



Fernando
Valladares



Xiomara
Cantera

La
luz
como
**factor
ecológico**





2015 ha sido declarado Año Internacional de la Luz pero ¿qué ha llevado a la ONU a fijarse en la luz? Además de su importancia en campos como la física, la química, el arte o la óptica, la luz es clave para múltiples procesos biológicos pero ¿qué hace de la luz algo crucial para la vida?

Existe una planta que nada más germinar inicia lo que parece una estrategia suicida para un organismo fotosintético: se dirige a las zonas más oscuras de las selvas tropicales donde crece como si intentara autodestruirse. Es una planta escototrópica, es decir que se mueve hacia la oscuridad —del griego *escoto*, oscuridad, y *trópos*, movimiento—, y elige las zonas más oscuras porque tienen más posibilidades de ser la base de árboles altos. Una vez encontrada la superficie vertical oscura sufre una primera metamorfosis y se convierte en una planta trepadora, sube por el árbol y, cuando comienza a encontrar luz, vuelve sufrir una metamorfosis tras la que se convierte en *Monstera deliciosa*, la planta que todos conocemos como costilla de Adán o filodendro.

Junto con algunos musgos y helechos, estas plantas forman parte del grupo de organismos fotosintéticos capaces de hacer fotosíntesis con los valores lumínicos más bajos.

Pero ¿qué es la luz?

En términos populares todos sabemos qué es la luz, es eso que nos permite ver, pero definirla científicamente es bastante más complicado.



Un ejemplar de Costilla de Adán o filodendro, *Monstera deliciosa*, tras las dos metamorfosis ./ Xiomara Cantera

Por un lado la luz representa la velocidad máxima que se puede alcanzar, un límite físico absoluto. Es también un conjunto de partículas (fotones) que chocan entre sí e interaccionan como lo hace el resto de partículas del universo pero con una pequeña diferencia. No tienen masa. Y el lector se preguntará por qué no tienen masa; pues porque se mueven a la velocidad de la luz y, como ya explicó Einstein, a esa velocidad los cuerpos no tienen masa.

“A lo largo de la evolución, los árboles han perfeccionado tanto su bioquímica como su anatomía y su arquitectura para aprovechar la luz de manera muy eficiente”

Otra particularidad de la luz es que, además de un montón de partículas sin masa, es una onda con una energía determinada. El planeta está surcado por todo tipo de ondas cuya energía es inversamente proporcional a su longitud, es decir, las ondas más largas tienen menos energía que las cortas. En ese espectro de ondas que lo atraviesan todo, la luz corresponde a la parte visible, en concreto a la radiación que se mueven entre 400 y 700 nanómetros de longitud de onda. Lo que percibe el ojo en realidad





Ejemplar del género *Psychotria* en el bosque tropical lluvioso de Barro Colorado (Panamá) En el sotobosque se producen destellos de sol que las plantas aprovechan para cerrar su ciclo vital / Fernando Valladares

son diversas longitudes de onda que corresponden al rojo, el azul y el verde y a partir de ellas se componen el resto de los colores.

Así la luz mantiene esta sorprendente dualidad física que la convierte en un fenómeno muy complejo. La luz, es decir la parte visible del espectro, coincide con la radiación fotosintéticamente activa, la que las plantas necesitan para hacer la fotosíntesis. Evolutivamente los organismos fotosintéticos han convergido en emplear esta zona concreta del espectro de radiación ya que les aporta energía segura y abundante. Muchos seres vivos, incluyendo los seres humanos, son sensibles a esa misma zona del espectro solar que las plantas emplean para la fotosíntesis.

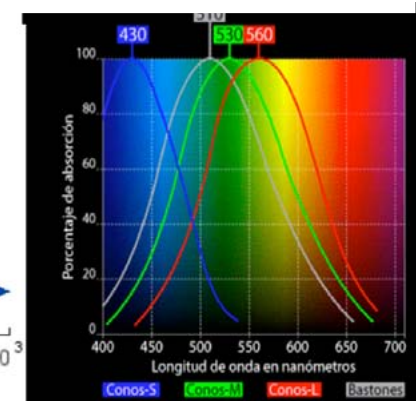
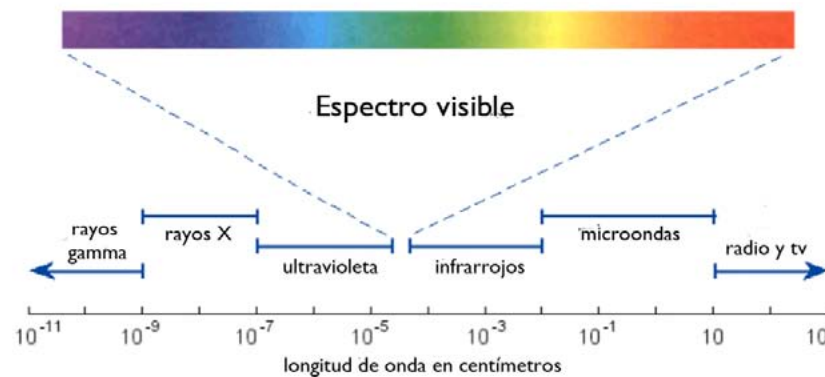
La razón de esta coincidencia se relaciona con el hecho de que esta zona del espectro aporta suficiente energía como para provocar el inicio de muchos procesos, pero no tanta como para hacer daño. La parte del espectro con ondas más cortas, y por lo tanto con mayor energía, incluye los rayos ultravioleta o los gamma con tanta energía que provocan o pueden provocar daños en los tejidos biológicos. Las ondas más largas, las infrarrojas, las microondas, las ondas de radio o televisión no tienen suficiente energía para provocar reacciones importantes en los seres vivos. Además, esta zona del espectro solar es la más abundante, lo que la convierte en un recurso fácil y ubicuo.

Y es que la luz es la responsable de la activación de muchos procesos vitales para muy diferentes organismos. En humanos, por ejemplo,

la hormona de la melatonina, relacionada con el insomnio, la depresión, la diabetes y la obesidad, fluctúa diariamente al estar muy influenciada por la luz, y para procesar la vitamina D necesitamos la luz del sol.

Otra característica importante de la luz, además de su color (longitud de onda) e in-

“La luz tiene una sorprendente dualidad física ya que es a la vez un conjunto de partículas que viajan a la máxima velocidad y una onda con una energía asociada”



izquierda) esquema de las longitudes de onda del espectro solar donde se indican las radiaciones más conocidas y la zona que corresponde al espectro visible. Derecha) La longitud de onda correspondiente a los colores principales a partir de los cuales componemos el resto de gama y tonos.

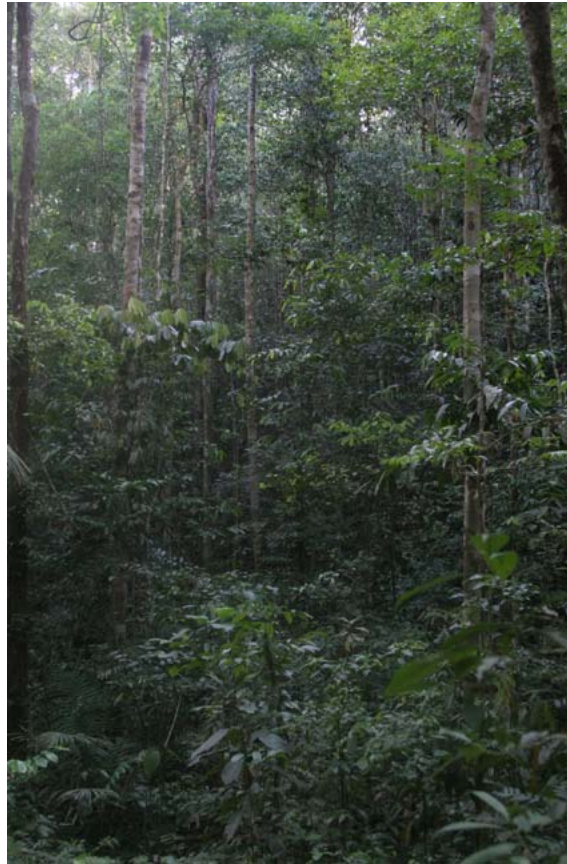




tensidad, es su direccionalidad. Cuando no tiene direccionalidad se trata de una luz difusa, reflejada múltiples veces en diversas superficies, incluso en las partículas de la atmósfera. El ser humano, incapaz de ver el ultravioleta tampoco percibe la direccionalidad de la luz. Sin embargo, algunos insectos además de ver la radiación ultravioleta detectan el ángulo de polarización de la luz y lo aprovechan para llamar la atención de su pareja, orientarse o transmitir y recibir diferentes informaciones.

“La fotosíntesis es el proceso por el que las plantas convierten la luz en biomasa, la razón fundamental por la que la luz es la base de la vida en el planeta tal y como la conocemos”

La cantidad de luz diaria y la duración del día (fotoperiodo) varían en función de la latitud y de la estación del año en la que nos encontremos y son factores con un papel fundamental en la activación de muchos procesos. Además de la temperatura, las horas de luz que se reciben cada día marcan, por ejemplo, el momento de floración para muchas plantas y esta duración del día indica a muchas aves migratorias el momento de comenzar su viaje anual.



La Amazonia, ejemplo de una selva tropical bien desarrollada./ Diego Gil

La fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas convierten la luz en biomasa, y es la razón fundamental por la que la luz es la base de la vida en el planeta tal y como la conocemos. El uso de la luz que hacen los organismos fotosintéticos no solo libera a la atmósfera el oxígeno

“En el sotobosque de una selva tropical bien desarrollada hay menos intensidad de radiación que en una noche de luna llena”

que respiramos, sino que genera, además, algo vital: la materia orgánica de la que nos alimentamos los organismos no fotosintéticos.

La cantidad mínima de fotones que necesita cada planta para crecer y poder cerrar su ciclo vital varía según las especies. No es lo mismo un romero, *Rosmarinus officinalis*, o un tomillo, *Thymus vulgaris*, ambos amantes del sol, que la mutante Costilla de Adán, *Monstera deliciosa*, capaz de vivir en ambientes muy oscuros. Cada organismo fotosintético ha evolucionado para adaptarse a su entorno lumínico y optimiza sus sistemas biológicos para maximizar la radiación que absorbe si es poca o para ser capaz de evitarla o soportarla si es excesiva.

La intensidad de la radiación del sol que llega a los distintos puntos de un ecosistema varía mucho. A pleno sol la radiación ronda los 2000 micromoles de fotones por metro cuadrado y segundo, pero hay factores como la nubosidad o la vegetación que la llegan a reducir mucho, más de un orden de magnitud. La densidad de la vegetación disminuye la radiación que recibimos porque las hojas y la estructura de las ramas de los árboles han perfec-





investigación



Destellos de sol en un sotobosque mediterráneo en el Parque Natural de Los Alcornocales / Fernando Valladares



Sotobosque de un hayedo experimentando una germinación masiva de plántulas de haya entre la hojarasca / Fernando Valladares

cionado tanto su bioquímica (con pigmentos como las clorofilas y los carotenoides), su anatomía y su arquitectura que pueden captar este recurso de manera muy eficiente. En el sotobosque de una selva tropical bien desarrollada la radiación es extraordinariamente baja, menos de dos órdenes de magnitud que a pleno sol. Curiosamente, aunque nuestros ojos se adapten y podamos ver bajo el dosel de estos bosques, la radiación es de menor intensidad que en una noche de luna llena.

¿Cómo logran las plantas que viven bajo el

dosel de bosques muy cerrados completar sus ciclos vitales con una radiación tan baja?

Pues hay truco. La luz en el sotobosque no es siempre mínima sino que hay momentos de mayor intensidad, destellos de sol que alcanzan a atravesar brevemente la cubierta vegetal. El dosel de cualquier bosque no es continuo, siempre hay rendijas, hojas que se mueven, ramas que se rompen, en definitiva, huecos por los que se cuela el sol dando lugar a momentos puntuales de luz solar directa que se suma a la luz indirecta de las zonas bajas del bosque. Estos destellos

—*sunflecks*, flecos de sol, para los ingleses—, suponen el extra de radiación que necesitan las plantas de estos entornos sombríos para hacer la fotosíntesis y completar su ciclo vital, florecer, crecer, reproducirse...

Otras estrategias para aprovechar la luz

Los organismos fotosintéticos en general y las plantas en particular han desarrollado fascinantes estrategias para aprovechar tanto la escasa luz difusa del sotobosque, como la luz directa que aportan estos destellos de sol cortos pero intensos.



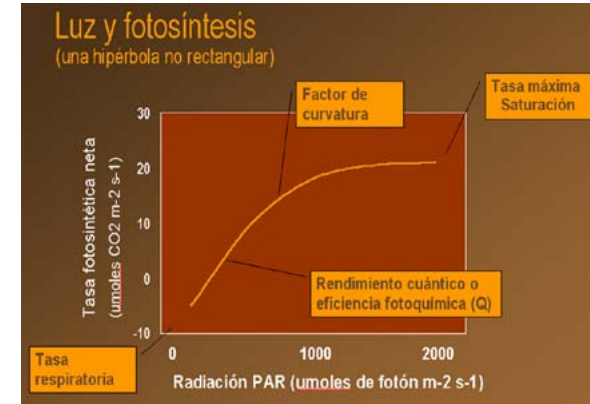


Las hojas de arce con frecuencia comienzan tal como acaban: tanto las juveniles como las senescentes dejan ver los pigmentos carotenoides anaranjados cuando las clorofilas aun no se han producido en gran cantidad o han comenzado a degradarse. / Fernando Valladares

Para aprovechar los destellos de sol hace falta todo un conjunto de adaptaciones bioquímicas y fisiológicas, un síndrome que las plantas de sotobosques bien oscuros tienen bien desarrollado. No basta con tener un punto de compensación lumínico muy bajo, es decir, una capacidad de aprovechar fotosintéticamente radiaciones de muy baja intensidad. Para aprovechar los destellos de sol hay que tener una maquinaria fotosintética muy dinámica y finamente ajustada para despertar con rapidez cuando la luz solar directa incide sobre las hojas. Una vez que la luz directa e intensa de un destello desaparece las tasas de fotosíntesis se pueden mantener relativamente más altas de lo que correspondería para el nivel de luz bajo del sotobosque gra-

“La luz fotosintéticamente activa contiene energía segura, es la que las plantas emplean para la fotosíntesis y coincide con la zona del espectro solar más abundante, que corresponde con el espectro visible”

cias a la fijación post iluminación de carbono, una inercia del sistema enzimático que tiende a seguir fijando carbono a una tasa mayor de lo que le corresponde. Hay plantas que se han especializado en maximizar esta fijación post iluminación, y otras que lo han hecho en reducir el tiempo de inducción, acelerando su capacidad para alcanzar la tasa máxima de fotosíntesis una vez que reciben sol directo. Algunas especies de sombra son capaces de mantener la inducción durante mucho tiempo. Y es que, si puedes permanecer inducido, cuando haya nuevos destellos será más fácil aprovechar bien esa luz más intensa y conseguir una mayor ganancia de carbono por fotosíntesis durante esos breves pero cruciales periodos. Todos estos mecanismos fisiológicos se asientan a su vez en adaptaciones anatómicas (hojas finas y extendidas) y arquitecturales (ramas planas y estructuras que evitan el autosombreado) que permiten que no se pierda ni un rayo de este valioso sol que puntualmente alcanza el sotobosque.



Representación gráfica de la tasa fotosintética de una hoja a medida que es iluminada con mayor intensidad. La fotosíntesis aumenta hasta llegar a la saturación (tasa máxima) a partir de la cual ya no incrementa aunque haya más luz. Las plantas también regulan finamente el punto de compensación lumínico, el valor mínimo de luz que necesitan para ganar carbono en condiciones de sombra. / Fernando Valladares

Las plantas han aprendido a optimizar la absorción y utilización de la radiación lumínica que llega a nuestro planeta. Numerosos y variados organismos se guían por la información que adquieren gracias a la radiación lumínica. La luz está en la base de infinidad de procesos biológicos y ecológicos, de respuestas individuales, de interacciones entre especies. Que la luz sea, junto al agua, un elemento fundamental para la vida es uno de los motivos que han impulsado a la ONU a declarar 2015 Año Internacional de la Luz ■

