, ética y ambiente (en un mundo finito)*. Eudeba.
- FERNÁNDEZ, R. (2016). Clase 2. V *Curso Internacional de Postgrado de Evaluación Ambiental Estratégica* (p. 7).
- FONTANA, J. L. (2016). *Principios de Ecología*. Brujas.
- FORMAN, R. T. T. y Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. Wiley Sons.
- GALLOPÍN, G. C. (comp.) (1995). *El futuro ecológico de un continente. Una visión prospectiva de la América Latina* (pp. 21-100). Fondo de Cultura Económica.
- _____ (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Serie medio ambiente y desarrollo N° 64, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Cepal.
- _____ (2010). *El desarrollo sostenible desde una perspectiva sistémica* (pp. 17-35). Unesco.
- GALUSKY, W. (2000). The promise of conservation biology. *Organization and Environment*, 13(2), 226-232.
- GARCÍA, D. y Priotto, G. (2009). *Educación ambiental. Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la educación ambiental*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Jefatura de Gabinete de Ministros, Presidencia de la Nación.
- GAVIÑO NOVILLO, M. y Sarandón, R. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Educaidís.
- GODINEZ ENCISO, J. A. (1995). Desarrollo económico y deterioro ambiental: una visión de conjunto y aproximaciones al caso mexicano.

- Gestión y estrategia: La nueva administración pública y aspectos problemáticos de la microgestión*, (7), 57-71.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1981). *Ecología y paisaje*. Blume.
- LEFF, E. (1998). *Saber ambiental, sustentabilidad, racionalidad, complejidad y poder*. Siglo XXI.
- LEOPOLD, A. S. (1953). Conservation. En J. Bailey, E. William y T. Mckinney (eds., 1983). *Readings in wildlife conservation* (4^oed., pp. 55–63). The Wildlife Society.
- LIU, J. y Taylor, W. W. (2002). *Integrating landscape ecology into natural resource management*. Cambridge University Press.
- MALACALZA, L. (2013). *Ecología y ambiente*. Serie monográfica Sociedad y Ambiente: Reflexiones para una nueva América Latina. CMA-AUGM.
- MATTEUCCI, S. D. (2008). Áreas protegidas y el avance de las fronteras agrícola y urbana. *Fronteras*, 7, 1-10.
- MEFLE, G. y Carroll, R. (1997). *Principles of Conservation Biology* (2nd ed.). Sinauer-Sunderland.
- MONROY-VILCHIS, O. (2003). Principios generales de biología de la conservación. En O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.) *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México* (pp. 107-116). Instituto Nacional de Ecología.
- MOREIRA, I. V. D. (1992). *Vocabulário básico de meio ambiente*. Feema/Petrobras.
- NEIFF, J. J. y Casco, S. L. (2008). *Situación de la problemática ambiental*. UNNE-Virtual, Sistema de Educación Virtual de la UNNE, CEGAE, Cátedra Libre Unesco.
- ODUM, E. P. (1998). *Ecología: El vínculo entre las ciencias naturales y las sociales* (20. reimpr.). Compañía Editorial Continental.
- OROZCO BARRENETXEA, C., Pérez Serrano, A., González Delgado, M. N., Rodríguez Vidal, F. J. y Alfayate Blanco, J. M. (2011). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Paraninfo SA.
- PRIMACK, R. (1995). *A primer of conservation biology*. Sinauer-Sunderland.
- _____ (2002). *Essentials of Conservation Biology* (3^a ed.). Sinauer-Sunderland.
- RABINOVICH, J. E. (1981). Modelos y catástrofes: Enlace entre la teoría ecológica y el manejo de los recursos naturales renovables. *Inter-ciencia*, 6(1), 12-21.
- REBORATTI, C. (2000). *Ambiente y sociedad: concepto y relaciones*. Ariel.
- ROLDÁN PÉREZ, G. y Ramírez Restrepo, J. J. (eds.) (2022). *Fundamentos de Limnología Neotropical* (3^o ed.). Academia Colombiana

- de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,
- SÁNCHEZ, L. E. (1999). As etapas iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental. In S. Goldenstein *et al.* (eds.) *Avaliação de impacto ambiental* (pp. 35-55). Secretaria do Meio Ambiente.
- _____. (2000). *Evaluación de Impacto Ambiental*. En F. L. Repetto y C. S. Karez (eds.) *Notas de clase: II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental*. Oficina Regional de Ciencia de la Unesco para América Latina y el Caribe Oficina de Unesco.
- SOULÉ, M. (1985). What is conservation biology? *Bioscience*, 35(11), 727-734.
- _____. (1991). Conservation: Tactics for a constant crisis. *Science*, 253, 744-750.
- SOULÉ, M. y Sanjayan, M. (1998). Conservation targets: do they help? *Science*, 279, 2060-2061.
- SPIVAK L'HOSTE, A. y Mombello, L. (2020). Módulo 1. Perspectivas de las ciencias sociales sobre los conflictos ambientales. *Introducción al estudio de los conflictos socioambientales. Conocimientos y bienes de la naturaleza*. Ides.
- TROLL, C. (1939). Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Zu Berlin*, (74), 241-298.
- TUNDISI, J. G. y Matsumura Tundisi, T. (2008). *Limnología*. Oficina de textos.
- VALENTIN, A. y Spangenberg, J. H. (2000). A guide to community sustainability indicators (Una guía de indicadores de sustentabilidad comunitaria). *Environmental Impact Assessment Review*, 20, 381-392.
- WATHERN, P. (org.) (1988). *Environmental impact assessment. Theory and practice*. Unwin Hyman.
- ZONNEVELD, I. (1995). *Land Ecology*. SPB Acad. Publish.

Sítios web

- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (s.f.). Población. En *Desafíos globales*. ONU. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Instituto de Estadística y Censos [Indec] (2022). *Censo 2022. República Argentina*. Indec. https://censo.gob.ar/index.php/mapa_poblacion/#
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2010). Sistema de indicadores de desarrollo sostenible: Argentina (5ª ed.). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. <http://www.ambiente.gov.ar/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023). *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental*. Ministerio de Am-

biente y Desarrollo Sostenible, Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019/02/guia_esia_2023.pdf

Documentos oficiales

Banco Mundial (1987). *Financing health services in developing countries: An agenda for reform*. Banco Mundial.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal] (2005). *Panorama social de América Latina*. Cepal.

____ (2015). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe*. Cepal.

MANNING, R. (2007). *Development Co-operation Report 2007*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [Ocde]. https://www.oecd-ilibrary.org/development/development-co-operation-report-2007_dcr-2007-en

Fotografías y figuras

United Nations Population Fund [UNPF] (s.f.). Población de Argentina. *Argentina.gob.ar*. <https://www.argentina.gob.ar/pais/poblacion>

Instituto Nacional del Agua [INA] y Centro de la Región Semiárida [CIRSA] (2011). *Informe mensual de monitoreo embalse San Roque*. <https://www.ina.gov.ar/archivos/layca/INA-CIRSA-IMSR%2011-21.pdf>

Aguirre, Y. (2021). Fotografía. En La salud del lago San Roque vuelve a ser crítica. *La Voz*. <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/la-salud-del-lago-san-roque-vuelve-a-ser-critica/>

Sobre los autores

Sylvina Lorena Casco es profesora en Biología, licenciada en Zoología y doctora de la UNNE. Es investigadora adjunta del Conicet, profesora titular de Limnología, jefa de Trabajos Prácticos de Ecología y Medio Ambiente (FaCENA-UNNE), miembro del Comité Científico y docente de la carrera de Guardaparques Universitario (FaCENA-UNNE). Ha participado como jurado de varios concursos docentes (FaCENA), en la dirección de tesis de grado y en una tesis doctoral (UNNE). Actualmente participa en el equipo de dirección de becas de FaCENA y de la carrera del investigador del Conicet. Fue directora de pasantía en el Programa de Mentores de Humedales, de la Sociedad de Científicos de Humedales de Estados Unidos. Participó y participa en la dirección y codirección de proyectos de investigación de Conicet y de la UNNE, y en proyectos de extensión de FaCENA y de la UNNE. Fue directora del Departamento de Biología, coordinadora del Área Ecología de FaCENA (UNNE) e integrante del Consejo Consultivo del Ambiente (UNNE). Es miembro del Consejo Directivo, vicedirectora del CECOAL (CONICET-UNNE) y coordinadora de Investigación y Posgrado de FaCENA (UNNE). Tiene trabajos publicados en revistas y libros nacionales e internacionales, así como comunicaciones en congresos nacionales e internacionales, y como revisora de trabajos y de proyectos de investigación de su disciplina en revistas científicas. Colaboró en el estudio de la biodiversidad de la vegetación del Iberá y sus adaptaciones al cambio climático global. Fue compiladora del libro de *Biodiversidad del NEA*, editado por la UNNE. Es miembro del Programa de Científicos de Humedales, de la SWS (EE.UU.). Es consultora individual del Registro Nacional de Consultores en Evaluación Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, miembro de la Cámara ambiental de Forest Stewardship Council y participa como colaboradora en el área Ecología, Humedales y Calidad de aguas de varios trabajos de consultoría para empresas argentinas y extranjeras, como Las Marías, Tapebicuá, Halcrow, Bosques del Plata, EVASA, Pomera, IATASA, Consulbaires, Serman y Asociados.

José Luis Fontana es profesor en Biología, licenciado en Botánica (UNNE), máster en Ciencias y doctor en Ciencias (Université Catholique de Louvain). Es Vicedecano de la



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FaCENA-UNNE) desde 2024, director del Grupo de Investigación y Restauración (FaCENA-UNNE) y codirector de la Maestría en Ecología y Gestión Ambiental (FAU-UNNE). Es profesor titular de Ecología Vegetal y profesor responsable de Ecología y de Ecología y Medio Ambiente. Participó en el dictado de clases de la Maestría en Gestión Ambiental (UNSL), pertenece al cuerpo docente estable de la Maestría en Producción Vegetal (FCA-UNNE), de la Maestría en Ingeniería, mención Ambiente (FCEfYn-UNC), y de la Especialización en Evaluación Ambiental (FAU-UNNE). Realizó trabajos en investigación básica y aplicada, y participó en Estudios de Impacto Ambiental. Asimismo, forma parte del grupo de investigación en Gestión ambiental en redes de transmisión y generación de energía eléctrica (Res. 655/14CD) y dirige la Unidad Ejecutora de Gestión Integral de Servicios Ambientales. Dirigió y participó de varios proyectos de investigación, publicó libros, capítulos de libros, publicaciones científicas referidas a botánica, vegetación y etnobotánica, así como comunicaciones en reuniones y congresos. Fue subdirector de la Maestría en Gestión Ambiental y Ecología (UNNE), coordinador del área Ecología y director del Departamento de Biología (FaCENA-UNNE). Se desempeñó como miembro titular de la Comisión Asesora Académica de la Maestría y Especialización en Gestión Ambiental (FICES-UNSL). Fue director de la Licenciatura en Ciencias Biológicas entre 2010 y 2014, y lo es de Guardaparque Universitario y de la Especialización en Conservación de la Biodiversidad.

Violeta Amancay Zambiasio es doctora en Biología (UNNE), licenciada en Ciencias Biológicas (UNNE) y profesora en Biología (UNNE). Actualmente se desempeña como jefa de Trabajos Prácticos en Ecología y Medio Ambiente y en Ecología Vegetal. Participó y participa en el dictado de clases de taller y cursos de actualización y perfeccionamiento de las ofertas académicas para alumnos de grado de la UNNE. Publicó trabajos científicos en revistas y libros nacionales e internacionales, así como en congresos y reuniones científicas. Formó y forma parte de los Grupos de Investigación Ecología y Restauración (UNNE) y Manejo Ambiental (CONICET-UNNE). Realizó trabajos en investigación y consultoría para empresas argentinas y extranjeras en servicios ambientales de los Proyectos Forestales de los Establecimientos EVASA, Las Misiones y Pomerá, y en la caracterización de los bosques del Chaco Seco (PNUD). Realiza trabajos en investigación y consultoría en ecología vegetal, ecohidrología, paisaje fluvial, humedales, bosques, restauración, huella de carbono y servicios ambientales. Registra colaboración en organización de reuniones científicas y actualmente es integrante de la Red de Restauración Ecológica Argentina como coordinadora de la región Nordeste.



Rector

Gerardo Omar Larroza

Vicerrector

José Leandro Basterra

**Coordinadora General
de Comunicación Institucional**

Gabriela Bissaro

**Facultad de Ciencias Exactas y
Naturales y Agrimensura**

Ma. Viviana Godoy Guglielmone

Secretaría Académica

Yanina Medina

WWW.UNNE.EDU.AR

WWW.EUDENE.UNNE.EDU.AR

Manual de Ecología y Ambiente

¿De quién es el ambiente?

se compuso y diagramó en
EUDENE UNNE, Córdoba 792,
Corrientes, Argentina,
en el mes de febrero de 2025.





E

C

O

L

O

G

Í

A

Las asignaturas Ecología y Medio Ambiente, Ecología, Ecología Vegetal y Limnología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales y Agrimensura (UNNE) presentan a la ciencia de aire libre, en el *Manual de Ecología y Ambiente. ¿De quién es el ambiente?*, con el fin de acompañar el proceso de enseñanza-aprendizaje e incentivar el conocimiento, el cuidado y uso sabio de los recursos naturales. Parte de las relaciones entre los seres vivos y su ambiente, desde su concepto primigenio, pasando por temas centrales de análisis, hasta reconocer los estudios de impacto ambiental como herramientas necesarias en la temática ambiental.

A

M

B



I

E

N

T

E

APUNTES DE CÁTEDRA ● CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA



Universidad Nacional
del Nordeste



ISBN 978-950-656-257-1

9 789506 156257