

LOS ORGANISMOS EN CONTEXTO (ECOLOGÍA)

INTRODUCCIÓN

El concepto “Ecología” viene del griego: “Oykos” = Casa, y “Logos” = Tratado o Estudio.

El objeto del estudio de la ecología son las *Relaciones* entre los organismos vivos entre sí, y entre éstos y el medio ambiente físico químico. Básicamente esta Ciencia, o Rama de la Ciencia Biológica (como se la quiera enfocar), descansa en dos pilares:

- Por un lado están los *Factores o Variables Ambientales*, las que de un modo u otro determinan, o están en relación, con las *Necesidades Vitales* de los organismos, es decir, con las exigencias que las especies le hacen al medio ambiente circundante, en orden de estar ahí y sobrevivir. Desde ese punto de vista, las especies deben encontrar en su área de distribución, los factores y variables que exigen como indispensables, y deben además tolerar el resto de factores y variables de ese medio determinado. Entonces, la participación activa de los organismos en su medio circundante, determina la existencia de un Ciclo de Materias (Fig. 1), el que está dado por la incorporación de alimentos, el metabolismo, la eliminación de productos finales del metabolismo (CO₂, orina, excrementos, etc.), la muerte y la desintegración biológica de los cadáveres. A través de la investigación de este ciclo de materias, la Ecología también recibe el nombre del Estudio del Presupuesto de la Naturaleza.

CICLO GENERAL:

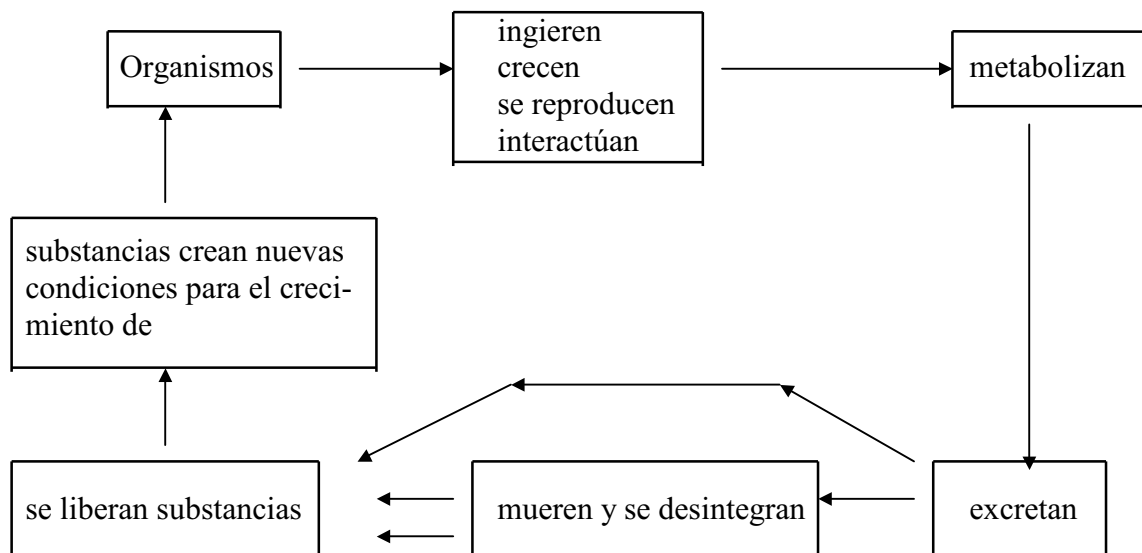


Figura 1.- Esquematación del “Ciclo de Materias” señalado más arriba.

- Por otro lado, están las relaciones de los organismos entre sí, en cuanto éstos no están aislados en el medio ambiente circundante, sino que interactúan entre sí, ya sea por relaciones tróficas (comer y ser comidos), de competencia, de comensalismo, de parasitismo, etc. Esta interacción podrá ocurrir entre conespecíficos (entre los pertenecientes a una misma especie), o entre heteroespecíficos (entre los pertenecientes a diferentes especies). De hecho, los organismos de las especies no se distribuyen aleatoriamente (al azar) en su ambiente, sino que se agregan en grupos. A los grupos de organismos de una misma especie se les llama *Poblaciones*, por lo que las especies están representadas en la geografía por varias poblaciones de conespecíficos. El estudio ecológico a este nivel recibe el nombre de “*Ecología de Poblaciones*”. Pero en la geografía local no existen sólo organismos de una especie, sino que de varias. Así, las Poblaciones de un área en particular se organizan en *Comunidades*. De esta manera, mucho de la “*Ecología de Comunidades*” se enraíza en la ecología de poblaciones. Pero la ecología también se puede analizar en una escala mayor, la del Ecosistema, que involucra a las comunidades y su entorno geográfico, en todos sus aspectos. Se habla entonces de “*Ecología de Ecosistemas*”.

Además de algunas de las definiciones y visiones fundamentales entregadas más arriba, en este texto y siempre a modo de introducción, entregaremos alguna conceptualización general importante, que es necesario dominar cuando se enfrenta el tema de la Ecología, para posteriormente, en los capítulos sucesivos, proceder al enfoque clásico de la enseñanza de esta Ciencia, en términos de sus elementos integradores más importantes, Poblaciones, Comunidades y Ecosistemas.

BREVE DESARROLLO HISTÓRICO DE LA ECOLOGÍA

Las raíces de la Ecología yacen en la Historia Natural, por lo que se extienden hasta los orígenes mismos del hombre. Los rastreadores de alimento, pescadores y cazadores primitivos se vieron obligados a analizar dónde y cuándo obtener su alimento. El advenimiento de los cultivos puso énfasis en su control y administración, de acuerdo a las características peculiares del objeto a cultivar. Ello marcó el comienzo de la ecología práctica de plantas y animales domésticos.

También hubieron (y hay), fenómenos o disturbios masivos que atrajeron la atención de investigadores y escritores ilustres. Por ejemplo, las plagas de langostas en Babilonia y Egipto, donde se invocaban poderes extranaturales para explicar su origen. En el Siglo IV A.C., Aristóteles, en su libro *Historia Animalium*, trató de explicar las plagas de ratones de campo, diciendo que las ratas de campo tienen una tasa reproductiva tan alta, que el efecto de los depredadores naturales más el hombre es ineficaz como mecanismo de control. Según él, la lluvia sería el único control eficaz, pues observó que después de lluvias intensas, las ratas desaparecían rápidamente.

Los griegos poseían una visión cosmogónica que, en términos modernos, podría traducirse como “*Balance de la Naturaleza*”. Este concepto descansa en la asunción, que la Naturaleza actúa por

sí misma beneficiando y preservando a las especies, y que la abundancia de cada especie permanece esencialmente constante. Los eventuales crecimientos masivos (plagas, por ejemplo), se adjudicaban a intervención divina, para castigar a los pecadores. Así, cada especie tiene un lugar especial en la Naturaleza, y no podrían ocurrir extinciones, porque ello rompería el balance y armonía natural, que esencialmente es de origen divino. Estas mismas ideas se encuentran también implícitas en los escritos de Heródoto y de Platón.

Nuevos avances conceptuales se produjeron a partir del siglo 17, por estudiantes de Historia Natural y de Demografía Humana, quienes empezaron a precisar ciertos conceptos:

- A **Grannt** (1662), se le considera el padre de la Demografía por sus estudios cuantitativos en poblaciones humanas. Enfatizó la importancia de medir con precisión las tasas de natalidad, mortalidad, proporción de sexos y estructura de edad.
- **Leeuwenhoeck** (1687), matemático holandés, hizo uno de los primeros intentos de calcular las tasas de aumento de poblaciones de una especie animal, en este caso unas moscas, a través del recuento sistemático de los huevos producidos por las hembras.
- Para **Buffon** (*Natural History*, 1756), las poblaciones humanas, de otros animales y de plantas, están sujetas a los mismos procesos. La fertilidad de cada especie está balanceada por innumerables agentes de destrucción. Los agentes biológicos como depredadores y escasez de alimento serían los controladores de las pagas de ratones de campo, refutando así a Aristóteles. Buffon visualizó así varios problemas ecológicos, algunos de los cuales permanecen aún hoy día sin solución.
- Según **Malthus** (*Ensayos sobre poblaciones*, 1798), el número de individuos de una población aumenta geométricamente en el tiempo, mientras que el suplemento alimenticio necesario no aumenta más que aritméticamente. Ello implica que la reproducción está controlada por la producción de alimento. El razonamiento respecto del alimento parece arbitrario, pero el del crecimiento poblacional geométrico no lo es. A este respecto, dos siglos más tarde aún nos formulamos la misma pregunta ¿ Qué hace que una población pueda detener su crecimiento y se pueda estabilizar temporalmente en torno a un nivel ? y buscamos proposiciones para su respuesta.
- **Quetelet**, estadístico belga (1835), estableció que la habilidad potencial para el crecimiento geométrico de una población, está balanceada por una suerte de “resistencia al crecimiento poblacional”.
- **Verhulst**, estudiante de Quetelet (1838), derivó el diseño gráfico del crecimiento de una población en el tiempo. Logró para ello el desarrollo de una curva en forma de “S” (= “sigmoídea”), que él llamó “logística”. Su trabajo permaneció ignorado hasta tiempos relativamente recientes.

- **Farr (1843)**, descubrió una relación entre la densidad de la población inglesa y la tasa de mortalidad, estableciéndose lo que se ha denominado como la “regla de Farr”: “la mortalidad aumenta a la raíz sexta de la densidad”:

$$R = c * D^m, \quad c, m \text{ constantes}, \quad m = 1/6$$

Durante la mayor parte de este tiempo, prácticamente no cambió el trasfondo filosófico de la Armonía de la Naturaleza, que venía de los tiempos de Platón, por lo que, de una o de otra manera, el “sino providencial” fue aún la luz guía. Entre la segunda mitad del siglo 19 y comienzos del siglo 20, fueron ganando sustento algunas ideas que finalmente reemplazaron a la anterior, como que: A) *Muchas especies efectivamente se han extinguido* y B) *La competencia causada por la presión poblacional, es efectivamente importante en la naturaleza*. Las consecuencias de estas ideas quedan claras en los trabajos de Malthus, Lyell, Spencer, y finalmente en el de Charles Darwin. De esta manera, hubo un cambio radical de cosmovisión: La “Ecología Providencial” y el “Balance de la Naturaleza”, fueron reemplazados por la “Selección Natural” y la “Lucha por la Existencia”.

Así se entiende hoy la Ecología, ya no como avances en control de pestes o en demografía, sino como Ciencia integral, que abarca muchas disciplinas, como se desprende de la definición general del comienzo. Es de general aceptación que el parto de esta concepción tuvo lugar en Alemania, donde fueron madurados y acuñados los conceptos básicos de esta ciencia, como los de **Ecología** (Ökologie, Haeckel, 1866), **Comunidad o Biocenosis** (Biozönose, Möbius, 1877) y **Ecosistema** (Ökosystem, Thienemann, 1918). Su desarrollo no nace en el momento de su acuño. Estos señores resumieron conocimiento de años, junto al suyo propio, cohesionándolo en un concepto. Mucho del primer desarrollo de la ecología viene de los campos de la agricultura (el uso de especies para control de plagas), las pesquerías (sobre todo el estudio de la variación de poblaciones sometidas a explotación) y la medicina (por ejemplo los trabajos de Ross sobre la interacción entre las poblaciones humanas y las de mosquitos, en relación al tema de la malaria).

De la misma manera, lo que hoy es la “Ecología Productiva”, remonta al siglo 18 con los trabajos del botánico Richard Bradley, quien reconoció las similitudes entre las producciones vegetal y animal, proponiendo métodos para optimizar el rendimiento de cultivos como viñas, aves de corral, árboles, conejos y peces. Ahí se introdujo el concepto de “Rendimiento Óptimo” (Optimum Yield), uno de los que ha marcado el desarrollo de la Biología Pesquera hasta nuestros días. Por otra parte, aunque el reconocimiento de *comunidades de organismos vivos* en la naturaleza es bastante antiguo, el reconocimiento específico de *interacciones* entre los organismos de dichas comunidades, es bastante reciente:

- **Edward Forbes (1844)**, analiza la distribución de animales en aguas costeras británicas y en parte del Mediterráneo, diferenciando zonas de diferentes profundidades, que se distinguen por las asociaciones de especies que presentan: hay animales exclusivos de zonas, otros que se traslapan entre dos o más zonas, y otros que migran indistintamente entre ellas. Según cambia el ambiente, algunas especies tienden a desaparecer, y otras a hacerse dominantes. Tales

fueron las ideas básicas para que Karl Möbius, trabajando sobre bancos de ostras del Mar del Norte, acuñara el término de Biocenosis.

- **Warming**, botánico danés (1895-1909), determinó en forma muy precisa la estructura de las comunidades vegetales de Dinamarca, en términos de describir los tipos de asociaciones de especies que las componían.
- **H. C. Cowles**, ecólogo vegetal norteamericano (1899), describió por vez primera la sucesión de plantas en dunas arenosas aledañas al Lago Michigan, aspectos que fueron posteriormente retomados por **Clements** (1916), en su obra clásica sobre la naturaleza de las comunidades vegetales.

En resumen, la Ecología comienza a ser una ciencia como tal, a fines del siglo pasado y a comienzos del presente, gracias al reconocimiento de problemas a nivel poblacional y comunitario. Las raíces de esta ciencia yacen en la Historia Natural, en la Demografía Humana, en la Biometría (es decir, la aproximación matemática a la ecología), y en los problemas aplicados de la agricultura y la medicina.

A pesar de su significancia, la ecología no fue considerada una ciencia importante hasta los años 60. El crecimiento continuo de la población humana, y la destrucción asociada de ambientes naturales con pesticidas y contaminantes de todo tipo, sensibilizó al público hacia la ecología. Desgraciadamente, se comenzó en la opinión pública a identificar la palabra “ecología” con los problemas mucho más amplios de todo el ambiente circundante humano, y así, la palabra ha llegado a significar “todas las cosas” y “cualquier cosa” acerca del ambiente. La ciencia de la ecología concierne a los ambientes circundantes de todas las plantas y animales, y no solamente se restringe a los humanos. Como tal, la ecología tiene mucho que contribuir a algunos de los problemas relativos a los humanos y su ambiente, los que se agrupan mejor en una rama aparte, la “Ciencia Ambiental”. La Ecología debería ser a la Ciencia Ambiental, lo que la Física es a la Ingeniería. Así como el *Homo sapiens* está constreñido por las leyes de la Física cuando construye aviones y puentes, así también debería estar constreñido por los principios de la Ecología cuando altera el medio ambiente.

PROBLEMAS BÁSICOS Y LA APROXIMACIÓN A ELLOS

El estudio de la Ecología se puede orientar desde tres puntos de vista: Descriptivo, Funcional y Evolutivo.

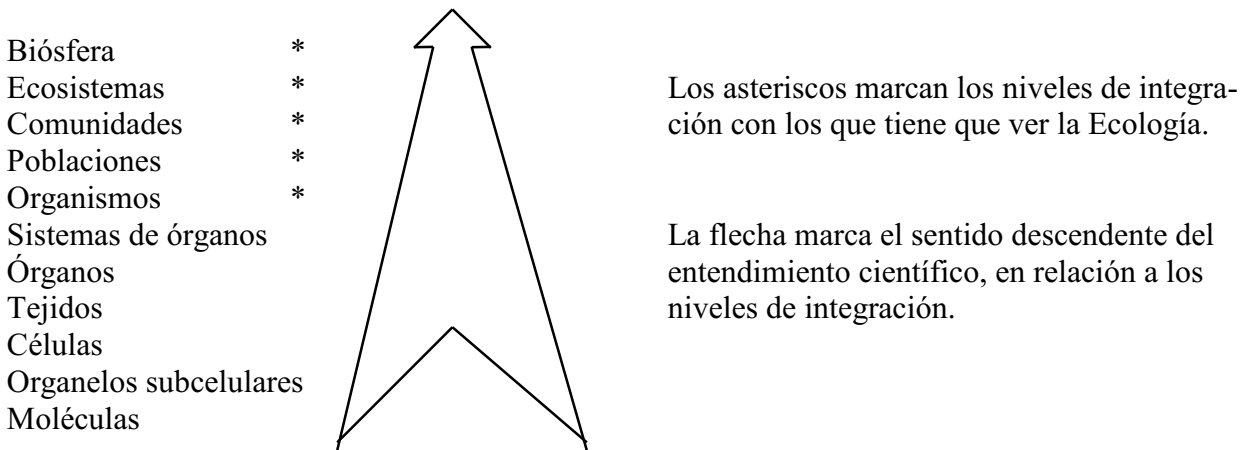
- El Descriptivo es básicamente Historia Natural. Procede describiendo los ambientes, algunos de los cuales son muy conspicuos, por ejemplo el Bosque Deciduo, el Bosque Pluviotropical, los Pastos, la Tundra, etc., los animales y plantas asociados a ellos, y las principales interrelaciones entre los organismos, y entre ellos y su ambiente.

- El Funcional está básicamente orientado al funcionamiento de las relaciones antes aludidas. Busca identificar y analizar problemas comunes a la mayoría o a todas las diferentes áreas. Trata con poblaciones y comunidades, según existen, y pueden ser analizadas aquí y ahora.
- El Evolutivo considera a los organismos como productos históricos de la evolución. Al contrario del enfoque *funcional*, que estudia las *causas próximas* (respuestas de individuos, poblaciones o comunidades a factores inmediatos del ambiente circundante), la *ecología evolutiva* estudia las *causas últimas* (el por qué la Selección Natural ha favorecido las adaptaciones que se ven actualmente). El ecólogo funcional se pregunta ¿Cómo? (¿Cómo funciona lo que observo?), y el ecólogo evolutivo se pregunta ¿Por Qué? (¿Por qué la Selección Natural favorece una determinada solución ecológica en particular?).

Evolución no sólo es cosa del pasado, sino que continúa ocurriendo actualmente. Los ecólogos funcional y evolutivo deben trabajar juntos, para comprender los sistemas ecológicos. El ambiente circundante de un organismo contiene todas las fuerzas selectivas que modelan su evolución. De ahí que, finalmente, Ecología y Evolución no sean más que dos puntos de vista de la misma realidad.

NIVELES DE INTEGRACIÓN

Hasta ahora se ha hablado mucho de definiciones, historia y objetivos del estudio ecológico, pero poco de los **objetos** del estudio ecológico. Se reconoce que la materia se organiza, desde lo más pequeño a lo más grande, en esferas de complejidad sucesiva y mayor, llamadas “Niveles de Integración”. Habiendo muchos más (sobre todo en el campo submolecular), una presentación didáctica de los principales de éstos, en el sentido en que se orienta este texto, es la siguiente:



Cada nivel de integración posee sus atributos particulares. La Densidad (vista más adelante), es un atributo poblacional, sin sentido a nivel individual. Un atributo comunitario, como la Diversidad (que también se verá luego), no tiene sentido a nivel poblacional.

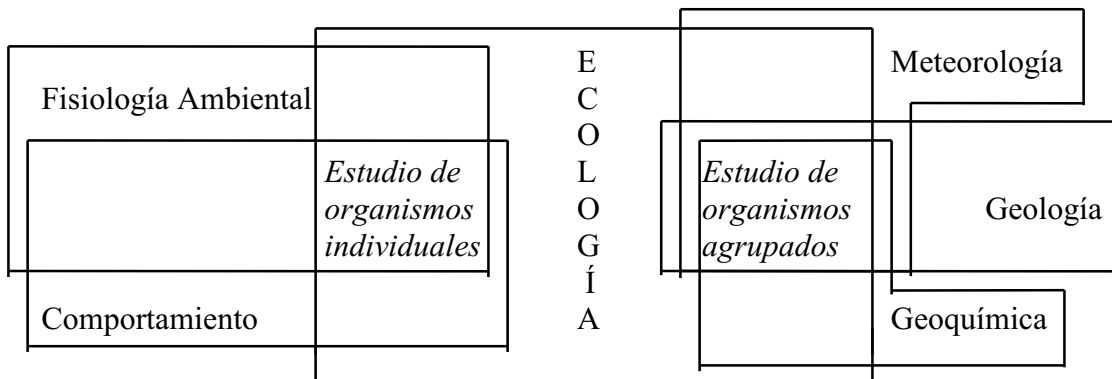
Algunos ecólogos definen al Ecosistema (comunidad más atributos del ambiente, como se verá más adelante), como la Unidad Básica de la Ecología. En Ecología Humana puede que el

Ecosistema tenga interés y significado particularmente relevante, pero sigue siendo sólo uno de los niveles con los que opera el ecólogo. En cada uno hay problemas importantes y significativos que resolver, y ninguno de ellos debería ser pasado por alto.

MÉTODOS DE APROXIMACIÓN

Son las formas cómo se estudia y analiza la Ecología. Básicamente hay aproximaciones “**De Terreno**”, “**De Laboratorio**” y “**Matemática**”, pudiendo surgir problemas cuando los resultados de trabajos hechos en base a una de estas aproximaciones, no se compadecen o no explican los resultados obtenidos con otra aproximación. Por ejemplo, cuando se realizan predicciones basadas en modelos matemáticos, que pueden estar algorítmicamente muy bien planteados, pero que no necesariamente se fundan en datos de terreno, o ganados en forma empírica.

Ciertos autores se aproximan de acuerdo a la agregación de los objetos de estudio. Así, reconocen la **Autoecología (también Autecología)**, o el estudio de organismos individuales en relación a su ambiente, y la **Sinecología**, o el estudio de grupos de organismos. La Sinecología la dividen a su vez en Ecología de Poblaciones, Ecología de Comunidades, y Ecología de Ecosistemas. Aunque ésta es la aproximación más clásica (que no excluye, sino que involucra a la anterior), y es la que empleamos en este texto, no se puede desconocer que puede originar problemas, porque el lector puede verse compelido a pensar que, de alguna manera, los factores y variables relevantes para los individuos, puedan ser diferentes de aquellos relevantes para los *grupos* de individuos, siendo que mucho de lo que se considera Autecología es, en realidad, Fisiología Ambiental, y puede o no ser necesario para responder preguntas específicas acerca de la ocurrencia, distribución y problemas que aquejen a las especies. Se pueden visualizar así algunas interrelaciones entre la Ecología y otras ciencias o ramas de las ciencias afines, como las siguientes:



Submódulo 1

FACTORES AMBIENTALES

SUBMÓDULO N° 1

FACTORES AMBIENTALES

TÓPICOS:

- | | |
|------------|---------------------------------|
| 1.1 | Definición y Aspectos Centrales |
| 1.2 | El Factor Luz |
| 1.3 | El Factor Temperatura |
| 1.4 | El Factor Agua |
| 1.5 | El Factor Viento |
| 1.6 | El Factor Topografía |
| 1.7 | Los Factores Edáficos |

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el primero de los pilares sobre los que descansa el edificio de la ecología, abriendo caminos para lograr una comprensión analítica, del marco físico - químico en el que viven los organismos.
- Entender que dicho marco físico - químico se lo puede descomponer en factores ambientales individuales, para efectos pedagógicos, pero que su organicidad y dinámica, determinan que cada factor depende de otros, e influye sobre otros, determinando un esquema de acción y reacción.
- Reconocer a la ecología como una ciencia relacional, no solamente en lo relativo a otras ciencias afines, en tópicos determinados, sino fundamentalmente en lo relativo a los organismos y el ambiente que los rodea: éste influye sobre aquellos, los que no reciben esta acción en forma pasiva, sino que también ejercen una influencia moduladora, sobre el entorno que los rodea.
- Sentar las bases para entender que, si bien es cierto que tanto la manifestación misma de los factores ambientales y sus interrelaciones es multifacética, así como también lo es la influencia de éstos sobre los organismos, no es menos cierto que el resultado final de esta dinámica se presenta en forma holística o integradora: las características y forma de los ambientes que observamos, y la distribución geográfica de los organismos que viven en ellos.
- Sentar las bases para entender, finalmente, que los factores ambientales, y las influencias recíprocas entre éstos y los organismos, es el marco en el que se desempeña el hombre en la tierra. Entender, por tanto, que su acción inevitablemente alterará el entorno físico, químico y biológico, y que los caminos para mitigar lo impactos de esta acción ineludible, deberían encauzarse por la vía analítica, antes que por la de descripciones y consideraciones de índole general.

DEFINICIÓN Y ASPECTOS CENTRALES

TÓPICO 1.1.

1.1.1. Definición y Generalidades

Al comienzo de la introducción, se dijo que la Ecología descansa en dos pilares básicos: Los Factores y Variables Ambientales por un lado, y las Relaciones entre organismos por el otro. Desde este punto de vista, se entiende al primero de estos pilares como representativo del campo de lo abiótico (a = sin; bios = vida), mientras que al segundo, como exponente del campo de lo biológico (los organismos y sus formas de interactuar). Se comenzará este texto, con un análisis breve de los factores ambientales aquí definidos como abióticos, tratando de realzar sus implicancias principales, tanto para los organismos y sus agrupaciones en sí, como para la utilización que hace el hombre de los ambientes.

Son factores ambientales, todos aquellos componentes del medio ambiente físico químico, que ejercen algún efecto sobre algún estadio de desarrollo de un organismo.

Se reconocen, en general, diferentes tipos de estos factores:

- Climáticos: Luz; Temperatura; Disponibilidad de Agua; Viento; Nutrientes.
- Edáficos (Edaphos = Suelo): Las Características del Suelo, como Nutrientes, Acidez, Humedad, etc.
- Topográficos: Inclinación, Aspecto, Altitud del terreno, etc.

Es muy difícil, y muchas veces tiene poco sentido, analizar separadamente los efectos de cada uno de estos factores en particular. Todos ellos están muy interrelacionados, y normalmente, más que el efecto de uno de ellos, en la naturaleza lo que importa realmente es la acción combinada de dos o más. Por ejemplo, la topografía y el clima influyen el desarrollo del suelo; el clima y el suelo influyen sobre el patrón de controles biológicos que operan en un ecosistema, determinando qué especies tienen más habilidad para habitar el área. Las características abióticas fundamentales de un ecosistema están gobernadas por los tipos de factores expuestos, pero no se puede no mencionar el hecho siempre presente y a veces definitorio, que el efecto de estos factores puede ser modificado, por la presencia y el accionar de las mismas plantas y animales sometidos a su influencia.

Se llega así a una retroalimentación entre los dos pilares básicos de la ecología: Los Factores Ambientales controlan el ecosistema como un todo, y son modificados a su vez por la presencia de los organismos, y las Relaciones entre Especies determinan la distribución y dispersión de éstas, en un accionar que es asimismo modulado por los Factores Ambientales.

1.1.2. Ley del Mínimo

En 1840 Justus von Liebig, químico alemán que trabajaba en fisiología vegetal, conduciendo estudios que fueron pioneros, sobre el efecto de diferentes factores sobre el crecimiento de las plantas, encontró que a menudo las cosechas se hallaban limitadas por nutrientes necesarios en pequeñas cantidades, antes que por sustancias presentes en grandes cantidades en los organismos, como el Carbono (C), el Hidrógeno (H), el Oxígeno (O), o la combinación de estos últimos que es la más común y abundante en el peso de todos los organismos, el Agua (H₂O). Por ejemplo, frecuentemente encontró en sus experimentos, que el crecimiento de plantas individuales estuvo limitado por deficiencias en Fósforo (P).

Siguiendo la usanza científica de su tiempo, von Liebig presentó sus resultados a la forma de una Ley, conocida como la “Ley del Minimum”, que establece que el crecimiento de los organismos depende del nutriente presente en la menor cantidad, o “cantidad limitante”. Amplió con ello el espectro de aplicación, no solamente al dominio de lo vegetal.

Este principio se aplica bien básicamente a las materias químicas necesarias para el crecimiento y la reproducción. Liebig mismo no incorporó otro tipo de variables, aunque autores posteriores han intentado expandir el principio a la Temperatura y la Luz.

El trabajo científico subsecuente, ha demostrado que es necesario añadir ciertas cláusulas para que el principio tenga validez universal:

- Es aplicable sólo a condiciones normales de equilibrio, porque si no, las cantidades requeridas estarán variando constantemente.
- El principio tiene que tomar en cuenta el factor *interacción*, porque:
 - I. Un nutriente abundante puede modificar la tasa de uso de la sustancia existente en mínima concentración, y
 - II. Ocasionalmente, los organismos pueden utilizar sustitutos químicos relacionados cercanamente con las sustancias deficientes en el área. Por ejemplo los moluscos, que utilizan Estroncio (Sr) para construir su concha, cuando el Calcio (Ca) es deficiente.

1.1.3. Límites y Tolerancias

Existe en Ecología un principio conocido como la “Ley de la Tolerancia de Víctor Shelford”, establecida en 1913 por este ecólogo británico, que trabajaba en el papel de la tolerancia a factores ambientales, para explicar la distribución de las especies. El principio establece que, para cada factor, una especie encuentra un valor mínimo y un valor máximo, entre los cuales existe y perdura. Ello implica un rango de tolerancia para cada factor, con alguna condición óptima dentro de éste (Fig. 2).

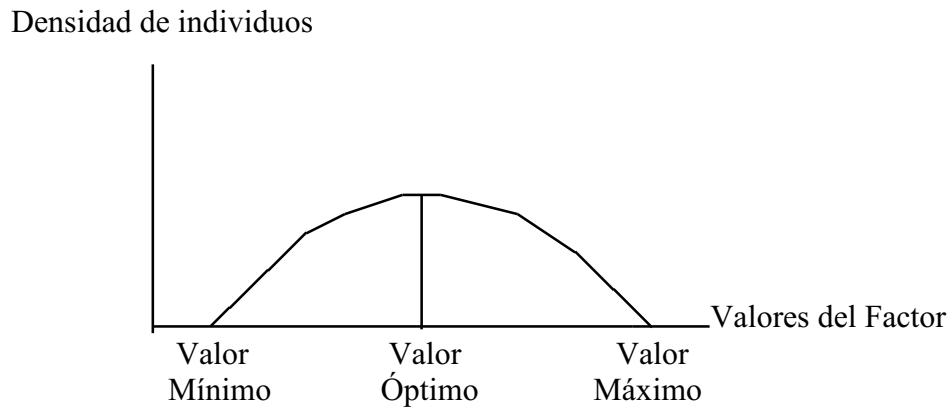


Figura 2.- Ejemplificación teórica y esquemática de la Ley de Tolerancia de Shelford.

El Rango de Tolerancia suele representarse por una curva en forma de campana, como en la Fig. 2. Este rango varía entre diferentes especies para el mismo factor, y dentro de una misma especie, para factores diferentes.

Se han acuñado una serie de términos para describir la tolerancia de las especies. Los más importantes y utilizados son los prefijos griegos Stenos (= estrecho), y Eurys (= amplio). Por ejemplo, se tienen especies:

| Rango estrecho | Rango amplio | Factor a que se refiere |
|-----------------------|---------------------|--------------------------------|
| Stenotérmicas | Euritérmicas | Temperatura |
| Stenohídricas | Eurihídricas | Agua o Humedad |
| Stenohalinas | Eurihalinas | Salinidad |
| Stenofágicas | Eurifágicas | Alimento |
| Stenodáficas | Euriedáficas | Suelo |
| Stenoecias | Euriecias | Selección de hábitat (*) |

(*) Hábitat: término que se definirá más adelante.

Esta Ley tiene implícitos varios aspectos, entre los cuales están los siguientes:

- Las especies con rangos de tolerancia amplios para todos o la mayoría de los factores ambientales, son asimismo las más ampliamente distribuidas.
- Los factores ambientales son más limitantes durante los estadios reproductivos de los ciclos de vida: semillas, huevos, embriones, larvas y adultos reproductivos, tienen rangos de tolerancia más estrechos que los adultos no reproductivos.

Desde Shelford, se ha investigado mucho la acción de los factores ambientales sobre las especies, tanto en laboratorio como en el terreno. En un resumen general, los estudios sobre el efecto de factores individuales, como no sean las contribuciones específicas al problema de la contaminación sobre los organismos, poco han contribuido a explicar las distribuciones naturales. Shelford mismo dijo que la reacción de un organismo a un factor ambiental, puede estar relacionada a la condición de otro factor. Por tanto, el estudio artificial de factores individuales, provee sólo una parte de la historia.

Shelford también se dio cuenta, que los organismos rara vez viven exactamente bajo sus condiciones óptimas (o lo que se detecte como “óptimo” en el laboratorio). Ellos existen donde pueden competir mejor, y se observa a menudo especies excluidas geográficamente de localidades que podrían ser óptimas para ellos, justamente por este efecto. Por ejemplo, plantas que viven en ambientes desérticos, pudiendo hacerlo mejor en ambientes más húmedos. No están ahí, por desventajas competitivas con otras plantas residentes de tales zonas húmedas, habiendo encontrado mejores ventajas ecológicas en las partes más secas. Otra razón que también explica este fenómeno, es la existencia de ambientes inestables, que cambian constantemente.

Se tiene entonces, que la presencia y éxito de un organismo en un ambiente dado, depende de un complejo de condiciones. En tal sentido, es útil unir la idea del mínimo a la de la tolerancia, para obtener un concepto combinado general sobre factores limitantes. Así, cualquier factor que alcance o exceda el rango de tolerancia, puede ser limitante para la distribución de las especies.

Por otra parte, históricamente en la ecología se ha prestado quizás demasiada atención al estudio de los rangos de tolerancia y a los factores limitantes mismos. Como se veía recién, lo importante sería enfocar los caminos por los cuales los organismos han evolucionado para explotar hábitat particulares, pues por ende han debido desarrollar rangos aceptables de tolerancia a los factores ambientales, en orden de sobrevivir. El trabajo en tolerancia ecológica inspirado por Liebig y Shelford no responde al problema ecológico básico, de por qué las especies se han adaptado a sus sets de límites particulares.

Un punto de vista ecológico más ventajoso en este sentido, sería considerar cómo ha evolucionado la vida de las especies, y ver los rangos de tolerancia como subproductos de los requerimientos para un modo de vida elegido. Esta aproximación ha conducido a una apreciación mejor de las relaciones entre especies individuales, y entre éstas y sus hábitat.

EL FACTOR LUZ

TÓPICO 1.2

1.2.1. La importancia de la Luz como Factor Ambiental:

Es la última fuente de energía para todos los ecosistemas. Demasiada, puede dañar e incluso destruir tejido vivo. En la consideración de este factor, hay tres aspectos importantes:

- I. Calidad o Composición de longitud de onda
- II. Intensidad o contenido energético de las longitudes de onda
- III. Duración o número de horas - luz que se reciben por día

Los tres gobiernan todos los tipos de procesos morfológicos y fisiológicos en plantas y animales.

La influencia de la luz, a menudo está ligada a la de la temperatura y al suplemento de agua. Sus efectos específicos son, sin embargo, frecuentemente los controles más importantes del ambiente.

1.2.2. Variación en la calidad de la luz:

El rango de longitudes de onda que llega a la superficie terrestre va desde 0,3 hasta 10,0 micrones. El rango visible oscila entre 0,39 y 7,60 micrones. Bajo 0,39 está el Ultravioleta (UV), sobre 7,60, el Infrarrojo (IR). La calidad no varía substancialmente desde un punto de la biósfera a otro, pero las plantas y los animales responden diferentemente a las diferentes longitudes de onda.

1.2.3. Importancia de la calidad de la luz:

La mayoría de las plantas explotan el espectro visible, pues no utilizan el UV o el IR en la fotosíntesis. La clorofila (pigmento utilizado por las plantas para poder captar la luz en la fotosíntesis), es verde, por lo que la luz visible más importante es la azul y la roja.

Como en los ecosistemas terrestres no hay gran variación de la calidad de la luz con la geografía, ésta no ejerce una influencia importante sobre la fotosíntesis. Una excepción son los ecosistemas con estratificación en altura (bosques y ecosistemas montañosos). En los bosques, la luz que llega a los estratos bajos (cerca del suelo), es más tenue, y deficiente en longitudes de onda roja y azul. En los ecosistemas de montaña, mientras más alto, se tiene mayor incidencia de radiación UV, (pero también de menor temperatura y de mayor variabilidad entre día y noche respecto de ésta), hasta que finalmente se alcanza un límite, sobre el cual no hay crecimiento vegetal.

En los ecosistemas acuáticos, el fitoplancton, además de la dispersión, refracción y difracción asociada al agua y sus partículas en suspensión, filtra las longitudes de onda roja y azul cerca de la superficie. La luz verde, que penetra más, porque es más energética, es pobremente absorbida por la clorofila. Las algas pardas tienen pigmentos adicionales a la clorofila, de color café y rojo (Ficoeritrinas), que pueden absorber luz verde y así fotosintetizar. Por ello pueden vivir a profundidades mayores.

No se sabe mucho de los efectos de la luz UV sobre las plantas. Es dañina para bacterias, y se cree que retarda el desarrollo de la vegetación. Su influencia es más grande en ecosistemas de altura, como se mencionó, porque la mayor parte se absorbe en la alta atmósfera. Se cree que en las plantas de altura inhibe el crecimiento de tallos largos, y de ahí la forma expandida o en roseta, tanto de las hojas como de los cuerpos de muchas de esas plantas.

No se sabe sobre el rol de la calidad de la luz sobre la distribución y funcionamiento de los animales.

1.2.4. Variaciones en la intensidad luminosa:

La intensidad de la luz es la fuerza última que mueve los ecosistemas. Varía espacial y temporalmente.

En la atmósfera, la luz está afectada a absorción, reflexión, dispersión y refracción, tanto por gases, partículas sólidas y partículas de agua. Las mayores intensidades, producto de la geometría de la tierra, se dan en el Ecuador y la Zona Tropical. Lo mismo ocurre en las zonas desérticas cálidas, por la poca cobertura nubosa, producto del juego de los vientos alisios. El ángulo pequeño de incidencia con respecto a la superficie terrestre, de las latitudes altas, implica pérdidas mayores de irradiación, dadas por una ruta mayor a recorrer desde la alta atmósfera, y también una mayor dispersión, por la constancia de la cobertura nubosa de tales latitudes.

La variación global básica de la intensidad de la luz se complica por las variaciones estacionales, pues en latitudes medias y altas las diferencias invierno - verano son grandes. Otro factor que hace variar la intensidad luminosa en gran escala, es la topografía; el ángulo y la orientación de las pendientes (el Rumbo y el Manteo), influyen en la cantidad de luz que reciben los ecosistemas caracterizados por fuertes variaciones topográficas.

1.2.5. Importancia de las variaciones en la intensidad luminosa:

La estratificación vertical de un ecosistema, por ejemplo, es producto tanto de la estructura de la comunidad en sí misma, como de la intensidad luminosa disponible. En los ecosistemas acuáticos, la intensidad disminuye rápidamente con la profundidad, debido a los mismos efectos a que está afectada la luz en el fluido aire, pero que en el fluido agua actúan con diferentes intensidades. Por ejemplo, en agua muy clara, sólo el 50% de la energía recibida en superficie llegará a una profundidad mayor que 15 m.

Intensidades luminosas muy altas dañan las enzimas de la fotosíntesis vegetal, causando *fotooxidación*. Ello disminuye el metabolismo de estos organismos, especialmente en lo que se refiere a la síntesis proteica.

1.2.6. Puntos de compensación:

La productividad de los vegetales implica la producción de suficiente cantidad de hidratos de carbono, para compensar los que se gastan en el proceso de la respiración (el inverso a la fotosíntesis, que realiza el metabolismo vegetal en ausencia de luz). Si se asume constante todo el resto de los factores que afectan las tasas de fotosíntesis y de respiración, se puede relacionar el balance de ambos procesos, con la intensidad luminosa.

A medida que aumenta la intensidad luminosa, aumenta la fotosíntesis hasta un *plateau*, o punto de estabilización de la curva. Hay un punto en el cual hay suficiente luz para que ocurre *productividad neta* (producción de mayor cantidad de carbohidratos que los que se consumen por respiración, los que se acumulan en el cuerpo vegetal para que éste crezca). Ése es el punto mínimo de intensidad luminosa, esencial para el crecimiento, también llamado *Punto de Compensación*. Bajo él aún hay fotosíntesis, pero la tasa de respiración (o consumo de carbohidratos antes que producción), es mayor. El punto de compensación varía para diferentes tipos de plantas, habiendo plantas *Heliófilas* (= “amigas del sol”), y plantas *Heliófobas* (= “que evaden el sol”) (Fig. 3). Las primeras están adaptadas a vivir en intensidades luminosas altas, y tienen puntos de compensación altos (se les llama también “de metabolismo alto”). Las segundas tienen puntos de compensación bajos (se les llama también “de metabolismo bajo”). Algunas tienen características de heliófobas cuando jóvenes y de heliófilas cuando maduras, lo que es una ventaja para los renovales, de los árboles de ecosistemas boscosos altamente estratificados en altura.

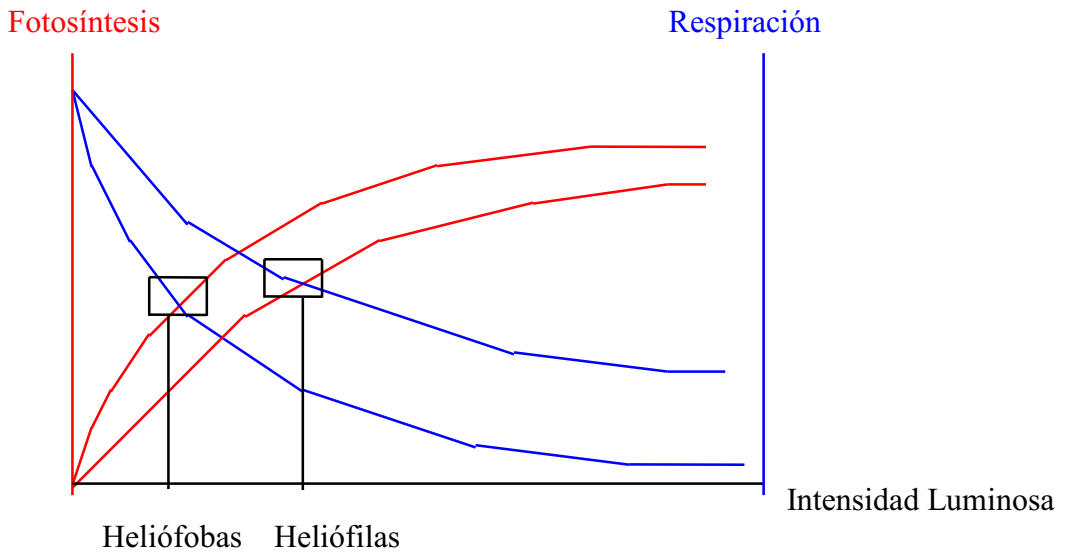


Figura 3.- Relación entre Fotosíntesis (curvas rojas) y Respiración (curvas azules) con la intensidad luminosa, mostrando la diferencia de puntos de compensación (fotosíntesis = respiración), para plantas heliófilas y heliófobas.

1.2.7. Variaciones de la longitud diaria:

En las zonas ecuatoriales, hay prácticamente una constancia en un día de 12 horas - luz. En las zonas templadas, hay más horas - luz en los días de verano, y menos en los días de invierno. Las mayores variaciones a este respecto ocurren en las zonas polares (por sobre los círculos polares) donde, llegando progresivamente al punto de los polos, la situación se acerca a una constancia de 6 meses - luz y 6 meses - oscuridad.

1.2.8. La importancia de la duración de la luz:

La respuesta de los organismos a longitudes diarias variables, se conoce como *Fotoperiodismo*. En las plantas, esto incluye la floración, la caída de las hojas y el letargo. En animales, el fotoperiodismo marca el inicio de las migraciones, el letargo, la anidación o reproducción, y el cambio de color en escamas, plumas o pelos.

I. *Fotoperiodismo en plantas*: La reacción a diferencias en la longitud diaria está unida a menudo a variaciones en la temperatura. No obstante, en muchas instancias se ha demostrado que la duración relativa de los períodos de luz y de oscuridad, es el estímulo crítico que induce respuestas. Las plantas con flores pueden ser divididas en tres grandes grupos, dependiendo de sus reacciones fotoperiódicas:

Plantas de día largo: Necesitan días de más de 12 horas para florecer. Se cuentan aquí muchas de las plantas de cultivos templados, como trigo, cebada y espinacas.

Plantas de día corto: Necesitan menos de 12 hr luz para florecer. Ejemplo, tabaco, crisantemos, cebollas.

Plantas de día neutro: No requieren de un fotoperíodo especial para florecer. Ejemplo, tomates, dientes de león.

Los primeros dos grupos están muy limitados en su distribución geográfica, por su respuesta fotoperiódica a la floración. Sacándolas de su fotoperíodo óptimo, es posible aumentar su crecimiento vegetativo. Por ejemplo, cebollas de día corto, producen bulbos de mayor tamaño en condiciones de día largo, “engaño” que es muy utilizado por los horticultores para una gran variedad de plantas de cultivo.

II. *Fotoperiodismo en aves*: En ellas se encuentran las reacciones fotoperiódicas más altamente evolucionadas entre los animales. Las variaciones en el fotoperíodo marcan el comienzo de las migraciones en todas las que emprenden esta actividad. Las migraciones de las aves de zonas templadas comienzan en los mismos días cada año, independiente de las otras condiciones climáticas. Los ciclos de apareamiento y de cría de muchas aves están gobernados por el fotoperíodo. En invierno, las gónadas tienen un tamaño mínimo. En primavera, comienza el crecimiento y expansión gonadal. El aumento en las horas - luz se acompaña con un aumento de la tasa de crecimiento de las gónadas, hasta que se alcanza el máximo en el período del año en el que el ave se aparee. Posteriormente declina nuevamente el tamaño gonadal. Es posible alterar la producción de huevos, alterando el fotoperíodo, “engaño” que se usa a menudo en los cultivos avícolas.

III. *Fotoperíodo en mamíferos*: Las respuestas en este tipo de animales, son menos rígidas y precisas que en el caso de las aves. Existen:

Respuestas a día largo: Muchos mamíferos salvajes de latitudes altas, se reproducen en respuesta al aumento de las horas luz que acompaña a la primavera. Esto se ha demostrado fehacientemente en conejos y ratas árticas.

Respuestas a día corto: Muchas ovejas, cabras y venados, desarrollan actividades reproductivas cuando los días acortan a fines de verano y comienzos del otoño. Se aparean ahí, de manera que los cachorros nacen en la próxima primavera, bajo condiciones favorables.

IV. *Fotoperiodismo en peces*: Muchos estímulos externos gobiernan la reproducción y migración de los peces, pero se sabe que el calor y la luz están entre los más importantes. Los peces que viven cerca de la superficie, responden al fotoperíodo de varias maneras:

Efecto sobre los órganos reproductivos: En truchas, por ejemplo, se detecta un aumento de la actividad reproductiva, cuando se las somete a fotoperíodos artificialmente largos, efecto que es muy utilizado en este tipo de acuacultivos.

Efecto sobre la actividad migratoria: La luz actúa sobre el sistema hormonal del organismo, afectando, por ejemplo, las preferencias por determinados regímenes salinos o térmicos, lo que gatilla las migraciones de los peces, en busca de lugares apropiados para el desove y la cría de las larvas y juveniles.

V. *Fotoperíodo en insectos*: En general, los insectos muestran bajas reacciones a factores ambientales, pero aún se detectan respuestas al fotoperíodo.

- a) Ciertos escarabajos que se alimentan de papas, hibernan en el suelo en respuesta a los días cortos del otoño, evitando así las condiciones alimenticias adversas del invierno.
- b) La metamorfosis de muchos insectos es gobernada por el fotoperíodo. Particularmente afectada por él es la hora del día de la emergencia de las pupas.

EL FACTOR TEMPERATURA

TÓPICO 1.3

1.3.1. La importancia de la temperatura como factor ambiental:

La temperatura tiene un efecto directo sobre cada función de plantas y de animales poiquilotermos (los que no regulan su temperatura interior, sino que dependen de la que reina en el ambiente), porque controla la tasa de su química corporal (la velocidad de reacción enzimática, que es directamente temperatura - dependiente). También tiene un efecto indirecto, influyendo sobre otros factores, especialmente el suplemento de agua (determina la tasa de evaporación, lo cual no solamente determina la efectividad de la precipitación, sino que también la pérdida de agua de los organismos).

Es muy difícil aislar el efecto de la temperatura como un solo factor. Por ejemplo, la luz es convertida en calor cuando es absorbida por una sustancia. Normalmente la temperatura actúa junto a la luz y al agua, controlando el funcionamiento de los organismos.

Por otra parte, es fácil de medir, pero más difícil es decidir cuál temperatura es la más importante, dependiendo de qué caso, pues en muchos no es obvio si el valor relevante es el máximo, el mínimo, el promedio, el período de tiempo bajo condiciones de un determinado nivel, etc.

Este factor presenta grandes variaciones espaciales y temporales, asociadas a la irradiación solar. Además, hay variaciones superimpuestas, debidas a la topografía, o a la distancia desde el mar.

Desde un punto de vista más biológico, hay variaciones entre tipos de ecosistemas, por ejemplo entre ecosistemas de bosques y acuáticos. También hay variaciones entre los estratos en altura (tanto en bosques como en montañas), entre los estratos de profundidad en los ambientes acuáticos, así como también se observan variaciones diarias entre el día y la noche.

1.3.2. Temperatura y plantas:

1.3.2.1. Rangos de tolerancia a la temperatura en las plantas:

La vida se desenvuelve normalmente entre los extremos de 0°C y 50°C. Dentro de ese rango, las especies muestran Mínima, Máxima y Optima de temperatura, para sus actividades metabólicas. A estos requerimientos particulares por este factor, se les denomina las *Temperaturas Cardinales*.

La temperatura del cuerpo vegetal es normalmente la misma del medio circundante, porque hay una transferencia constante de calor entre el cuerpo vegetal y el aire. La tolerancia de las plantas a la temperatura varía mucho. Los cultivos tropicales, normalmente no toleran temperaturas bajo los 18°C o los 15°C. Los cereales templados no toleran temperaturas bajo los 5°C a 2°C. Las coníferas pueden tolerar temperaturas de hasta -30°C. Las plantas acuáticas tienen tolerancias más estrechas que las plantas terrestres, porque normalmente, por el alto calor específico del agua, este factor varía mucho menos en ambientes acuáticos que en ambientes terrestres o subaéreos. En las plantas, la Edad, el Balance de Agua y la Estación del Año, influyen sobre el rango exacto de sus tolerancias a la temperatura.

1.3.2.2. *Daño causado a las plantas por exceso de calor:*

Normalmente, este daño está unido al que produce la falta de agua. Las plantas marchitan, con lo que tienden a detenerse todos los procesos metabólicos. Las temperaturas máximas son más críticas para las plantas, que los límites mínimos. Las plantas se enfrían por evaporación, lo que implica daño si no hay suficiente agua. A este respecto, las plantas de climas cálidos tienen adaptaciones morfológicas: son suculentas, de piel gruesa, cutícula externa gruesa que refleja la luz, y hojas pequeñas o reducidas a espinas, para reducir la pérdida de agua.

1.3.2.3. *Daño causado por exceso de frío:*

Bajo 6°C, se observa que la mayoría de las plantas detienen su crecimiento. Temperaturas más bajas pueden provocar precipitación de las proteínas de la savia, implicando una disminución drástica de la actividad enzimática general. El congelamiento conlleva la formación de hielo intercelular, lo que provoca un estrés osmótico, con drenaje de agua desde las células y la consecuente deshidratación celular. El congelamiento abrupto implica la formación de cristales intracelulares, con lo que las membranas se rompen y las células mueren. Esas son las áreas de color café, que se observan en plantas expuestas a este tipo de congelamiento.

La disminución de la temperatura inhibe también el funcionamiento de las plantas, porque baja la permeabilidad de las raíces, y éstas tienden a volverse incapaces para absorber agua. Este es el proceso conocido como *sequía fisiológica*, el que es particularmente importante en ambientes de fríos extremos, como la tundra.

Las plantas de ambientes fríos también presentan adaptaciones morfológicas: tienden al enanismo o a los hábitos crípticos, de manera de presentar menos superficie de exposición, o tienden a tomar formas de almohadilla, de manera que una parte de la planta da protección a las otras.

1.3.2.4. *Temperatura y ciclos de vida de las plantas:*

La mayoría de las plantas han desarrollado tipos de ciclos vitales que les permiten resistir estaciones frías. Dichas adaptaciones pueden ser de tres tipos básicos:

I. *Plantas anuales*: Ciclos de vida cortos, que se completan en la estación cálida. Inviernan como semillas que toleran el frío.

II. *Plantas herbáceas perennes*: Desarrollo de órganos almacenadores subterráneos resistentes, tales como bulbos o rizomas. Sobreviven el invierno a esa forma, y producen tallos nuevos cada año.

III. *Plantas maderosas*: Árboles y arbustos que desarrollan madera. Persisten muchos años, y evitan el frío de dos maneras:

Con hábito deciduo: Sueltan las hojas al comienzo de la estación fría. Las ramas que permanecen son resistentes.

Con hábito perenne: Tienen hojas todo el año. La resistencia al frío se aumenta desarrollando una savia más concentrada, que disminuye el punto de congelación y reduce la susceptibilidad de la planta al daño por congelamiento.

1.3.2.5. *Temperatura y productividad:*

El óptimo de temperatura para la respiración, es normalmente mayor que el óptimo para la fotosíntesis. Esto implica que sobre cierta temperatura, la planta respira más que fotosintetiza, y puede entrar en inanición. Esta es una barrera fisiológica importante, que previene la migración de plantas desde ambientes fríos hacia ambientes cálidos.

1.3.2.6. *Termoperiodismo:*

Es la respuesta de las plantas a variaciones rítmicas de la T°C, con base estacional o diaria. Plantas que crecen en ambientes fluctuantes, tienden a crecer menos cuando se las pone en condiciones de constancia para esta variable. La mayoría de las plantas crece mejor, si la temperatura de sus ambientes varía. Por ejemplo, para cultivos de tomates en zonas templadas, se ha demostrado que el balance óptimo entre respiración y fotosíntesis, en términos de optimizar el crecimiento, se produce cuando se los mantiene a temperaturas diarias de 20°C, y nocturnas de 10°C.

Algunas plantas necesitan de variaciones térmicas diurno - nocturnas marcadas para florecer, y otras para que sus semillas germinen. De esta manera, el termoperiodismo es un factor que puede limitar la distribución latitudinal y altitudinal de muchas plantas.

1.3.2.7. *Estaciones de crecimiento:*

Son los períodos en que se satisfacen todas las condiciones ambientales para el crecimiento. La temperatura es crítica en esto, pues determina la duración de la estación de crecimiento, particularmente en las latitudes templadas. La estación de crecimiento se define normalmente en términos de los promedios de la temperatura del aire de un área particular, ya sean éstos diarios o mensuales. Hay tres métodos que se usan para definir las estaciones de crecimiento:

- I. *Temperaturas mínimas:* La estación de crecimiento es aquella con T°C sobre un umbral básico para el crecimiento. El umbral varía entre 0°C y 10°C, y normalmente se usa 6°C, porque es el mínimo necesario para la mayoría de los cultivos templados. En los Estados Unidos de Norteamérica, es normal definir a esta estación como los días libres de congelamiento, es decir, el número de días consecutivos en que las temperaturas están por sobre 0°C.
- II. *Temperaturas acumuladas:* El uso de temperaturas umbrales da una medida de la longitud de la estación de crecimiento, pero no entrega información sobre la cantidad de calor recibida. Esto puede hacerse expresando la Calidad de calor, o la Eficiencia de la estación de crecimiento, mediante las temperaturas acumuladas. Se calculan sumando los promedios diarios de temperatura (grados - día), sobre un mínimo seleccionado de temperatura. Por ejemplo, Aberdeen, en Inglaterra, y Chicago, en U.S.A., presentan ambos un promedio de 7

meses con temperaturas por sobre 6°C, pero en Chicago se contabiliza un promedio anual de 1.095 grados - día, mientras que en Aberdeen esta cifra se eleva a 2.328 grados - día.

III. *Unidades fototermales*: En altas latitudes, las estaciones de crecimiento son más cortas y frías que en las latitudes templadas, pero los días son más largos. Para tomar en cuenta esta situación, es útil incluir las longitudes diarias como uno de los factores que definen la estación de crecimiento. Esto se hace multiplicando los grados - día por el promedio de horas - luz, obteniéndose así la medida de las Unidades Fototermales de la estación.

En todo caso, todos estos métodos no toman en cuenta que:

- a) Diferentes plantas tienen requerimientos diferentes de temperatura, y que
- b) Las T°C actuales del aire son modificadas por el suelo, la topografía y la misma vegetación.

Además, la estación de crecimiento puede ser limitada por otros factores, por ejemplo el agua.

1.3.3. Temperatura y animales:

1.3.3.1. Nomenclatura:

Respecto de la respuesta fisiológica de los animales frente a la temperatura, se reconocen los animales *poiquilotermos* y los *homeotermos*. Los poiquilotermos son todos los invertebrados, los peces, los anfibios y los reptiles. Estos son animales sin, o con muy poca capacidad de regular sus temperaturas corporales respecto de las ambientales, por lo que normalmente aproximan sus T°C internas a las del medio. Ello implica que sus ritmos de actividad diaria y estacional, están determinados y gobernados por la cantidad de calor ambiental imperante. A través de la actividad muscular, básicamente representada por el movimiento, son capaces de ejercer algún limitado grado de control sobre sus temperaturas internas (sobre todo los poiquilotermos vertebrados).

Los homeotermos son las aves y los mamíferos. Desarrollan mecanismos fisiológicos complejos, para la mantención de sus temperaturas corporales internas dentro de ciertos márgenes estables (por ejemplo, 36°C a 38°C en mamíferos). Distintos mecanismos morfológicos y metabólicos son los que permiten esta situación. Entre los principales, están las capas aislantes de plumas, pelos o grasa, y la regulación del volumen y velocidad de la circulación sanguínea periférica. Las pérdidas de calor corporal ocurren normalmente por jadeo, sudoración, o aumento del flujo sanguíneo periférico.

1.3.3.2. Daño a los animales por exceso de calor:

Pareciera haber un límite superior para la vida animal, alrededor de 50°C (con excepciones). Las formas de climas fríos, soportan límites máximos menores que el indicado, como por ejemplo algunas formas de liebres y roedores árticos, que mueren con temperaturas superiores a 10°C.

Por qué la muerte por exceso de calor, no está bien claro. Normalmente ocurre una combinación de efectos. A altas temperaturas coagulan proteínas, por lo que las enzimas (proteínas cuya acción permite que funcione la maquinaria metabólica), se vuelven inactivas. Sin embargo, en los

animales terrestres, la muerte por calor está normalmente asociada al déficit de agua. En los poiquilotermos acuáticos, la muerte por exceso de calor puede estar asociada a la sofocación, porque un aumento de la temperatura del agua implica paralelamente un aumento de la tasa metabólica del animal, con una mayor demanda por oxígeno, y una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua, con lo que esta gas tiende a estar menos disponible para sus requerimientos.

Diferentes mecanismos han sido desarrollados por los animales para combatir los efectos del calor:

- I. Producción de orinas concentradas, para retener agua dentro del cuerpo
- II. Adquisición de hábitos nocturnos, evitando las horas de mayor calor
- III. Adquisición de períodos de descanso en la estación cálida (estivación)

1.3.3.3. *Daño a los animales por exceso de frío:*

Si disminuye la temperatura, disminuye la tasa metabólica, con lo que el animal se vuelve letárgico y lento. Temperaturas bajo 0°C pueden ser toleradas, pero si los tejidos se congelan, se produce daño serio en las células por la formación de cristales intracelulares. Este daño es irreversible, y puede ser fatal. No obstante, muchos animales se adaptan a condiciones extremas de este tipo, mediante la concentración extrema del citoplasma celular, con lo que, aunque se pueda producir congelamiento del agua *entre* las células, el ambiente *dentro* de ellas permanece estable. Esto se ha demostrado en muchos invertebrados, como por ejemplo en larvas de mosquitos de lagunas de Alaska.

Muchos animales se han adaptado a vivir en hábitat con estaciones muy frías. Algunas de estas especies tienen mecanismos muy eficientes para la retención del calor corporal, como pelajes o capas de grasa muy gruesas. Otros evitan el frío hibernando. Hibernación verdadera, implicando un estado de inactividad con tasas de respiración y de latido cardíaco muy por debajo de las normales, y cese de la autorregulación de la temperatura, de manera que el organismo funciona como un poiquilotermino, ocurre sólo en mamíferos pequeños, como ratas y murciélagos. Algunos mamíferos grandes, como los osos, por ejemplo, “hibernan” en la medida que duermen gran parte del invierno, pero sus temperaturas corporales y tasas metabólicas permanecen altas. Por ende, echan mano a las reservas de grasa que pudieron acumular la primavera y verano anteriores, con lo que al despertar nuevamente, necesitan imperiosamente comer para reponer reservas.

1.4.1. Agua y Plantas:

1.4.1.1. *Funciones del agua en las plantas:*

- I. El agua cumple en las plantas una función de *Estructura*. Entre el 40% y el 60% del peso fresco corporal de las plantas leñosas es agua, porcentaje que se eleva al 90% o más, en el caso de las plantas herbáceas. Todas las células, y obviamente las vegetales, contienen una matriz acuosa, que mantiene las sustancias y componentes intracelulares en un estado correcto, para que funcione el metabolismo.
- II. El agua cumple también una función de *Soporte*. Con suficiente agua, las células son rígidas, se dice que tienen *presión de turgencia*. Una disminución en el contenido acuoso implica una disminución en la presión de turgencia, con lo que el material celular se recoge y la célula plasmoliza.
- III. El agua cumple también una función de *Transporte*. El agua transporta materiales (nutrientes) desde las raíces hasta el resto del cuerpo de la planta. Además, reparte por éste los hidratos de carbono y otros materiales elaborados por fotosíntesis, lo que es especialmente importante para la nutrición de las células de los tejidos vegetales no fotosintetizadores del cuerpo de la planta.
- IV. Finalmente, el agua cumple también una función de *Enfriamiento*. La pérdida de agua por evaporación, es el mecanismo principal de enfriamiento de las plantas, sobre todo frente a condiciones proclives al sobrecalentamiento.

1.4.1.2. *¿Cómo entra el agua a las plantas?*

En la mayoría de las plantas terrestres, entra por las raíces. Los mohos y líquenes pueden absorber la humedad directamente desde el aire. En las plantas con raíces, éstas pueden absorber el agua mediante dos mecanismos:

- I. *Osmosis*, a través de las membranas celulares de los pelos radicales. Este es un proceso pasivo, y responsable de la mayoría del agua absorbida.
- II. *Toma activa* contra un gradiente osmótico, proceso aún no muy bien comprendido, que necesariamente requiere de energía.

La tasa de incorporación de agua por parte de la planta depende de varios factores, como la tasa a la que la planta pierde agua por evaporación, la acidez del suelo, y las temperaturas (las membranas celulares son menos permeables cuando están frías).

1.4.1.3. *El movimiento del agua en la planta:*

En los helechos y las plantas con semillas, el agua se mueve por el cuerpo de la planta, mediante un sistema de vasos conductores llamado “*Xilema*”. El agua sube en ellos por **capilaridad** (aquel fenómeno por el cual se elevan líquidos en tubos muy delgados, contra la gravedad, por acción de la tensión superficial del líquido), pero principalmente por *diferencias de presión de vapor* entre el follaje y las raíces. Ambos efectos producen un flujo constante de agua en la planta. Las plantas simples, sin sistema de vasos conductores, transportan internamente el agua por osmosis.

1.4.1.4. *¿ Cómo sale el agua de la planta ?*

La mayor parte del agua incorporada se pierde por evaporación. Sólo alrededor del 2% del agua que entró por las raíces, se retiene para construir material vegetal mediante el metabolismo. Dos son los mecanismos principales que tiene el agua para abandonar la planta:

- I. *Transpiración*. Es el modo más importante de pérdida de agua. El agua se evapora desde las células hacia los espacios intercelulares, y de ahí a la atmósfera, a través de los *Estomas* ubicados normalmente en las hojas, usualmente abiertos de día y cerrados de noche. La función principal de estas estructuras, es permitir el intercambio de gases entre la planta y la atmósfera.
- II. *Gutación*. En áreas húmedas, las pérdidas por evaporación son muy pequeñas como para que entre nuevamente agua por las raíces. Las plantas de estos ambientes tienen normalmente poros en el extremo de los vasos del xilema de las hojas. Mediante estos poros, llamados *Hidratodes*, gotea el agua directamente desde las hojas hacia afuera.

1.4.1.5. *Tasas de pérdida de agua:*

Diferentes factores, tanto ambientales como inherentes a la planta, influyen sobre la velocidad o ritmo de pérdida de agua desde las plantas:

- I. *Condiciones ambientales*: La temperatura, la humedad relativa y el viento, son los factores ambientales que principalmente afectan las tasas de pérdida de agua desde las plantas.
- II. *El tamaño de las hojas*: En áreas húmedas las hojas tienden a ser grandes, para facilitar la transpiración. Lo contrario sucede en áreas áridas, como antes se mencionó.
- III. *El número y el tamaño de los estomas*: Estas estructuras varían considerablemente entre las especies vegetales. En general, la transpiración es más eficiente con muchos estomas pequeños, que con pocos grandes. Las plantas Dicotiledóneas tienen sus estomas distribuidos mayormente en el anverso de las hojas, las que tienden a ser grandes. Las Monocotiledóneas tienen sus estomas repartidos por igual a ambos lados de sus hojas finas y largas. Las plantas adaptadas a climas áridos tienen pocos estomas, y en algunas de ellas, se abren sólo de noche, para evitar pérdidas de humedad durante el calor del día.

1.4.1.6. *El balance de la precipitación:*

Es el balance entre precipitación y evaporación, con lo que se clasifican los climas entre húmedos y áridos. Es difícil estimar la evaporación real en un área, por carencia normal de registros, a partir de los cuales se la pueda calcular. Por ello, se elige la razón entre la precipitación y la temperatura, como expresión del grado de aridez de una localidad. Esta aproximación es limitada, porque asume que la evaporación es sólo función de la temperatura, lo que no es completamente efectivo.

1.4.1.6.1. *La evapotranspiración:*

Es la pérdida de agua por evaporación, desde las superficies de un ambiente (= ecosistema, vea más adelante el capítulo correspondiente, para la definición de este término), más aquella que es transpirada por la vegetación. Cuatro variables controlan la tasa de evapotranspiración:

- a) *El suplemento de energía:* La energía requerida para la evaporación, deriva principalmente de la del sol, y es el factor último que determina las pérdidas de agua desde un ambiente. La reflexión total de luz desde las superficies vegetales, o *albedo*, influye sobre la cantidad de energía solar que se absorbe. Los bosques de pinos, con superficies más bien oscuras, pueden absorber hasta un 12% más energía que las praderas, que son más reflectantes.
- b) *El movimiento del aire:* El viento remueve vapor de agua, y previene que la atmósfera se sature de él. Esta remoción, permite que ocurra más evaporación.
- c) *El tipo de vegetación:* Las partes aéreas de las plantas, en sistemas estratificados en altura, interceptan cierta cantidad de agua, antes que pueda llegar al suelo y ser utilizada por las raíces. Esta agua interceptada se evapora y vuelve a la atmósfera. La extensión y tipo de sistemas radicales, influye sobre la cantidad de agua que puede ser incorporada en el cuerpo vegetal.
- d) *La cantidad de agua en la zona de las raíces:* La tasa de incorporación de agua por las plantas, y de ahí la tasa de pérdida por transpiración, depende parcialmente de la disponibilidad real de agua para las raíces, en la zona en que éstas se encuentran.

1.4.1.6.2. *El índice de evapotranspiración potencial:*

En 1948, el climatólogo C.W. Thornthwaite acuñó el concepto de *evapotranspiración potencial* (EP), en un intento de solucionar ciertos problemas involucrados con el cálculo del balance de la precipitación. Él definió a la EP, como “*la cantidad total de humedad que sería evaporada desde el suelo, y transpirada por la vegetación de un área, si existiera suficiente humedad para cumplir con todas las demandas de ella*”. Similarmente, definió “sequía”, como una condición que se alcanza, cuando la cantidad de agua que se necesita para la EP excede la que está disponible desde el suelo.

Este autor definió fórmulas matemáticas para calcular los valores de EP, desde datos conocidos de luz y de temperatura. La relación entre la precipitación, y el índice de EP calculado, puede expresarse como superávit, o déficit de agua en el suelo.

1.4.1.7. *Adaptaciones de las plantas a los extremos:*

De acuerdo a la humedad del suelo, el botánico inglés E. Warming propuso, a comienzos del siglo 20, una clasificación para las plantas en base a su tolerancia al agua, que aún hoy está en uso:

- I. *Plantas Halófitas*: Especializadas a vivir en ambientes salobres.
- II. *Plantas Hidrófitas*: Pueden crecer en el agua y en ambientes permanentemente anegados.
- III. *Plantas Xerófitas*: Adaptadas a condiciones áridas.
- IV. *Plantas Mesófitas*: No especializadas, toleran condiciones intermedias entre extremos.

1.4.2.- Agua y Animales:

1.4.2.1. *La importancia del agua:*

Un gran porcentaje del cuerpo animal es agua (las cifras varían entre 60% y 99%). Esta es un *elemento estructural* (esqueleto hidrostático), en los animales blandos como medusas y gusanos, un *elemento de circulación* en todos los animales, y un *elemento de enfriamiento* en los homeotermos. La tolerancia animal a las condiciones acuáticas y de humedad es amplia. La influencia ejercida por este factor, estará unida a la de la temperatura del ambiente, y por regla general, las condiciones se pueden hacer limitantes, más que nada en casos de déficit.

1.4.2.2. *Daño causado por déficit de agua:*

Los efectos del déficit de agua, operan en conjunto con los del daño por calor. Al deshidratarse un animal, se densifican los fluidos corporales. El bombeo de sangre más densa violenta el trabajo del(los) corazón(es). Los productos de desecho no se diluyen en forma conveniente, y tienden a acumularse en el cuerpo. El metabolismo general disminuye, a medida que hay sustancias que se inactivan. En los homeotermos, colapsan los sistemas de regulación de la temperatura. Al no poderse liberar calor mediante evaporación, aumenta la temperatura corporal, y puede llegarse a condiciones de coagulación de proteínas.

Las adaptaciones morfológicas, fisiológicas y etológicas para evitar los efectos negativos de variaciones en el factor agua, están íntimamente relacionadas con aquellas adoptadas para evitar el daño por exceso de calor.

EL FACTOR VIENTO

TÓPICO 1.5

En este caso, se deben considerar tanto los efectos directos (principalmente acción abrasiva), y los efectos indirectos (control de la temperatura y del suplemento de agua). Por tanto, en el caso de los vegetales, por ejemplo, éste no es un factor que afecta sólo a individuos, sino también a la composición de especies y a la función de comunidades enteras.

1.5.1. Efectos directos:

Corresponden fundamentalmente a daño físico, sobre todo en las superficies expuestas. En las latitudes tropicales, además está mencionar el efecto dramático de los huracanes. En las latitudes templadas se pueden reconocer, entre otros, los siguientes efectos principales:

- I. *Acumulación de hielo sobre las hojas*, por combinación de viento y lluvia congelada, lo que puede eventualmente causar el colapso fisiológico de plantas.
- II. *Limitaciones al crecimiento*, sobre todo en zonas costeras, por la combinación entre el viento y el “spray” marino producto del reventar de las olas, ya que las plantas generalmente no pueden soportar condiciones de alta salinidad.

1.5.2. Efectos indirectos:

El viento fomenta la evaporación. En este sentido, condiciones ventosas pueden “estresar” las plantas, aún cuando existan condiciones húmedas suficientes en el suelo. Esto puede tener efectos sobre el crecimiento en altura, ya que la planta entra a gastar mucha energía, en reponer por transporte lo que se está perdiendo por evaporación. Lo mencionado redundaría en la existencia de formas enanas, como lo que se observa normalmente en los ambientes de tundra.

El aumento de la tasa de transpiración por efecto del viento, es mayor en el lado o superficie expuesta de la planta. Ello, unido al efecto físico antes mencionado, da a la vegetación de zonas tradicionalmente ventosas, la forma característica “recortada por el viento”.

EL FACTOR TOPOGRAFÍA

TÓPICO 1.6

Es sabido que la vegetación varía con el aumento de altura hacia las montañas. El relieve de la superficie modifica todos los factores ambientales climáticos. Los efectos fundamentales de la variación en altura, son potenciados por variaciones locales del aspecto y la inclinación de la pendiente, produciéndose un mosaico de ambientes, relacionados estrechamente a la forma del terreno.

1.6.1.- Efectos mayores de la altura:

A mayor altura, mayores son las variaciones diarias de la temperatura y de la humedad, con respecto al nivel del mar. La temperatura desciende, en promedio, 0,65°C por cada aumento en 100 m de altitud. Un aumento de la altura se asocia a un aumento a la exposición, y a mayores velocidades del viento. Ambos, junto a la temperatura, influyen sobre la humedad. Además, el relieve induce lluvia orográfica (elevación de vientos por efecto de la topografía, enfriamiento de dichas masas de aire, condensación del agua y precipitación). Ello que implica que, en dirección hacia los ambientes de altura, se recibe normalmente más lluvia que en el suelo plano. Estas modificaciones mayores de los factores climáticos, producen una zonación en altura de los ambientes. Además, la altura modifica la calidad de la luz incidente. Se recibe, proporcionalmente, mayor cantidad de radiación UV, que retarda el crecimiento vegetal. Todas estas modificaciones climáticas actúan como una barrera mayor para la migración y dispersión de especies animales y vegetales.

1.6.2. Aspecto:

La orientación de la pendiente influye en la cantidad de energía solar que se recibe. Particularmente importante es este efecto en latitudes medias y altas. Las pendientes que miran al sol recibirán más calor y soportarán más biomasa, que aquellas con mayor cantidad de sombra, o en sombra perpetua. Ellas soportarán también una flora más diversa. En gran escala, las variaciones de la pendiente modifican la zonación altitudinal de los tipos de vegetación antes referida, llegando éstos a mayor altura, en las zonas orientadas al sol.

1.6.3. Ángulo de inclinación:

Éste afecta el drenaje y la estabilidad de la superficie. Pendientes agudas soportan comunidades más tolerantes a condiciones secas. En regiones de montaña, las pendientes agudas están asociadas a inestabilidad de sedimentos, manteniéndose así el sistema constantemente en estados de alta variación o inmadurez, o lo que se conoce como estados tempranos de sucesión (para concepto de sucesión, ver capítulo sobre Comunidades).

LOS FACTORES EDÁFICOS

TÓPICO 1.7

Son los controles ambientales dependientes del suelo. El *Suelo* es la capa superior meteorizada de la superficie terrestre, afecta a disturbación por plantas y animales. El suelo y los organismos están sujetos al clima y la topografía. Es extremadamente difícil aislar la influencia de factores edáficos individuales, por estar muy entremezclados con otros aspectos del ambiente. Muchos autores piensan que el suelo ejerce su mayor efecto, cuando otros factores ambientales son extremos, por ejemplo en climas muy cálidos, áreas muy secas, o pendientes muy inclinadas.

El suelo forma una parte compleja del ecosistema, y es habitado por un rango amplio de organismos. Al estudio del suelo se le conoce como Edafología, o Pedología.

1.7.1. Suelo como medio para el crecimiento de las plantas:

Para el caso de las plantas, el suelo es un medio para:

- I. *Anclaje de las raíces* (y con ello resistir a las presiones del viento).
- II. *Suplemento de agua* (debe proveer cantidades adecuadas y no excesivas).
- III. *Suplemento de nutrientes* (orgánicos e inorgánicos, por meteorización y descomposición).
- IV. *Suplemento de aire* (para respiración de las raíces y de los organismos descomponedores).

Variaciones en esos requerimientos del suelo, conducen a restricciones en el funcionamiento y distribución de los organismos, y por ende influyen sobre la estructura del ecosistema.

Los factores edáficos esenciales para el crecimiento de las plantas dependen de las características o propiedades físicas y químicas de los suelos.

1.7.2. Propiedades físicas de los suelos:

El suelo se compone por materiales biógenos (de los organismos) y terrígenos (de la descomposición (meteorización) de rocas), es decir, por materiales orgánicos e inorgánicos. Los inorgánicos forman cerca de 2/3 del volumen de un suelo, determinando sus características físicas:

- I. *Tamaño de partículas*: La cantidad y el tamaño de las partículas que conforman un suelo, dependen del tipo de roca que las produce, y de la intensidad de la meteorización a que estas rocas han estado sujetas. Las partículas son agrupadas normalmente en clases de tamaño o fracciones, para lo cual existen una amplia gama de tipos de clasificaciones en la literatura. Independiente del tipo de clasificación que se analice, todas ellas incluyen como última fracción (la de tamaño más pequeño), a las partículas de arcilla, con diámetros individuales menores que 0,002 mm.

- II. *La fracción arcillosa*: Las partículas de arcilla son importantes, porque pueden retener agua y nutrientes en el suelo. Algunos minerales de arcilla pueden absorber, en agua, hasta 3 veces su volumen, hinchándose cuando húmedos y contrayéndose cuando secos. Además, la arcilla se combina con el Humus del suelo (capa superior orgánica de un suelo, formada por la descomposición de material biológico), dando origen a Humus Arcilloso, que es un complejo coloidal altamente estable, difícilmente lavable desde el suelo. Por todo ello, la fracción arcillosa es la más importante de las fracciones de un suelo, y es la que ejerce un control mayor sobre su fertilidad.
- III. *Textura del suelo*: La textura de un suelo está determinada por las proporciones en que están presentes las varias fracciones de partículas que lo componen. La penetración de las raíces, la aireación, el drenaje, el suplemento de nutrientes y la temperatura de un suelo, están todos en función de su textura.
- IV. *Porosidad del suelo*: Los poros de un suelo son los espacios entre las partículas. Su tamaño y número son también una función de la textura. Por ejemplo, la arena de grano grueso posee poros grandes, aunque el total de ellos hacen sólo un 40% del volumen total del suelo. Las arcillas tienen poros diminutos, pero su volumen total equivale al 60% del volumen del suelo.
- V. *Atmósfera del suelo*: Es el aire retenido en los poros, que normalmente contiene más CO₂ que el aire atmosférico, porque la respiración de los organismos del suelo no es compensada por fotosíntesis. El intercambio de gases entre un suelo y la atmósfera, depende del tamaño de los poros. Suelos con macroporos (arenas), son mejor aireados que suelos con microporos (fangos, arcillas).

1.7.3. Propiedades químicas de los suelos:

- I. *Acidez y alcalinidad (pH)*: El rango general de pH de los suelos varía normalmente entre 3,5 y 8,5. El pH neutro indica las condiciones más favorables para el crecimiento vegetal. Hay plantas *especializadas* para vivir en *suelos alcalinos*, como por ejemplo los suelos calcáreos. A ellas se les llama *plantas calcícolas*. Otras están especializadas para la vida en *suelos ácidos*, llamándose las *plantas calcífugas*. Muchos factores interrelacionados influyen sobre el pH del suelo: el *Clima*, por su efecto sobre la descomposición y el lavado, el *Tipo de Roca* de la cual deriva el suelo, por su efecto sobre la composición química de las partículas que lo forman, y la *Vegetación*, por su influencia sobre la tasa de ciclaje de nutrientes, y sobre la naturaleza química del Humus.
- II. *El Humus*: El tipo de humus es un producto del clima y del tipo de vegetación. Plantas muy “consumidoras” de nutrientes, producen desechos orgánicos ricos en minerales. Suelos bien aireados favorecen la descomposición, resultando en un humus suave, desmenuzado y fermentado, que sustenta una fauna prolífica y diversa en el suelo. La vegetación que absorbe pocos nutrientes, produce un material orgánico deficiente en minerales, que contiene pocos iones Calcio (Ca⁺⁺) que balanceen los ácidos orgánicos producidos por la descomposición. Esta procede entonces con lentitud, formándose un humus ácido. En suelos extremadamente ácidos, se acumula materia orgánica para formar alquitrán y, dado el suficiente tiempo

geológico y mantención de este tipo de condiciones, combustibles fósiles. Los suelos con humus ácido son pobres en fauna, y son infértiles.

III. *Sales minerales inorgánicas*: Las sales minerales están a la forma de iones en la solución del suelo. Dondequiera que el humus esté cargado negativamente, atraerá y retendrá cationes como Ca^{++} , Na^+ y Mg^{++} . Esta unión no es muy fuerte, de manera que estos cationes pueden ser: liberados para su uso en el crecimiento vegetal, o intercambiados por otros, en un proceso llamado intercambio de bases. Algunas bases son liberadas más fácilmente que otras. Los iones como K^+ y Na^+ , son liberados más fácilmente que el H^+ . De ahí que los suelos se vuelven más ácidos, a menos que las bases sean reabastecidas. El pH del suelo afecta a la absorción potencial de nutrientes minerales por parte de las plantas. En los suelos de pH alcalino, el Cu, el Zn y el Fe se hacen insolubles, no pudiendo ser absorbidos por lo vegetales. A pH ácido, el Fe y el Al son altamente solubles, pudiendo incluso alcanzar concentraciones tóxicas. También a pH ácido, el Fósforo (P) se combina con Fe o con Al, formando compuestos insolubles. Por tanto, dependiendo de la alcalinidad o acidez, de las características de las sales minerales presentes, y de la presencia de otros elementos que puedan actuar como complejantes, habrán facilidades o limitaciones para la absorción de estas sales por parte de las plantas.

IV. *Sales de Sodio (Na)*: Éstas son importantes, sobre todo por el efecto salinizador del suelo, producto de la combinación de Na^+ con Cl^- , formando Cloruro de Sodio (NaCl). Se acumulan altas concentraciones de NaCl en los suelos bajo tres condiciones: (A) Pantanos costeros bajo influencia del mar, y complejos de dunas costeras, bajo la misma influencia; (B) Áreas interiores de alto drenaje, donde es fácil que la solución del suelo se concentre; y (C) Áreas desérticas, donde las precipitaciones son insuficientes para lavar las sales solubles de Na^+ , lo que explica el por qué de la situación salina de superficie, en la mayoría de las áreas desérticas del mundo.

1.7.4. Agua del suelo:

El agua existe en el suelo, básicamente bajo tres formas:

I. *Agua higroscópica*: Son delgados films de moléculas de agua, adheridos a las partículas por procesos de tensión superficial. Es la también llamada “agua de adsorción”, y es generalmente inobtenible para las plantas.

II. *Agua capilar*: Cuando los procesos de tensión superficial que forman el agua higroscópica continúan operando, se atraen más y más moléculas de agua en torno a las partículas del suelo, formándose capas cada vez más gruesas, llamadas ahora de agua capilar. Esta agua capilar empieza a ser capaz de moverse lentamente desde áreas húmedas hacia áreas más secas del mismo suelo. A este movimiento se le conoce con el nombre de capilaridad. La cantidad de agua higroscópica y de agua capilar de un suelo, depende de su textura. Suelos con fracciones finas tienen mayor poder de retención, que aquellos conformados por fracciones gruesas. Por ejemplo, el movimiento por capilaridad es de mayor importancia en arcillas que en arenas. El agua capilar es el principal recurso hídrico de un suelo para las plantas.

III. *Agua gravitacional*: Al suelo que contenga la máxima cantidad de agua que pueda retener por tensión superficial y cohesión de las partículas, se le señala como que *está a capacidad de campo*. Cualquier agua en exceso sobre esta cantidad, drenará hacia abajo por gravedad. La velocidad de esta precipitación acuosa variará con la talla y con el número de los macroporos en el suelo. Por ejemplo, las arenas son mejor drenadas que las arcillas. Si el agua gravitacional encuentra un estrato impermeable y no puede drenar, ocupará los espacios aéreos y el suelo se inundará. Un efecto importante, es que el agua gravitacional remueve nutrientes, porque es el mecanismo principal mediante el cual los suelos se lavan.

1.7.5. Clasificación del suelo.

Existe una enorme cantidad de literatura referente a las clasificaciones de suelos, que no es el caso referirlas aquí en detalle, tanto porque excede los objetivos de este curso, al tratarse de uno de Ecología y no de uno de Edafología, como por el hecho que este tema está sujeto hoy a una profunda revisión.

No obstante, todas las clasificaciones del suelo se basan en el hecho que todos ellos muestran algún grado de estratificación, en los así llamados *horizontes*. Es normal que, en una sección vertical de suelo, se diferencien claramente por lo menos tres de ellos: Un horizonte **A**, sujeto de meteorización de superficie, y que contiene porcentajes relativamente altos de materia orgánica (en relación a los otros); Un horizonte **C**, el más inferior, que corresponde a la roca madre que se meteoriza para originar el suelo; y un horizonte **B**, que comparte características con los otros dos. Afinamientos de esta clasificación, reconocen un horizonte **O** (orgánico), justo en la superficie, por encima de la capa A, y un horizonte **E** (eluviado), justo por debajo de la capa A. Diferentes suelos poseen desarrollos contrastantes de estos horizontes (y de algunos más que se pueden reconocer, sobre todo en áreas con mucha alteración vegetal), característica que se usa para proponer las diferentes clasificaciones de tipos de suelo que existen.

En un sentido general, se puede decir que hay dos aproximaciones básicas para clasificar suelos:

- a) *El sistema zonal*: Los suelos se clasifican sobre la base de lo que se presume son sus orígenes, de acuerdo a las regiones climáticas, es decir, a cada región climática le correspondería un tipo de suelo característico. Los *suelos zonales* tienen perfiles bien desarrollados, y reflejan la influencia del clima en su formación. Factores locales pueden causar desviaciones en pequeña escala, desde el tipo zonal. Esas desviaciones, cuando están bien desarrolladas, se denominan *suelos intrazonales*. Suelos pobremente desarrollados o inmaduros, se denominan *suelos azonales*. Aunque el sistema zonal es simple, y útil para describir suelos sobre una base global, tiene algunas desventajas. Un tipo de suelo zonal, puede ser encontrado en más de un tipo de clima. Además, un perfil de suelo puede que no sea una función del clima actual, porque en algunos casos, los suelos poseen características que han heredado de regímenes climáticos anteriores en su área. Finalmente, los suelos azonales pueden ser el resultado de factores locales que están inhibiéndolos, los que deberían ser tomados en cuenta en la clasificación.

b) *Sistemas basados en las propiedades del suelo*: Se han desarrollado muchos sistemas para clasificar suelos en base a algunas de sus propiedades, antes que en base a sus orígenes presuntos. Por ejemplo, el Departamento de Agricultura de U.S.A. ha desarrollado uno de tales esquemas, el cual que se muestra, a modo de ejemplo, en la tabla que se entrega más adelante. Una de las dificultades de este sistema, es que algunas de las características utilizadas para clasificar, sólo pueden ser reveladas con cuidadosos estudios de laboratorio. Sin embargo, el esquema tiene una aceptación bastante amplia, porque es una realidad, que los órdenes primarios de suelos, no están asociados con ambientes climáticos o geográficos particulares. Otro ejemplo ha sido propuesto por el pedólogo británico B.W. Avery, en 1956. Su sistema enfatiza el estado general de la humedad en el perfil del suelo, y considera al tipo de humus presente. Ha sido útil para la agricultura de Gran Bretaña, pero es de uso limitado para consideraciones más generales.

Como ejemplos de suelos según el sistema zonal, se pueden mencionar:

- I. *Los Podsoles*: Suelos que se desarrollan bajo muchos bosques de coníferas, de latitudes medias y altas, y también en brezales (áreas abiertas de matorrales achaparrados tipo brezos), de regiones donde la precipitación anual excede la evapotranspiración. Son más frecuentes en los climas fríos de las áreas de Taiga (vea sección “Biomás”, capítulo sobre Ecosistemas). El movimiento vertical predominante del agua por gravitación, lava permanentemente los nutrientes solubles, desde los horizontes superficiales. El horizonte A se caracteriza por ser infertil y ácido, incluso puede blanquearse, si el lavado es severo. Los nutrientes pueden ser redepositados en el horizonte B, a veces formando una capa rica en hierro, que incluso puede impedir el drenaje y la penetración de raíces. Las influencias climáticas tienen escaso efecto sobre el horizonte C, el que paulatinamente deviene en la capa rocosa madre.
- II. *Los Chernozems (o Chernozems)*: Este tipo de suelos, se desarrolla bajo condiciones de estepa o de pradera, en áreas donde la evapotranspiración excede la precipitación. Hay un movimiento anual neto ascendente de nutrientes en la solución del suelo, por capilaridad. El horizonte A es profundo y negro, debido a la presencia de un humus neutro, y una matriz base rica en minerales. La potencia (grosor de un estrato), del horizonte B, aparece reducida en comparación con la del horizonte A. Corresponden a tipos de suelos extremadamente fértiles, que derivan a menudo en la formación de una clase característica de sedimentos llamada “löss” (o “loess”), que son depósitos de substratos finos, barrosos, que ocurren por arrastre mediante el viento.

La tabla siguiente, es un resumen de la clasificación del suelo según sus propiedades, elaborada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA).

| ORDEN DE SUELOS | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|--|
| 1. Entisols | Suelos minerales embrionarios |
| 2. Vertisols | Suelos arcillosos disturbados e invertidos |
| 3. Inceptisols | Suelos jóvenes, con débil formación de horizontes |
| 4. Aridisols | Suelos salinos y alcalinos de desiertos |
| 5. Mollisols | Suelos suaves, con una rica capa orgánica superficial |
| 6. Spodosols | Suelos lavados y ácidos, con un horizonte B de cenizas |
| 7. Alfisols | Suelos lavados básicos, o ligeramente ácidos, con un horizonte B enriquecido en arcilla. |
| 8. Ultisols | Suelos profundamente meteorizados, lavados y ácidos |
| 9. Oxisols | Suelos muy profundamente meteorizados, altamente lavados |
| 10. Histosols | Suelos orgánicos |

RESUMEN

- ♦ *La Ecología es una ciencia integradora, que estudia las relaciones de los organismos entre sí, y entre éstos y su medio ambiente circundante.*
- ♦ *El estudio de la ecología se basa fundamentalmente en dos pilares, el análisis de los factores o variables ambientales, y el análisis de las relaciones entre los organismos.*
- ♦ *La ecología nace como ciencia a fines del siglo 19, gracias al reconocimiento de problemas a nivel poblacional y comunitario. Sus orígenes se enraízan en la Historia Natural, en la Demografía Humana, en la Biometría, y en los problemas aplicados de la Agricultura y de la Medicina.*
- ♦ *Hay básicamente tres aproximaciones al estudio ecológico: Descriptiva, Funcional y Evolutiva.*
- ♦ *La ecología tiene que ver, básicamente, con los niveles de integración individual, poblacional, comunitario y ecosistémico.*
- ♦ *La ecología es una ciencia básicamente relacional, por lo que su comprensión cabal, exige consideraciones que yacen en el marco de otras ciencias, por ejemplo la Fisiología, la Etología, la Meteorología, la Geología, etc.*
- ♦ *Los factores ambientales son los componentes del medio ambiente físico - químico, que ejercen alguna influencia sobre algún estadio de desarrollo de los organismos, reconociéndose tres grupos principales: factores climáticos, factores edáficos y factores topográficos.*
- ♦ *Los factores ambientales no ejercen su influencia solos, sino que en interacción de varios. Será limitante para algún aspecto de la biología de los organismos, aquél factor indispensable, de presencia cuantitativamente menor.*

- ◆ *Cada especie es tolerante a un rango de valores de cada factor, dentro del cual existirá una expresión del factor, que sea óptima para la biología de la especie. La tolerancia variará según el estado del ciclo de vida. Las tolerancias de los estados reproductivos de las especies, son normalmente menores que las de los estados adultos. Dicho rango tolerancia, permite clasificar a las especies en “Steno...” o Eurí...”, dependiendo si soportan un espectro estrecho o amplio de valores del factor correspondiente.*
- ◆ *El estudio sobre límites y tolerancias no tiene mayor significado en sí mismo, si no es en el contexto de cómo la evolución orgánica ha posibilitado la existencia de dichas respuestas.*
- ◆ *El factor ambiental “Luz”, es importante desde el punto de vista de su calidad, intensidad y duración. En su calidad, porque sólo determinados rangos del espectro electromagnético del sol son útiles para la generación de materia orgánica por fotosíntesis; en su intensidad, porque valores muy bajos inhiben dicho proceso y favorecen el de la respiración, y valores muy altos provocan fotooxidación de la molécula de clorofila; en su duración, porque determina la longitud temporal de los ciclos de producción, y una gran cantidad de respuestas adaptativas en la biología de los organismos.*
- ◆ *El factor ambiental “Temperatura” determina que existan organismos con metabolismos que funcionan en directa dependencia de ella (poiquilótermos), y otros donde el metabolismo se ha independizado de esta influencia (homeótermos).*
- ◆ *Los efectos del factor temperatura, se deben principalmente a la interacción de dicho factor con la luz y con la humedad.*

- ◆ El factor “Agua” es muy importante al determinar las condiciones para que el metabolismo funcione (un gran porcentaje del protoplasma celular es agua). Por tanto, cumple un rol fundamental en la estructura de los organismos. Cumple también roles esenciales en el soporte corporal, en el transporte de sustancias y en el enfriamiento corporal.
- ◆ El agua está disponible para las plantas por absorción radical y, en menor proporción, por difusión de vapor de agua a través de las estructuras verdes. Los animales la ingieren directamente, o a través del contenido acuoso de sus alimentos.
- ◆ La efectividad de la precipitación (agua disponible para los organismos, en términos del balance entre precipitación, evaporación y transpiración), se mide normalmente mediante una expresión llamada “evapotranspiración”, que depende de la energía disponible, del movimiento de aire, del tipo de vegetación dominante, y de la cantidad de agua disponible como suplemento para las raíces.
- ◆ El factor “Viento”, opera fundamentalmente a través de efectos directos sobre los organismos (acción abrasiva), y de efectos indirectos (relación con la temperatura y con la evaporación, por tanto con el suplemento de agua).
- ◆ El factor “Topografía o relieve”, modifica la expresión de todos los factores ambientales climáticos, produciendo un mosaico de ambientes, relacionados estrechamente a la forma del terreno.
- ◆ Los “Factores edáficos” están directamente sujetos al clima y a la topografía, determinan la existencia de una amplia variedad de organismos, las plantas en primer orden, pero también la rica fauna detritívora y remineralizadora.