
PRINCIPIOS GENERALES DE LA ACCIÓN DEL AMBIENTE SOBRE LOS ORGANISMOS Y LAS POBLACIONES

La sistematización de observaciones y de resultados experimentales permitieron formular una serie de regularidades o generalizaciones respecto a las características que presentan la acción de los diversos factores ambientales sobre los organismos y procesos biológicos. Su conocimiento y aplicación en ecología y en las ciencias agrarias, facilitan la comprensión de los fenómenos, hacen posible el diseño de estrategias de intervención agronómica y la toma de decisiones más eficaz y eficiente. Debemos tener presente que los organismos no permanecen pasivos a la acción de los factores ambientales. Simultáneamente se desencadenan respuestas y procesos adaptativos a los diferentes niveles de organización biológica.

1 FACTORES DEL AMBIENTE

Los factores ambientales son los agentes, componentes o elementos del medio que actúan sobre los seres vivos. Estos se caracterizan por su heterogeneidad espacial y variabilidad temporal. Se reserva la denominación de factor ecológico a aquellos factores que actúan directamente sobre los organismos. Por ejemplo, la luz, en contraposición a la pendiente del terreno, cuyo efecto es indirecto.

Existen múltiples clasificaciones. Siempre se distingue entre factores bióticos y abióticos. Los primeros corresponden a los demás organismos y sus interacciones¹. Los factores abióticos en el medio terrestre se pueden clasificar en: a) climáticos (ej. precipitaciones, viento, humedad relativa, luz), b) topográficos (ej. altitud, forma del relieve, exposición), y c) edáficos (ej. textura, temperatura del suelo, contenido de agua, pH, contenido de fósforo, profundidad del horizonte A). Alternativamente podemos clasificar los factores abióticos en: a) energéticos (luz, temperatura), b) hídricos, y c) químicos.

2 LEYES EN ECOLOGÍA

El descubrimiento de leyes de la naturaleza constituye un proceso complejo de tipo inductivo basado en la observación y la experimentación. La búsqueda analítica de las relaciones causa–efecto en circunstancias particulares, permite elaborar hipótesis, explicaciones del fenómeno. Luego, la repetición del fenómeno, bajo condiciones en las cuales se eliminan causas accesorias que no demuestran conexión con el efecto, permite transformar la hipótesis en una etapa más avanzada y probable de explicación, en tesis o teoría. La teoría debidamente demostrada y capaz de servir de explicación en todos los casos en que se aplique, se transforma en principio y luego en ley.

Las leyes que regulan el funcionamiento de la naturaleza, a pesar de haber sido estudiadas intensamente, no son de certeza absoluta, pues basan su aplicabilidad en la teoría de las probabilidades. Su origen inductivo, que va de lo particular a lo general, no les permite tener el valor de leyes matemáticas y/o filosóficas que son de aplicabilidad universal y no se basan en la teoría de las probabilidades. No obstante ello, el uso de las leyes o principios generales permiten aproximarse y predecir respuestas de los fenómenos en condiciones similares a las que fueron formulados.

3 PRINCIPIO HOLOCENÓTICO O DE UNIDAD AMBIENTAL

Este principio establece que cada uno de los factores en el ecosistema tienen un efecto individual, pero que el efecto simultáneo de todos ellos es diferente a la suma de los efectos de cada uno actuando por separado. Es una forma alternativa de expresar y reafirmar la naturaleza sistémica de la realidad. Los organismos se desarrollan en una unidad o matriz espacio-temporal inseparable, que además es dinámica y compleja. Para todo fenómeno existe seguramente una multiplicidad de causas y cada factor ejerce múltiples efectos.

Si el efecto combinado de dos o más factores considerados es superior a la sumatoria de cada uno de sus efectos tomados aisladamente, se habla de una interacción positiva o de sinergia entre factores. Por el contrario, se señala una interacción como negativa o antagonista, cuando el efecto conjunto es menor al efecto de cada factor tomado en forma independiente. La relación se designa como neutral (no interacción) si no se registran diferencias entre la acción individual o combinada de factores.

4 LEY DE TOLERANCIA

Este principio enunciado por Shelford en 1913 establece que la presencia de un organismo depende de un conjunto de condiciones. Es decir, un organismo se lo encuentra sólo dentro de los límites ambientales donde está capacitado para vivir. Ampliada a nivel de especie, la ley de tolerancia indica que una especie se encuentra confinada en su distribución ecológica y geográfica por los extremos de la diversidad ambiental que puede soportar. La presencia de una especie en un ambiente indica que la tolerancia individual y poblacional le permiten adaptarse al mismo. La habilidad de un ser vivo de subsistir en determinado ambiente depende de las condiciones dadas del sitio, así como de las características propias del organismo (genotipo, edad y condición del individuo).

Para un factor variable, los límites de tolerancia de un organismo, o en general de cualquier proceso biológico, corresponden a los valores o niveles mínimo y máximo de dicho factor, por debajo o por encima de los cuales el individuo no sobrevive, o bien el factor ya no ejerce efecto sobre el proceso considerado. Entre estos límites (= rango de tolerancia) la respuesta no es uniforme. La curva de respuesta dentro del rango de tolerancia puede adoptar la forma de campana o parabólica con un máximo que corresponde al valor óptimo del factor (figura 1). En la realidad se observan respuestas frecuentemente asimétricas y multimodales, con varios máximos (figura 2).

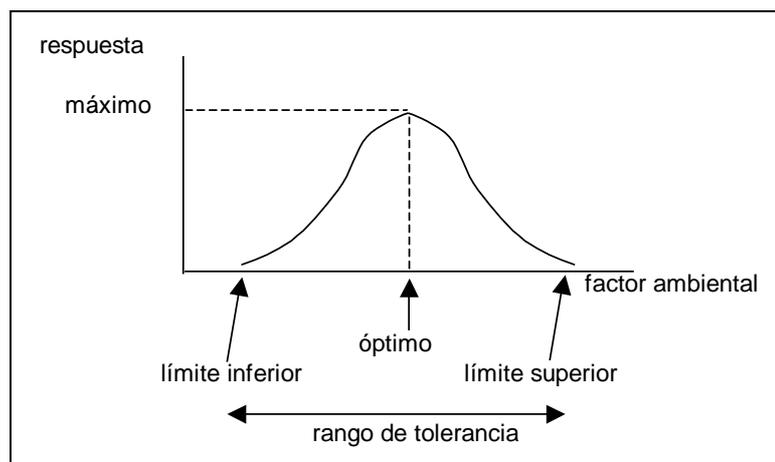


Figura 1. Representación gráfica del rango de tolerancia de un organismo ante la variación de un factor ambiental.

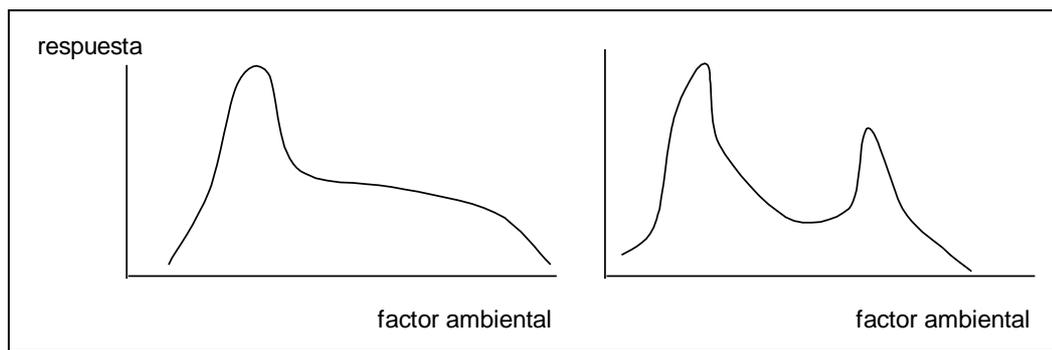


Figura 2. Diferentes formas que pueden adoptar las curvas de respuesta de un organismo ante variaciones de un factor ambiental según la ley de tolerancia.

Un tipo particular de respuesta se denomina respuesta de saturación (figura 3). En este caso, no se evidencia un efecto perjudicial a niveles mayores del factor, es decir, no se presenta una restricción por exceso del factor ambiental. Tal es el caso de la respuesta en términos de crecimiento vegetal a la intensidad lumínica (excluyendo el componente térmico de la radiación) o del consumo animal de alimentos en relación a la disponibilidad de los mismos.

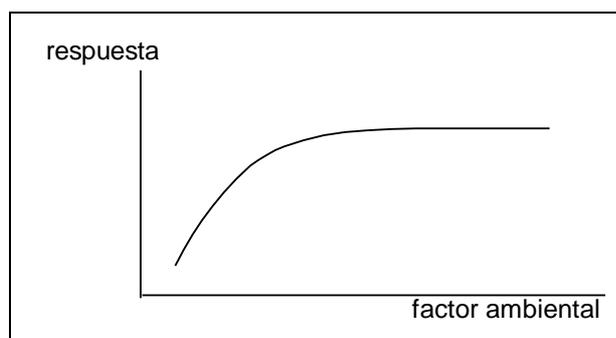


Figura 3. Curva de respuesta de un organismo ante variaciones de un factor ambiental según el modelo de respuesta de saturación.

5 PRINCIPIOS COMPLEMENTARIOS A LA LEY DE TOLERANCIA

Una serie de consideraciones se deben tener en cuenta a los efectos de definir los límites de tolerancia y el valor o rango óptimo de un organismo, especie o proceso biológico frente a determinado factor ambiental.

- a) Los organismos pueden exhibir un amplio rango de tolerancia a un factor, y uno estrecho para otro.
- b) La respuesta dependerá de la fase del ciclo de desarrollo en que se encuentre el organismo. Por ejemplo, compara la resistencia al frío de un cordero recién nacido y de un lanar adulto, o la respuesta diferencial al estrés hídrico de arbolitos de un año de edad respecto a árboles maduros de 25 o más años.

c) Las condiciones ambientales anteriores en las cuales se desarrolló un organismo influyen sobre su comportamiento posterior.

La importancia de este aspecto se traduce en la práctica de aclimatización (endurecimiento) de plantines cultivados en condiciones protegidas previo a su traslado a campo abierto. En la figura 4 se presentan los resultados de un experimento en que se mide la tasa fotosintética de dos grupos de plantas de *Polygonum bistortoides* que son puestas en ambientes de diferente temperatura. Las curvas representan las respuestas obtenidas. Ambos grupos de plantas, originalmente uniformes, se diferencian exclusivamente por las condiciones de crecimiento previas al experimento. El grupo A fue sometido durante 10 días a temperaturas fluctuantes entre 2 y 15 °C. En el caso del grupo B, luego de 9 días a temperaturas fluctuantes entre 2 y 15 °C, las plantas fueron sometidas durante 1 día a una temperatura de 30 °C. Esta condición inmediatamente anterior al experimento explica que el grupo B de plantas exhiba un óptimo de temperatura mayor que el grupo A.

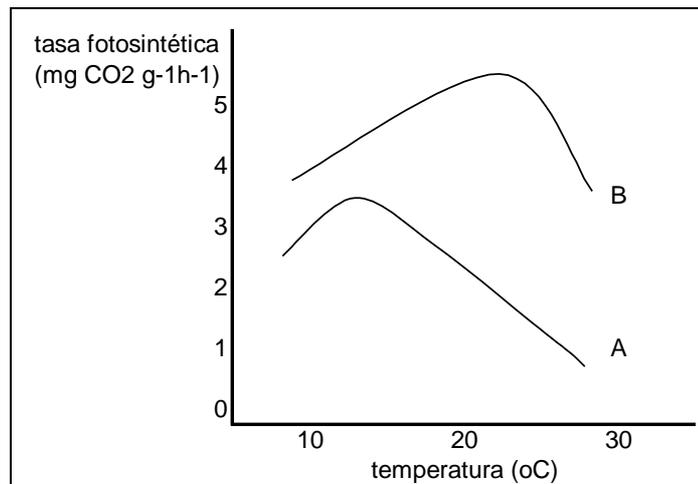


Figura 4. Respuesta fotosintética en función de la temperatura según la condición previa de las plantas.

d) El rango de tolerancia y el óptimo para determinado factor varía a menudo geográficamente en el área de distribución natural de la especie.

Como resultado del proceso de adaptación genética en el seno de una especie, poblaciones locales (denominadas ecotipos) se diferencian genéticamente en función de las condiciones locales. Por lo tanto, cuando se colocan dos ecotipos diferentes en un mismo ambiente, éstos muestran comportamientos diferentes. Una especie de gramínea (*Festuca ovina*) crece naturalmente sobre dos tipos de suelo contrastantes: calcáreo (A) y no calcáreo (B). Se recolectaron semillas en ambas situaciones que luego se hicieron crecer por separado en soluciones hidropónicas con concentraciones diferentes de calcio. Las curvas de respuesta que presentaron las dos poblaciones se ilustran en la figura 5. Se observa una mejor respuesta a condiciones de mayor disponibilidad de Ca en el caso de la población proveniente del suelo calcáreo, inversamente a lo que ocurre con el ecotipo originado de un ambiente no calcáreo.

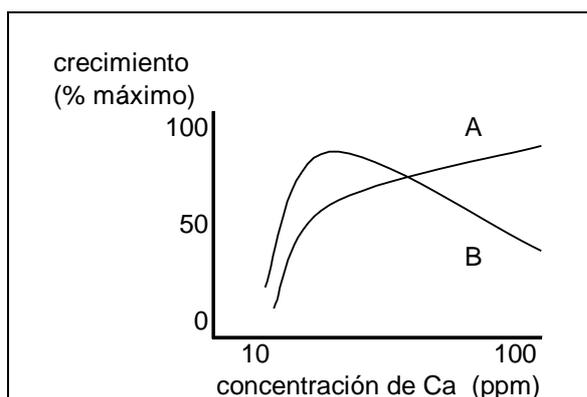


Figura 5. Respuesta de dos ecotipos (A: suelo calcáreo; B: suelo no calcáreo) a variaciones de calcio en el medio de cultivo.

e) El valor óptimo y/o rango de tolerancia frente a un factor determinado experimentalmente para una población o especie no coincide frecuentemente con el constatado en condiciones naturales. La presencia de otras especies (ej. predatoras o competidoras) o la mayor importancia de otros factores en la distribución y comportamiento de la especie, impiden a la misma aprovechar las condiciones óptimas establecidas bajo condiciones controladas. Frecuentemente se estrecha asimismo el rango de tolerancia. *Deschampsia flexuosa* es una especie acidófila que crece naturalmente en comunidades boscosas. La abundancia de la especie en función del pH del suelo de estos ambientes se presenta en la parte superior de la figura 6. Sin embargo, cuando se monocultiva en condiciones experimentales a diversos pH, la respuesta evaluada como crecimiento es marcadamente diferente (parte inferior de la figura 6).

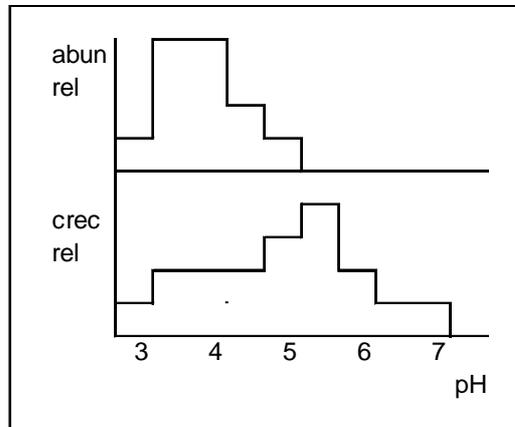


Figura 6. Amplitud y óptimo frente al pH del suelo de una especie en sus ambientes naturales (parte superior) y en condiciones experimentales de monocultivo (parte inferior).

f) La acción de un factor depende del nivel en que se encuentren los restantes. Es decir, los factores interactúan. En la figura 7 se observa que el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo varía si es acompañada o no de fertilización fosfatada.

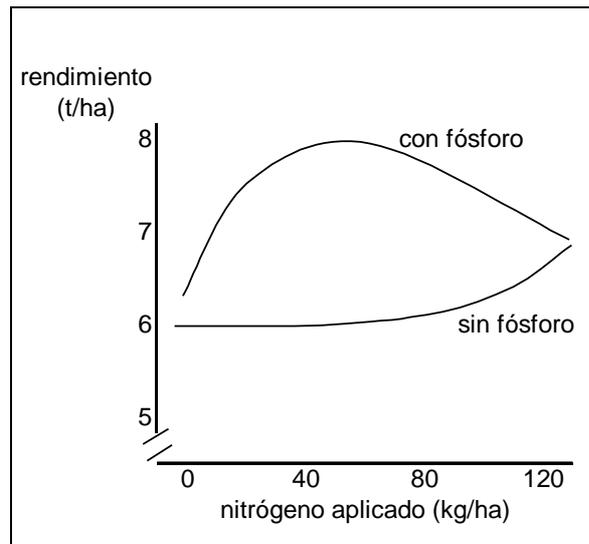


Figura 7. Respuesta diferencial al nitrógeno aplicado según se aplique o no fósforo.

6 NICHO ECOLÓGICO

El término nicho ecológico incluye no solo el espacio físico ocupado por un organismo (hábitat) sino también su papel funcional en la comunidad, como por ejemplo su posición trófica y su posición en un gradiente ambiental de temperatura, humedad y otras condiciones de existencia.

El nicho de un organismo depende entonces no sólo de dónde vive, sino también de lo que hace, es decir como transforma la energía, cómo se comporta, reacciona a su medio físico y biótico, y lo transforma. También puede definirse el nicho *fundamental* como el hipervolumen abstractamente ocupado, y el nicho *realizado*, aquel (mas pequeño) ocupado en condiciones de interacción biótica.

7 LEY DEL MÍNIMO

En 1840 Liebig enuncia que el rendimiento de un cultivo dependerá únicamente de aquel nutriente que esté presente en menor proporción en el medio en relación al óptimo.

8 LEY DE LOS FACTORES LIMITANTES

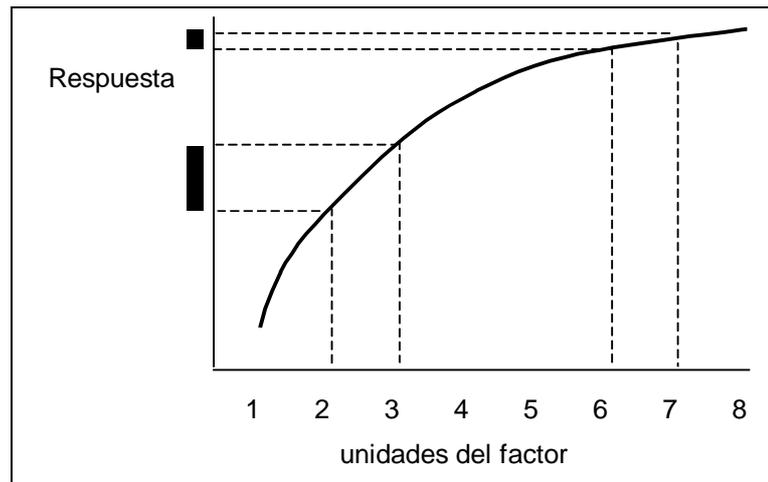
Esta ley formulada como una ampliación o generalización de la ley del mínimo por Blackman hace un siglo, señala que cuando se encuentran presentes una multiplicidad de factores y sólo uno se encuentra cerca del límite de tolerancia, es decir más alejado del valor óptimo, ese factor es el controlador o limitante del proceso.

La limitante al crecimiento (o cualquier otro proceso) puede ser cualquier factor que se halle en exceso o en defecto respecto al óptimo. El elemento limitante puede ser interno o externo al organismo (temperatura, agua disponible, contenido de clorofila, calidad genética del rodeo, etc.). No siempre el factor limitante es modificable. Por ejemplo, la textura de un suelo puede limitar la producción, pero no viable corregirla en grandes extensiones. Por otra parte, aún cuando el factor sea modificable, se deberá contemplar la racionalidad económica de la acción.

9 LEY DE LOS INCREMENTOS DECRECIENTES

El incremento en producción por unidad de incremento de cualquier factor deficiente es inversamente proporcional a medida que dicho factor se acerca al nivel óptimo.

Al duplicar o triplicar las cantidades agregadas de un factor, el rendimiento o la respuesta de los organismos no se incrementa de manera proporcional; sino que la respuesta se hace cada vez más pequeña en la medida que se aproxima al máximo. Compara en la figura 8 el incremento que se obtiene por suministrar una unidad adicional a 2 respecto al agregado de la misma unidad si ya están disponibles 6 unidades.



Bibliografía ampliatoria

- Daubenmire, R.F. 1990. Ecología vegetal; tratado de autoecología de plantas. México, Limusa. pp 404-421. Cap. 8. Este texto analiza con detalle y en forma aislada los diferentes factores del medio (suelo, agua, temperatura, luz, atmósfera, fuego). El capítulo recomendado se centra en la complejidad de los múltiples elementos interactuantes que afectan las plantas.
- Gastó, J. 1980. Ecología; el hombre y la transformación de la naturaleza. Santiago, Ed. Universitaria. pp 104-118.
- Gliessman, S.R. 2001. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sustentable. 2ª ed. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS. pp 329-339. Cap. 12.
- Lemée, P. 1978. Précis d'écologie végétale. Paris, Masson. Cap. 2.
- Odum, E.P. 1972. Ecología. México, Ed. Interamericana. pp. 116-128.