

## LA RADIACIÓN SOLAR Y LA TEMPERATURA II

### - PUNTO DE COMPENSACIÓN

Si representamos el proceso de fotosíntesis con respecto a la luz obtenemos la siguiente gráfica:

#### Radiación4

Por lo general obtenemos un tipo de curva exponencial, de forma que si disminuimos la tasa luminosa encontramos un punto donde la tasa de fotosíntesis es cero. Esto quiere decir que el gasto respiratorio iguala a la ganancia por fotosíntesis.

Diferentes especies pueden tener diferentes capacidades para vivir a distintas intensidades luminosas (gráficas 1 y 2), lo que puede conllevarles ciertos tipos de ventajas para un determinado hábitat u otro.

En hábitat muy luminosos es mejor la especie 1 ya que tiene una mayor tasa de fotosíntesis y mayor supervivencia (la planta crece rápido y puede eliminar a la especie competidora). La especie 2 puede tener ventajas en hábitat poco luminosos ya que a bajas condiciones de luz la especie 1 no haría nada de fotosíntesis mientras que la especie 2 si tendría esa capacidad. Este es básicamente uno de los mejores mecanismos por el que se produce la selección, el cambio que ocurre en el tiempo en un ecosistema de las especies.

Luego el punto de compensación es la intensidad luminosa a la cual la fotosíntesis se hace cero.

Muchas veces, la eliminación de ciertas especies de un determinado hábitat viene determinada por el cambio de las características de la intensidad luminosa

#### Radiación5

Si el punto de compensación es bajo la planta puede crecer en zonas de sombra. Las especies tempranas son aquellas que colonizan un sitio por primera vez, por ejemplo tras un incendio en un estudio de un bosque abandonado o por cultivos abandonados, de forma que hay altas intensidades luminosas al no haber árboles, con lo que hay una alta tasa de fotosíntesis, de forma que crecen alto.

Ahora llegan las semillas de las especies medias, pero no crecerán tan rápidamente a altas intensidades, sino que germinan bajo una cobertura de especies tempranas, de forma que a igual altura tiene mayor supervivencia las especies tempranas debido a su mayor tasa de fotosíntesis. Esto hace que crezcan más que las herbáceas.

Las especies tardías tienen mayor ventaja a bajo intensidad luminosa que las otras dos. Al final inhiben el crecimiento del matorral y al cabo de cuatro años tendríamos una comunidad formada por especies tardías.

### - ACLIMATACIÓN Y ADAPTACIÓN

La aclimatación se refiere al cultivo de una especie a distintas intensidades luminosas, con lo que se consigue que la misma especie posea plantas creciendo en condiciones sombrías, otras en intensidades medias y un tercer grupo a pleno sol. Los individuos son

genéticamente iguales pero han crecido de diferente forma según las condiciones luminosas. Los individuos por tanto se han aclimatado a las condiciones.

En la adaptación diferentes especies se comportan de manera muy semejante a unas determinadas condiciones.

### **- FOTOSÍNTESIS POR TRES RUTAS BIOQUÍMICAS: C3, C4 Y CAM**

Las especies C3 se denominan así por que el primer producto orgánico que sintetiza en las hojas es un compuesto de 3 átomos de carbono:

#### Radiación 6

Las especies C4 se refieren al hecho de que el primer precursor orgánico con el que se sintetiza CO<sub>2</sub> es un compuesto de 4 átomos de carbono. Hay dos tipos de células donde se producen diferentes reacciones:

- Células del mesófilo:

#### Radiación 7

Hay una transferencia de estos ácidos desde la célula del mesófilo a las células envolventes en haz.

- Células envolventes en haz

#### Radiación 8

A pocas cantidades de CO<sub>2</sub> la enzima PEPcarboxilasa puede reaccionar con él formando ácido málico.

Las especies CAM toman su nombre del metabolismo del ácido crasuláceo. Estas plantas al viven en zonas desérticas donde el agua es un problema importante abren los estomas durante la noche, con la consiguiente entrada de CO<sub>2</sub> al interior de la hoja. Cuando se abren los estomas, como la hoja tiene un contenido hídrico del 100 % se produce una pérdida de agua que en muchas ocasiones es ventajosa y otras ocasiones supone un problema. Así pues, los estomas deben estar lo suficientemente abiertos para tomar CO<sub>2</sub> y no dejar además salir el agua. Durante el día cierran los estomas, con lo cual no hay entrada de CO<sub>2</sub> ni salida de agua, produciendo la reacción donde los ácidos grasos liberan CO<sub>2</sub> y la rubisco produce el ácido 3-fosfoglicérico.

### **-ESPECIES DE SOL Y SOMBRA**

Podemos encontrar especies que son muy limitantes al sol y muy tolerantes a la sombra y al contrario.

En selvas tropicales la luminosidad es muy baja pero puede aparecer un hueco que hace que hace que desaparezca la vegetación de esa zona, pasando a tener una fuerte iluminación. Las especies que colonizan esas zonas son muy son muy diferentes a las que normalmente viven ahí. Para esto hay dos estrategias:

- Shade tolerant: tolerancia a la sombra
- Non shade tolerant: no tolerantes a la sombra

Cuando se estudian las tasas de crecimiento y la tasa de respiración de distintas especies podemos comprobar que responden las estrategias diferenciadas:

## Radiacion9

Las plantas de sombra tienen tasas fotosintéticas más bajas y así es de esperar que tengan tasas de crecimiento más bajas que las especies de sol. La tasa metabólica de las plántulas de sombra es aparentemente más baja que las de las semillas de sol. Las especies de plantas se han adaptado a vivir en ciertos tipos de hábitat y en este proceso han desarrollado una serie de características que les impiden ocupar otro hábitat diferente.

Las hojas de sol se caracterizan por:

- Ser gruesas
- Más células por superficie
- Mayor venación
- Mayor densidad de cloroplastos
- Mayor peso específico

Sin embargo, no todas las limitaciones ecológicas en las plantas se deben a la luz, y este enfoque puede generalizarse para abarcar también las limitaciones debidas a los nutrientes.

Cambia también la distribución de los recursos en distintos órganos, por ejemplo en la raíz. En la raíz la distribución de agua a la parte aérea o a la terrestre depende de los recursos limitantes. Si hay poca radiación predomina la parte aérea, sin hay mucha radiación lo que predomina es la parte terrestre.

Actualmente hay polémica con respecto a esto, ya que en un bosque denso mediterráneo la radiación es muy baja y la estrategia sería como hemos explicado, pero durante la sequía hay una fuerte limitación de agua, de forma que hay especies que no pueden sobrevivir. Así pues, ambas fuerzas de selección serían contrarias.

1.- Distinta tolerancia a la sombra. Especies tardías. Sucesión.

Las sucesiones en los campos viejos han sido estudiadas sobre todo en los Estados Unidos, donde muchas granjas fueron abandonadas por sus propietarios al emigrar hacia el oeste. La mayor parte del bosque original de la zona había sido destruida, pero la regeneración fue rápida. En numerosos lugares existen zonas que habían sido abandonados durante periodos conocidos de tiempos, y fueron esos lugares los escogidos para el estudio.

Se encontró que la secuencia típica de la vegetación dominantes es: hierbas anuales, plantas herbáceas perennes, arbustos, árboles precoces de la sucesión y árboles tardíos de la sucesión.

Los primeros pioneros del Oeste americano dejaron tras de sí una tierra que fue colonizada por especies muy diferentes. Las especies pioneras son aquellas que se pueden establecer rápidamente en el hábitat perturbado de un campo cultivada hasta hace poco. Quizás la planta anual más frecuente de la sucesión de los campos viejos sea *Ambrosia artemisiifolia*. Su germinación está estrechamente vinculada a la perturbación, y esto asegura la disponibilidad de los recursos al reducir la probabilidad de la competencia por parte de otras especies que tardan más en “arrancar”. Las semillas de *Ambrosia* sobreviven durante muchos años en el suelo y suelen germinar cuando el

movimiento de las tierras las lleva hasta la superficie. Allí se encuentran con una luz filtrada, con una menor concentración de dióxido de carbono y con fluctuaciones de temperatura.

Las plantas anuales de verano, como *Ambrosia*, son a menudo rápidamente eclipsadas en importancia por las plantas anuales de invierno. Estas últimas tienen semillas pequeñas, con letargo corto o nulo, pero se dispersan a gran distancia. Sus semillas pueden germinar poco después de llegar al suelo, generalmente a finales de verano o en otoño, y dar lugar a rosetas que sobreviven en invierno. En la primavera siguiente tienen ventajas sobre las anuales de verano y por ello se apropian de los recursos de luz, agua, espacio y nutrientes. En contraste con las anuales pioneras, las semillas de plantas de la sucesión tardía, especialmente las que se encuentran en el bosque del clímax, no necesitan luz para germinar. Así, aunque no cabe esperar que las semillas de las especies pioneras germinen debajo de la copa de los árboles, las semillas de las especies más tardías sí pueden hacerlo.

Las plantas de las primeras fases de una sucesión tienen un estilo de vida fugitivo. Su supervivencia depende de la dispersión hacia otros lugares perturbados. No pueden persistir en competencia con las especies posteriores y por ello deben crecer y consumir rápidamente los recursos disponibles. Una tasa de crecimiento elevada es una propiedad crucial de las especies fugitivas. En relación con esto, se ha observado que la tasa de fotosíntesis por unidad de superficie foliar suele disminuir con la posición, y su tasa relativa de crecimiento es, a su vez, más lenta en las plantas de las fases tardías de la sucesión.

La tolerancia frente a la sombra es uno de los factores del éxito de las especies tardías. La figura siguiente muestra la curva idealizada de saturación de luz de las especies de las fases temprana, media y tardía de la sucesión.

Cuando la intensidad luminosa es baja, las especies de las etapas tardías de la sucesión son capaces de crecer, aunque con bastante lentitud, pero de todos modos más rápidamente que las especies a las que sustituyen.

## **- EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS ORGANISMOS**

1.- Fuertes variaciones de temperatura en la Tierra. Causas.

Para que un factor sea realmente importante debe haber cierta variación. La variación puede deberse a:

- Latitud
- Ciclo estacional
- Ciclo diurno
- Continentalidad
- Altitud
- Microclima
- Profundidad

En los trópicos, por ejemplo, encontramos temperaturas más elevadas, así como oscilaciones mayores.

Los rayos de sol inciden sobre las áreas polares oblicuamente (A) y reparten menos energía sobre la superficie terrestre que los rayos que inciden verticalmente (B) por:

- Porque la energía se distribuye sobre una superficie mayor en (A)
- Porque pasa por una capa atmosférica más densa que dispersa, absorbe y refleja esa energía.

### Radiacion11

Radiación solar que cae sobre latitudes diferentes a lo largo de un año. La cantidad de energía solar se expresa como un porcentaje de la cantidad que incide sobre el Ecuador.

En los polos la radiación es más o menos la mitad, con lo que puede estar muy relacionado con las características de una determinada zona.

Se van a encontrar ciclos estacionales y ciclos diurnos con respecto a la radiación y con respecto a la temperatura. Además hay que decir que en continentes la temperatura suele ser más alta que en los océanos debido a la amortiguación de la radiación por parte del agua. El microclima también es de máxima importancia.

En un suelo las temperaturas son altas en la superficie y más bajas conforme aumentamos la profundidad. Hay además un retraso en los picos máximos de las temperaturas al transmitirse de la superficie a la profundidad.

2.- ¿Cómo demostrar si la temperatura limita la distribución?

Lo primero que hay que hacer es determinar dentro del ciclo de vida de la especie en estudio cuando es más sensible al factor en cuestión. Hay que decir, además que cualquier fase del ciclo de vida puede estar afectada por la temperatura.

Si queremos plantas por ejemplo *Quercus rotundifolia* vemos que no puede germinar por debajo de los 0° C y hay zonas donde se mantiene esta temperatura; así pues la siembra de esta especie no sería viable, ya que la temperatura impediría su supervivencia.

El segundo paso es determinar el margen de tolerancia fisiológico para esa fase.

### Radiacion12

Comparación hipotética de la zona de tolerancia de una especie y los márgenes de variación de la temperatura en los microclimas donde vive la especie. La zona de tolerancia se mide por el estadio del ciclo de vida más sensible a la temperatura.

3.- Clasificación de los organismos según la temperatura

- Temperatura constante:
  - \* Homeotermos
  - \* Poiquilotermos

En principio nos encontramos con homeotermos, con una temperatura constante (peces en mares del ártico, con 1 o 2 décimas de temperatura de fluctuación), debido a fluctuaciones pequeñas del ambiente.

Casi todas las aves y mamíferos presentan una independencia bastante fuerte de la temperatura externa. Pero hay mamíferos, como algunos murciélagos cuyas oscilaciones de temperatura son muy fuertes, aún a pesar de tener mecanismos termorreguladores. Según esto, los murciélagos irían en el grupo de los poiquiloterms a pesar de tener mecanismos reguladores típicos de mamíferos.

- Producción de calor:

- Endotermos: con mecanismos para mantener una producción de calor más o menos constante. Con metabolismo para producir calor.
- Ectotermos: sin esa capacidad de producir calor. Metabolismo demasiado bajo.

- Ventajas endotermo-ectotermo:

- Independencia de las limitaciones del ambiente (colonización)
- Constancia en el rendimiento
- Realización de más trabajo
- Pero alto coste energético

- Ectotermos

Podemos observar que existe cierta regulación parcial de la temperatura que puede venir determinada por tres factores:

1.- Comportamiento: muchas especies son capaces de tener una temperatura por encima de la temperatura ambiente y mantenerla constante adaptando una posición frente al sol o por localización a piedras, nidos, madrigueras, donde las pérdidas por calor son menores y las oscilaciones también son menores.

2.- Por propiedades fijas de las especies

- Características de las hojas o presencia de pelos que favorecen la absorción
- Presencia de colores reflectantes en coleópteros
- Patrón de manchas claras y oscuras de mariposas

3.- Por actividad metabólica que mantiene la temperatura por encima de la del aire:

- Himenópteros sociales
- Inflorescencias de plantas (ruta alternativa de la respiración: la glucosa produce calor y no ATP). Esta ruta no citocrómica sólo aparece en células vegetales (sólo ocasionalmente en algunas células animales para un tejido con elevada actividad metabólica). Muy común en el género Arum.
- Un incremento o descenso en la temperatura ambiental tiene un efecto directo en la temperatura de ectotermos.

- Concepto de  $Q_{10}$ :

El  $Q_{10}$  es la relación que existe entre la tasa metabólica a una temperatura determinada dividida por la tasa metabólica a una temperatura  $T-10$ :

Radiacion13

Si la  $Q_{10} = 2$  la tasa metabólica se duplica al pasar de  $10^{\circ} \text{C}$  a  $20^{\circ} \text{C}$

- Experimento con *Charaxes jasius*

Se encuentra en regiones mediterráneas. La oruga es muy vistosa, con una cabeza desnuda y cuernos llamativos que consiguen camuflarse muy bien las hojas del madroño. Se cultiva a 25° C y otras a 30° C, de manera que se observó que a 25° C tardaron en desarrollarse 34 días, mientras que las que crecieron a mayor temperatura tardaron tan sólo 24 días, con lo que podemos decir que con un incremento de temperatura el crecimiento y el desarrollo se aceleran, complementando el estadio de desarrollo en menor tiempo. Esto es muy importante porque dependiendo de la temperatura en distintos hábitat una especie se desarrolla más o menos y puede originar que una especie tenga más o menos generaciones.

Temperatura (°C) (T)	Días de desarrollo (D)	Tasa de desarrollo (día-1) (1/D)
25	34	0,029411765
30	24	0,041666667

### Radiación 14

Con todos estos datos podemos calcular una serie de parámetros interesantes y conocer la respuesta de los individuos a la temperatura. Se puede asimismo calcular las tasas de desarrollo y es igual a:

$$\text{Tasa de desarrollo} = (\text{día}^{-1})(1/D)$$

Esos datos se representan en una gráfica para obtener una variable.

Ecuación de regresión:  $TD = bT - a$ ;  $TD = 0,0025 T - 0,0319$

Temperatura umbral ( $T_h$ ) =  $-a/b = 0,0319/0,0025 = 12,76$

Tiempo fisiológico (grados día) =  $(T_a - T_h)$  (días desarrollo) o también  $1/b$

En cuanto a la temperatura umbral es aquella temperatura a la cual la tasa de desarrollo es cero y sería el corte con la abscisa. Nos indica, por encima de que temperatura esa especie es capaz de desarrollarse. Es importante porque nos da una idea sobre el hábitat.

Una cuestión importante a destacar es que en los organismos ectotermos se cumple en general que para desarrollarse deben pasar el llamado tiempo fisiológico, tiempo relacionado con el tiempo con que el animal se encuentra activo, cuando la temperatura está por encima del umbral, de forma que si la temperatura está muy alta va a necesitar menos tiempo para desarrollarse.

#### - Endotermos

Presentan las siguientes características:

- Alto consumo de energía para mantener la temperatura constante
- Mecanismos para el aislamiento o pérdida de calor: pelaje, plumas, grasas, control del flujo sanguíneo superficial.
- Temperaturas muy parecidas entre sí: aves 40,8-41,8 (no en aves corpulentas), mamíferos 35,7-39,4
- Tamaño: necesidad de un tamaño mínimo. Relación superficie/volumen. Si reducimos el tamaño de un organismo el cociente superficie/volumen aumenta,

luego un organismo pequeño tiene una relación superficie volumen mayor comparada con el volumen de los grandes. Eso significa que un organismo pequeño va a tener más pérdidas de calor debido a que su superficie es mayor con respecto al volumen. Por ello necesita un mantenimiento del calor de tipo ecológico que consiste en quedarse en madrigueras, disminuir el metabolismo y temperatura (letargo)...

Se han observado tendencias generales en cuanto a la latitud, de forma que a latitud mayor, el tamaño es también mayor. Estas son reglas térmicas.

### **- TEMPERATURA, DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA**

#### **1.- VARIACIÓN DE TEMPERATURA EN LA TIERRA (CLIMA): BIOMAS**

Conforme nos acercamos al Ecuador desde los polos las temperaturas son más altas, de manera que encontramos comunidades vegetales (biomas) con características similares en zonas climáticas parecidas.

Por ejemplo, en las zonas cercanas a los Polos y Norteamérica. A Este fenómeno se le llama evolución convergente (varios grupos no emparentados presentan características muy similares). Son especies con una forma de vida herbácea (viven en tundras), de crecimiento muy lento y su actividad se produce dos o tres meses al año.

A nivel de la Tierra podemos encontrar distintos tipos de biomas según la clasificación. La más extendida es:

- Tundra ártica
- Bosque de coníferas septentrional
- Bosque temperado
- Pluviselva tropical
- Bosque estacional tropical
- Prado temperado
- Sabana tropical, prado y matorral
- Desierto
- Vegetación mediterránea: chaparral
- Montañas

Además de por la temperatura, las diferencias entre los biomas vienen dadas por las precipitaciones.

#### **2.- VARIACIÓN DE TEMPERATURA CON LA ALTITUD: CAMBIO DE VEGETACIÓN**

Está relacionado con los cambios de radiación. A distintas comunidades de vegetales se asocian distintas poblaciones de animales. En las Islas Canarias, en las zonas más bajas hay pastos o sabana, con poca lluvia y elevada temperatura. A mayor altitud (unos 1600 metros) aparece un bosque lluvioso, con temperaturas no tan altas y mayores precipitaciones.

#### **3.- CAUSAS DE LIMITACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE UNA ESPECIE POR LA TEMPERATURA**

El Saguaro, una especie cactácea, cuando se estudia su distribución podemos ver que básicamente es en aquellos hábitat donde no hay heladas donde predomina, ya que cuando se producen las heladas sufre daños irreversibles y muero debido a que el agua acumulada en su interior se convierte en sólida y forma cristales que rompen los tejidos.

### **- CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA TIERRA**

Desde la revolución industrial el hombre ha venido utilizando recursos que producen gases variados. Los CFCs, el dióxido de carbono y el metano entre otros tienen la propiedad de absorber la radiación infrarroja. La Tierra recibe la luz del sol en forma de onda corta. Las capas de la atmósfera absorben la mayor parte de la radiación y dejan pasar la infrarroja calentando la Tierra. Si esto no ocurriera la temperatura del planeta sería de  $-15^{\circ}\text{C}$ . Debido a un aumento de estos gases se está incrementando la capacidad del efecto invernadero y se produce de una forma exponencial desde la revolución industrial. Hay dos ideas respecto a esto:

- 1.- Un grupo de científicos piensa que el aumento de gases no tiene nada que ver con el aumento de la temperatura.
- 2.- Otros (la mayoría) dicen que el aumento de gases sí tienen efecto sobre el calentamiento del planeta.

El problema a la hora de estudiar esto es que no tenemos registros de antes de 1860. La temperatura que hay actualmente es  $0,5^{\circ}\text{C}$  mayor que en 1860.

Se piensa que en el 2050 vamos a tener una concentración de dióxido de carbono del doble del actual (unas 700 ppm por las 350 actuales) y la temperatura aumentará en  $2^{\circ}\text{C}$  (en una oscilación de 1 a  $4^{\circ}\text{C}$  dependiendo de la zona ya que en los polos habrá mayores oscilaciones) y eso afectará a los patrones de las biomas, con lo que vendrá asociado un descenso general de las precipitaciones, habiendo zonas donde va a llover muchísimo y zonas donde no lo hará prácticamente (en la cuenca del Mediterránea podrían disminuir las precipitaciones en un 30 %), lo que afectaría a la extinción de muchas especies.