

LA LUZ EN EL SUELO

Los primeros centímetros del perfil del suelo son de una importancia decisiva en agricultura. En ellos se produce la germinación de las semillas de plantas cultivadas y de las malas hierbas. Muchos factores influyen en esta germinación y en la posterior nascencia. De todos ellos, quizá el menos estudiado sea la luz. Intentaremos resumir los principales conocimientos actuales y destacar su importancia.

EL EFECTO DE LA LUZ EN LA GERMINACION

Desde muy antiguo se conocen los efectos de la luz en la germinación de las semillas, especialmente en las condiciones de laboratorio. Se sabe que muchas semillas germinan bien en la oscuridad, mientras que otras necesitan luz.

Cuadro 1

NUMERO DE ESPECIES QUE NECESITAN LUZ EN LOS ENSAYOS DE GERMINACION EN LABORATORIO, DEDUCIDO DE LAS NORMAS I.S.T.A.

Tipo de plantas	Total de especies	Especies que necesitan luz	Porcentaje
Herbáceas	200	71	35,5
Leñosas	123	71	57,7
Gramíneas	75	54	72
Leguminosas	59	0	0
Cereales	12	0	0
Gramíneas prat.	63	54	85,7

El cuadro número 1 resume los resultados que se deducen de las Normas Internacionales de Ensayos de Semillas; en este cuadro destaca el hecho de que las semillas de cereales y leguminosas no necesitan luz, mientras que casi todas las especies de gramíneas pratenses la necesitan.

El significado ecológico de este dato está relacionado con el mayor tamaño de las semillas de cereales, lo que les permite germinar a mayor profundidad y con la típica nascencia en arco de las semillas de leguminosas, que facilita la penetración del tallito a través de la tierra. Las semillas de gramíneas pratenses, por su pequeño tamaño y escasas reservas y por la debilidad de su hipocótilo, necesitan germinar a muy escasa profundidad, en zonas donde reciben luz.

En el estudio de las necesidades de luz de las semillas se ha realizado un gran avance en los últimos años. Ello ha sido debido al hecho de haberse estudiado aisladamente los efectos de las distintas longitudes de onda de que se compone la luz blanca, es decir, los efectos de las distintas luces monocromáticas de que se compone el espectro solar.

INTERPRETACION DEL EFECTO DE LA LUZ

En la actualidad se sabe que en las semillas existe un pigmento, denominado fitocromo, que es el que desencadena o detiene las reacciones bioquímicas que dan lugar a la germinación.

Este pigmento existe en dos formas. La forma inactiva se denomina Pr o P₆₆₀, y bajo la

influencia de la luz rojo-clara (longitud de onda: 660 nm.) se transforma en la forma activa, denominada Prf o P_{730} . Inversamente, la forma activa se transforma en la forma inactiva bajo el efecto de la luz rojo-sombra (longitud de onda: 730 nm.). Esto sucede cuando las semillas están embebidas de agua, no cuando están secas.

La dinámica de esta transformación en diversas condiciones es muy complicada y no es aún bien conocida, existiendo datos contemporáneos contradictorios. De todas formas, parece que, en estado natural, las semillas contienen ambas formas de fitocromo. Cuando el contenido en la forma activa pasa de cierto límite, las semillas pueden germinar en la oscuridad; de lo contrario, necesitan luz blanca para germinar. La luz blanca normal, o sea la luz del sol al mediodía, contiene mucha cantidad de luz rojo-clara.

INTERACCIONES DE LA LUZ CON OTROS FACTORES

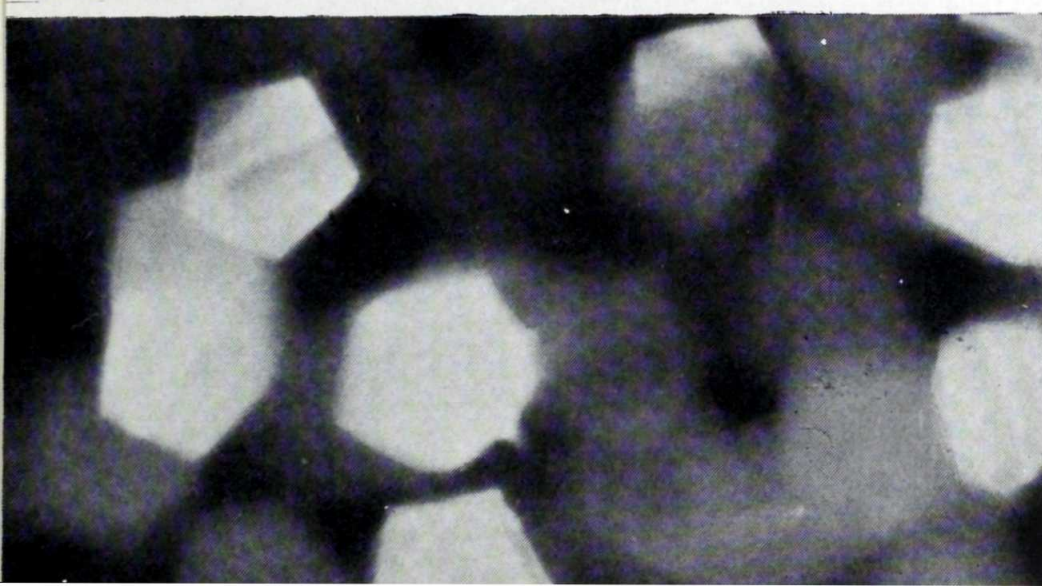
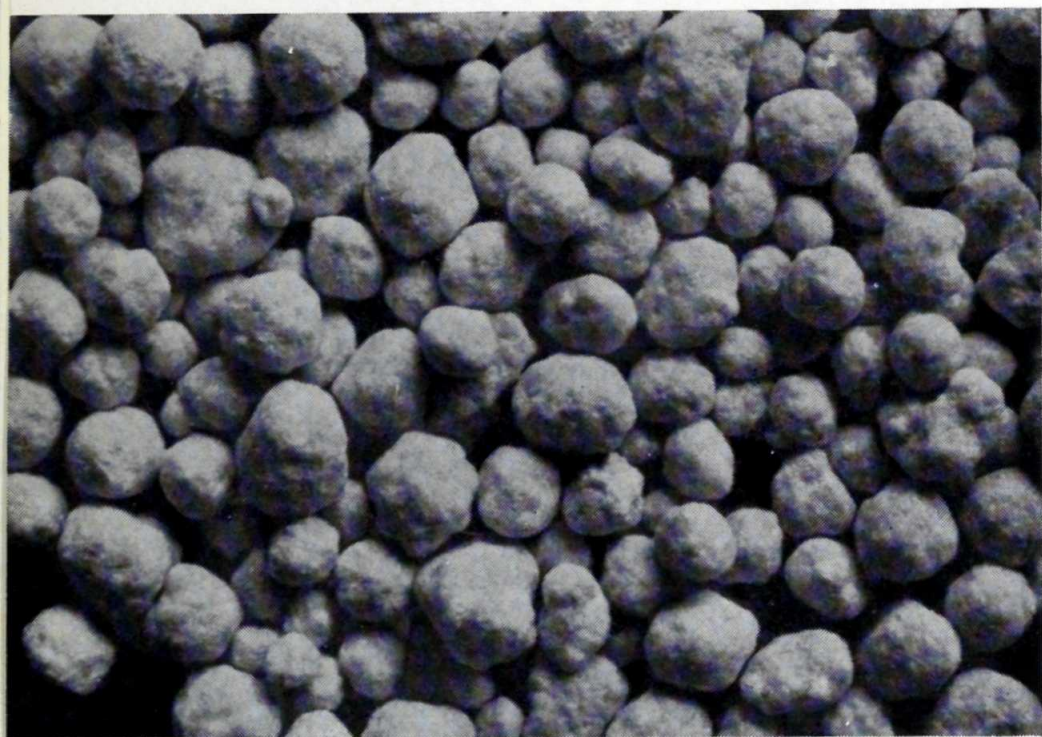
Lo anterior constituye un resumen muy breve e incompleto de lo que hoy se conoce sobre los efectos de la luz en las semillas, pero no nos es posible ampliarlo más. Solamente sobre el fitocromo se ha publicado recientemente un libro de 632 páginas, que resume innumerables artículos de investigación sobre el tema.

Sin embargo, conviene tener en cuenta que las reacciones expuestas pueden ser alteradas por la presencia y acción de otros factores: postmaduración de la semillas, temperatura, presencia o ausencia de envolturas seminales y acción de diversos compuestos químicos, tales como el etileno, la cumarina, las giberelinas, etc. Algunos de estos compuestos, como el etileno, se encuentran presentes en los suelos en cantidades suficientes, en algunos casos, para alterar de modo decisivo el efecto de la luz o de la oscuridad.

COMPOSICION DE LA LUZ NATURAL

Todos los aficionados a la fotografía en color saben que, para obtener buenas fotos, deben hacerlas en pleno día. Si se hacen al amanecer o al atardecer, aparecen colores raros en las diapositivas. Esto se debe a que la composición espectral (es decir, la proporción de las distintas longitudes de onda) cambia a lo largo del día. La luz azul disminuye mucho al amanecer y al atardecer. Sin embargo, las proporciones relativas de luz rojo-clara (660 nm.) y rojo-sombra (730 nm.) cambian poco a lo largo del día si se considera solamente la luz solar que incide directamente sobre el suelo (gráfico 1).

Arena gruesa aumentada al doble de su tamaño (arriba) e imagen obtenida a través de una capa de 5 mm. con un minuto de exposición.



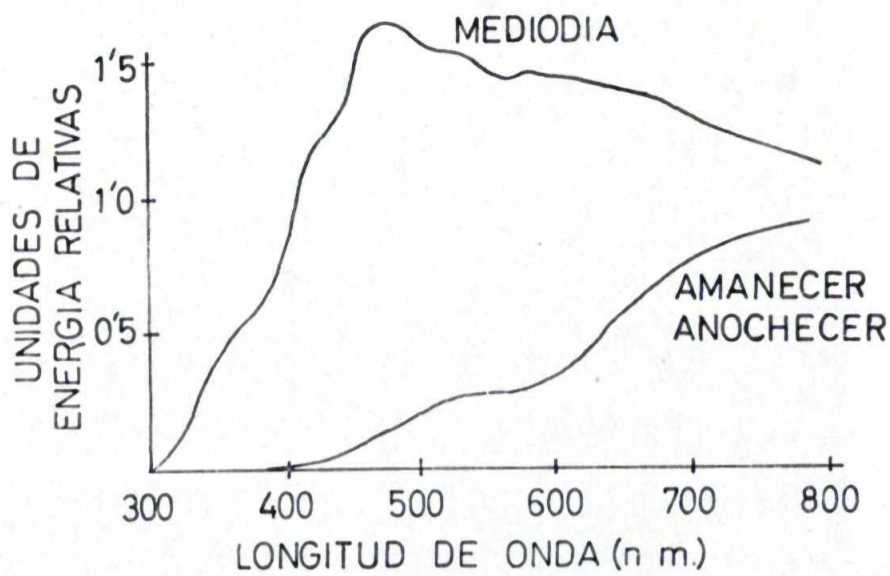


Gráfico 1.—Distribución espectral de la luz directa con cielo claro a mediados de verano. (De Smith).

Otro efecto de la importancia de la composición espectral de la luz utilizada en fotografía se advierte claramente al reproducir en blanco y negro, y en laboratorio, diapositivas tomadas a la luz del día. Para obtener buenos efectos es preciso emplear luz natural.

EFFECTOS DE LA SOMBRA

La composición espectral de la luz cambia radicalmente cuando se filtra. Esto es lo que sucede cuando la superficie del suelo queda sombreada por plantas verdes. Cuando la luz del sol cae sobre las hojas, parte de ella se refleja, parte se absorbe y parte se transmite. La luz que llega al suelo en las zonas sombreadas es la luz transmitida. Esta luz tiene una composición espectral muy distinta de la luz natural, con un pico en la región de la luz verde (550 nm.) y otro pico más elevado para la luz rojo-sombra (más de 730 nm.) (gráf. 2).

Disminuyen, pues, a la sombra, las longitudes de onda de mayor eficacia fotosintética y de promoción de la germinación (gráf. 3).

APLICACIONES PRACTICAS

Lo anterior constituye un hecho bien conocido en la práctica. Así, si se consigue mante-

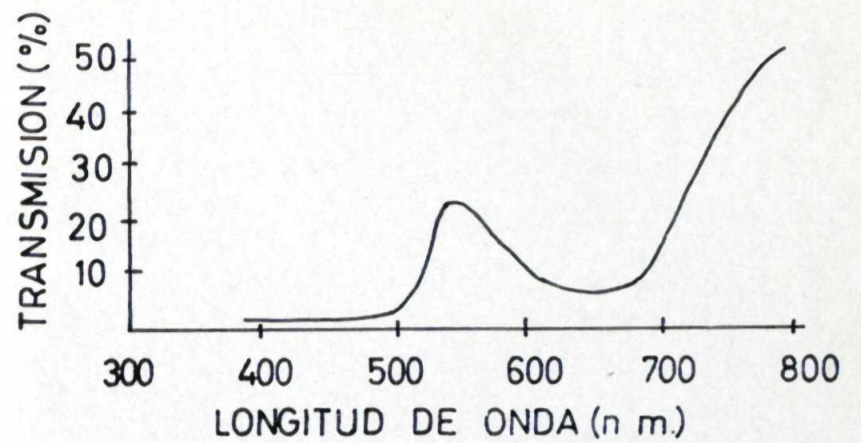


Gráfico 2.—Espectro de transmisión de una hoja joven de remolacha azucarera. (De Smith).

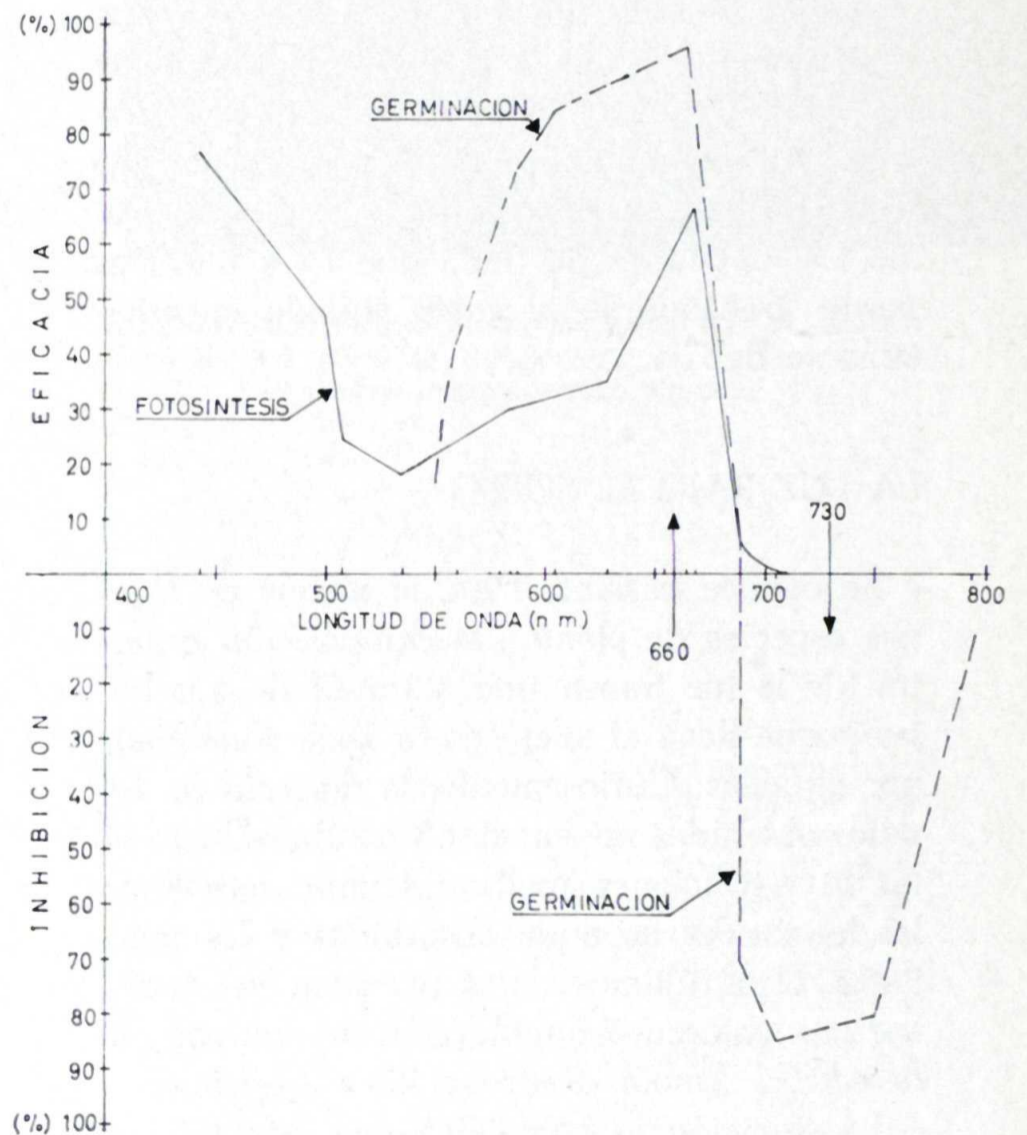


Gráfico 3.—Porcentajes de eficacia e inhibición de la luz de distintas longitudes de onda sobre la fotosíntesis de las plantas y la germinación de la semillas. (De Janick, modificado).

ner el suelo limpio de malas hierbas durante un cierto período de tiempo tras la nascencia, las plantas cultivadas sombrean pronto el terreno y en las zonas sombreadas las malas hierbas germinan en escaso número y las que lo hacen se desarrollan muy poco.

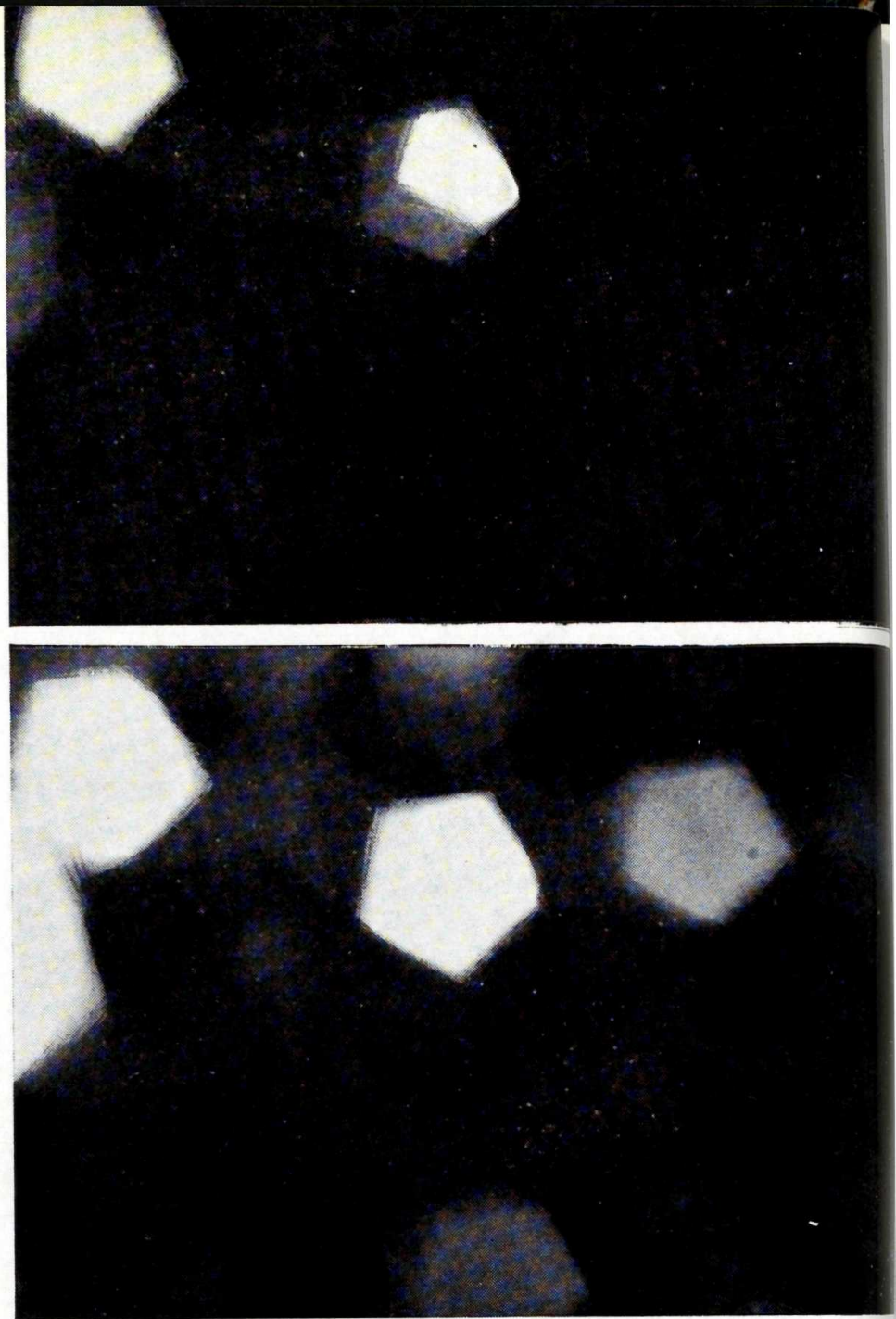
El conocimiento exacto de qué longitudes de onda inhiben la germinación y el desarrollo de las malas hierbas permite perfeccionar el uso del acolchado de plásticos, para evitar el crecimiento de malas hierbas en los cultivos forzados. Es conocido ya, a este respecto, el favorable efecto de los plásticos de color verde, pero los datos anteriormente expuestos permiten precisar mucho mejor qué tipos de plásticos son los más eficaces, puesto que el término «verde» es algo vago para designar un color.

Ello, no sólo porque como «verde» pueden considerarse todos los colores monocromáticos cuyas longitudes de onda están comprendidas entre los 500 y los 578 nm., sino porque lo verdaderamente importante no es tanto la luz que se refleja (que es el «verde» que vemos) como las longitudes de onda que tales plásticos verdes transmitirán al suelo situado inmediatamente debajo.

LA LUZ BAJO EL SUELO

Se conoce bastante bien, al menos en algunas especies de plantas, la composición espectral de la luz transmitida a través de sus hojas y que llega al suelo en la zona sombreada por aquéllas. Curiosamente, la mayoría de los datos obtenidos no son sino un subproducto de las investigaciones realizadas para determinar las longitudes de onda absorbidas y las reflejadas. Estos últimos datos permiten perfeccionar la técnica de identificación de cultivos por detección remota desde satélites artificiales.

La situación es completamente diferente en lo que se refiere a la transmisión de la luz a través del suelo. La única afirmación general que sobre esto se encuentra en la literatura



Imágenes obtenidas a través de capa de 10 mm. de espesor de arena gruesa. Arriba: un minuto de exposición; abajo: quince minutos de exposición.

científica corriente es la de que esta transmisión es muy baja.

Los experimentos con suelos naturales para medir la intensidad y la calidad de la luz que llega a través de ellos a distintas profundidades parecen ser inexistentes. Las escasas referencias que pueden encontrarse sobre el tema se refieren a mediciones directas con arenas silíceas o a determinaciones de la germinación de semillas de especies muy sensibles a la necesidad de luz. Aun así, estas investigaciones son muy escasas, pues las experiencias con *Artemisia monosperma*, que se detallan a continuación, se encuentran citadas, casi como único caso, en multitud de publicaciones.

ENSAYOS DE GERMINACION

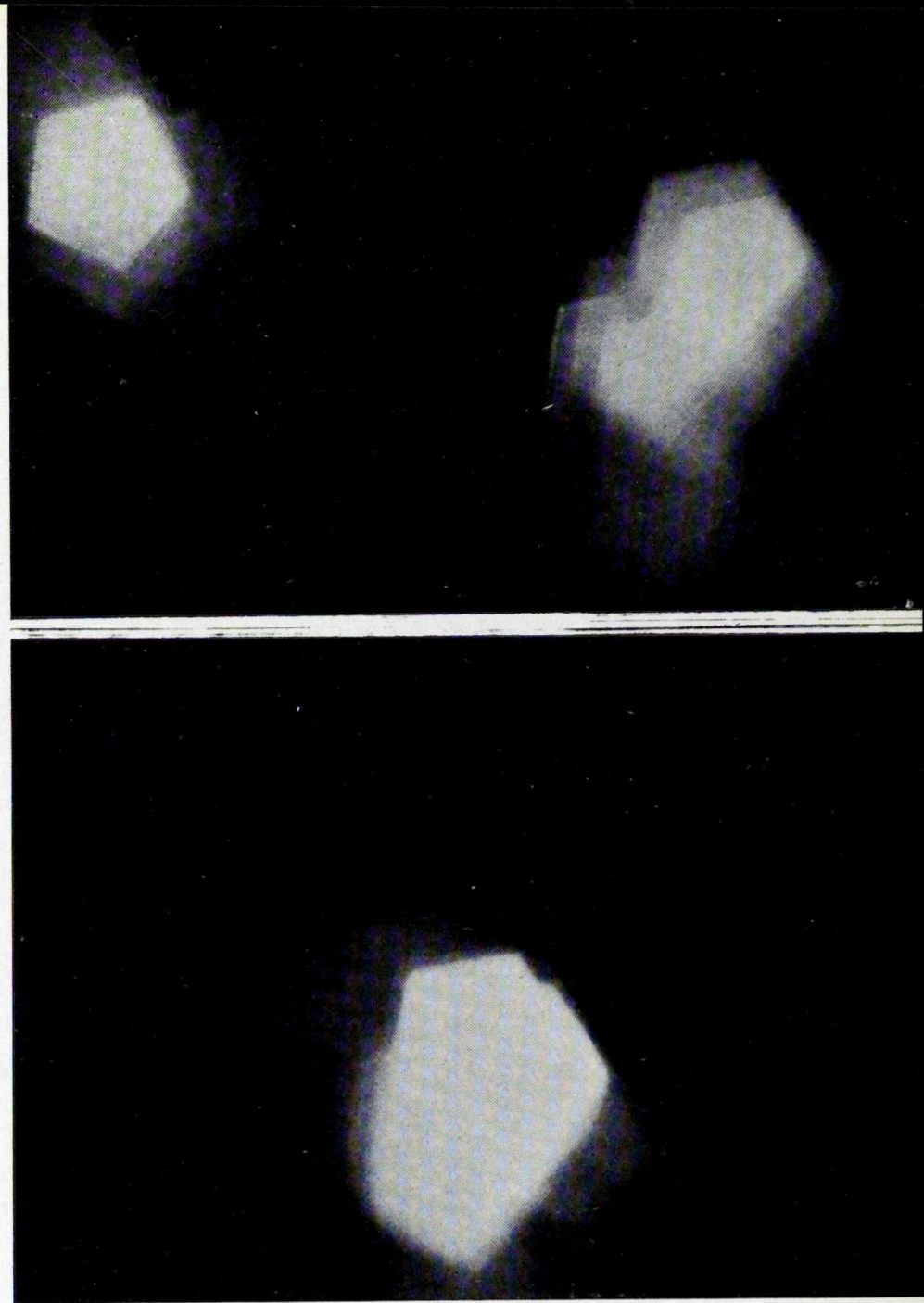
Artemisia monosperma es una planta perenne de regiones áridas y arenosas. Sus semillas (aquenios) necesitan de luz para germinar y son muy sensibles a la falta de luz. Se ha intentado medir la penetración de la luz en los suelos estudiando la respuesta de estas semillas puestas a germinar bajo capas de arena de diferente espesor. Obvio es decir que en estos casos sólo se determina la respuesta de las semillas, pero no la intensidad ni la calidad de la luz que las alcanza, aunque algo podría deducirse si se repitiesen estas investigaciones en laboratorio empleando luces monocromáticas diversas y con varias intensidades para intentar reproducir la misma respuesta. Que sepamos, esto no se ha hecho.

Cuando las semillas de *Artemisia monosperma* se pusieron a germinar a 10° C., después de haberlas embebido en agua y bajo luz continua que pasaba a través de filtros de arena de uno, dos y tres milímetros de espesor, las germinaciones obtenidas fueron, respectivamente, del 96, 23 y 9 por 100. Teniendo en cuenta que la germinación a plena luz alcanzó el 98 por 100 y que en la oscuridad sólo llegó al 7 por 100, puede concluirse que la luz penetró suficientemente hasta un milímetro de profundidad y que no llegó a los tres milímetros.

Todo ello, por supuesto, en el caso particular de la arena empleada, de la intensidad y calidad de luz que necesita para su germinación la muestra de semillas de *A. monosperma* utilizada y de las restantes condiciones en que se realizó esta experiencia, cuyos resultados no son generalizables.

MEDICIONES DIRECTAS

Se han realizado algunas mediciones directas de la transmisión de la luz a través de capas de arena de cuarzo empleando un espectrofotómetro. Se encontró, en primer lugar, que una capa de 5 mm. de espesor de tierra arcí-



Imágenes obtenidas a través de tierra fina de maceta. Capa de 1,5 mm. de espesor. Arriba: un minuto de exposición; abajo: cinco minutos.

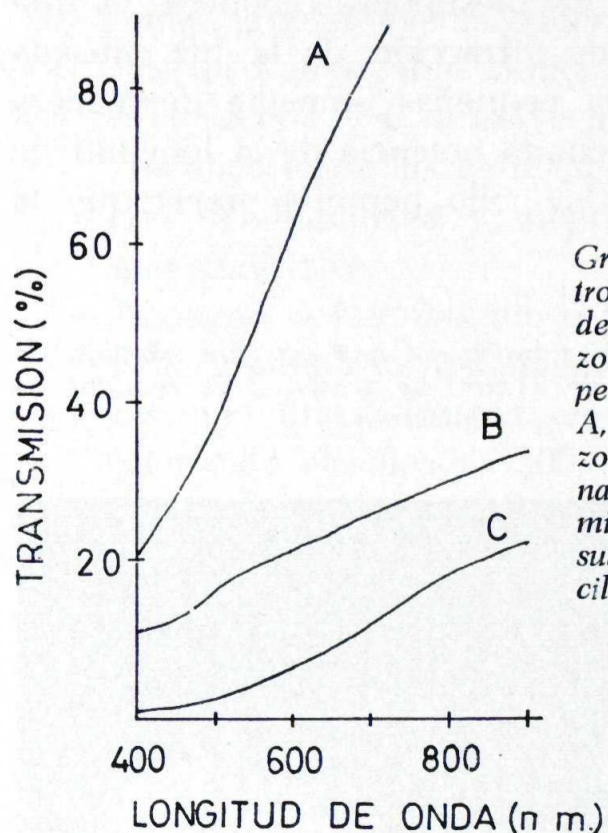


Gráfico 4.—Espectro de transmisión de arena de cuarzo y de una suspensión de arcilla. A, arena de cuarzo (5 mm.); B, arena de cuarzo (10 milímetros); y C, suspensión de arcilla (5 mm.). (De Wells).

llo-limosa húmeda impedía totalmente el paso de la luz de cualquier longitud de onda. Los resultados obtenidos cuando se utilizaron capas de 5 y 10 mm. de espesor de arena cuarzosa húmeda y suspensiones diluidas de arcilla se indica en el gráfico 4 y en el cuadro 2.

Cuadro 2

RELACION ENTRE EL PORCENTAJE DE TRANSMISION DE LONGITUDES DE ONDAS LARGAS A CORTAS (De Wells)

Tipo de filtro	Relación de los porcentajes de transmisión	
	655 nm/450 nm.	735 nm/655 nm.
Arena de cuarzo, 10 mm.	6,0	1,6
Arena de cuarzo, 5 mm.	2,5	1,2
Suspensión de arcilla	1,9	1,1

Nota: 1 nm.=10 amstrong.

La conclusión de estos estudios es que las mayores longitudes de onda son las que tienen mayor capacidad de penetración, lo que coincide con los presupuestos teóricos, ya que la cantidad de difracción de la luz causada por partículas pequeñas aumenta de manera inversa a la cuarta potencia de la longitud de onda de tal luz; ello permitía prever que la

Imagen obtenida a través de una capa de mantillo oscuro, húmedo, de 3 mm. de grosor. Tres minutos de exposición.

luz roja penetraría en el suelo a mayor profundidad que la luz azul, la cual se perdería por difracción. Los resultados de las investigaciones confirman esta previsión, pero parece que la pérdida de luz azul es aún mayor de lo previsto, lo que puede ser debido a fenómenos de absorción y refracción.

Como se puede observar, la longitud de onda de mayor penetración coincide con la que produce efectos inhibidores en el caso de semillas de germinación sensible a la luz, lo que disminuye todavía más la profundidad eficaz de penetración de luz susceptible de estimular la germinación.

OTRAS DETERMINACIONES

Puede tenerse una idea bastante aceptable, aunque de escaso valor científico, de las profundidades alcanzadas por la luz en tierras naturales de distintas textura y estructura, registrando la luz que pasa a través de capa de espesor variable con una cámara fotográfica. Las fotografías del autor incluidas en este artículo muestran algunos ejemplos. Una conclusión obvia es que la penetración es mucho mayor cuando el terreno situado inmediatamente por encima de la semilla está formado por gránulos de buen tamaño y no se encuentra apelmazado o pulverizado excesivamente.

FERNANDO BESNIER

REFERENCIAS

- GAUSSMAN, H. W. et al. (1973): «Reflectance discrimination of cotton and corn at four growth stages». *Agronomy Journal*, vol. 65, marzo-abril, págs. 194-198.
- KOLLER, D. et al. (1964): «Germination-regulating mechanisms in some desert seeds. VIII. *Artemisia trinosperma*. *Plant and Cell Physiology*, vol. 5, páginas 85-100.
- ROLLIN, P. (1975): «Le phytochrome et le rôle de la lumière dans la germination». En: CHAUSSAT y LEDEUNFF (eds.), *La germination des semences*. Gauthier-Villars, París, págs. 45-57.
- SMITH, H. (1973): «Light quality and germination: ecological implications». En: HEYDECKER (ed.), *Seed ecology*. Butterworths, Londres, págs. 219-231.
- WELLS, P. H. (1959): «Ecological significance of red light sensitivity in germination of tobacco seed». *Science*, vol. 129, 2 enero, págs. 41-42.

