

CARLOS VAZQUEZ-YANES*
ALMA OROZCO-SEGOVIA*

Summary

During a year the longevity of buried and imbibited seeds was studied, also the effect of the spectral composition of the light on seed germination was investigated, on Verbesina greenmanii, a secondary growth plant from the tropical rain forest. The seed were placed in plant growth chambers with modified light composition, and under natural light conditions in the forest. Other experiments were carried out on the effect of the red (660 nm) and far red light (730 nm). The results show that the seeds may remain dormant in the soil and in imbibed condition. The spectral composition of the light plays an important role on the regulation of seed germination. The seeds are stimulated to germinate by the red light and inhibited by the far red light.

Introducción

El estudio de la ecofisiología de la germinación de las semillas permite comprender en forma más precisa los mecanismos que regulan la longevidad de las semillas en el suelo, el rompimiento de la latencia, la germinación y el establecimiento de las plantas en condiciones naturales. Este aspecto de la biología de las plantas es de mucho interés en el estudio de aquellas especies que se establecen solamente en áreas alteradas o destruidas de la vegetación madura, ya que en la vegetación no alterada dichas plantas persisten solo en forma de semilla.

Con respecto a las semillas de algunas de estas especies, hay evidencias de que la alteración de la cubierta vegetal natural es la fuente de estímulos ambientales que desencadenan la germinación en el suelo (18).

Las poblaciones de algunas plantas pioneras heliofilas de corta vida dependen para sobrevivir de poseer mecanismos eficientes de conservación de semillas viables en el suelo, que germinen sólo cuando las condiciones ambientales externas sean propicias para el desarrollo de los individuos; o sea, cuando la cubierta vegetal natural ha sido alterada y la luz solar incide directamente sobre el suelo (13, 19, 20).

V. greenmanii es una compuesta arbustiva muy abundante en la vegetación secundaria temprana de terrenos en barbecho y claros amplios de la selva, en regiones cálidas y semicálidas de México. Las plantas de esta especie producen aquenios pequeños, alados que se diseminan por el viento en la época seca del año. Se han reportado semillas en el suelo de la selva madura (6). Esta especie es abundante en la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas de la Universidad Nacional Autónoma de México en el Estado de Veracruz. De ese lugar proceden las semillas empleadas en la investigación y en él se efectuaron los experimentos y observaciones de campo.

¹ Recibido para publicación el 12 de noviembre de 1981

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (Proyecto PCECNAL 790222). Los experimentos en cámaras y cajones de composición espectral de la luz controlada fueron efectuados en el Departamento de Botánica de la Universidad de Leicester en Gran Bretaña, contando con el asesoramiento y apoyo del Dr. Harry Smith.

* Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Apartado Postal 70-233, Deleg. Coyoacán - C.U. 04510 México, D.F.

Las características de la Estación han sido descritas en detalle por Lot (10).

En un trabajo previo (18) se describieron los efectos de la temperatura y la germinación en luz y obscuridad en *V. greenmanii* y otras compuestas pioneras: *Bidens pilosa* L., *Eupatorium macrophyllum* L., *Epittierii* Klatt y *Vernonia deppeana* Less. Todas ellas presentaron semillas fotoblásticas, al igual que *V. caracasana* Rob. & Greenm. de Sudamérica (14).

Con el antecedente anterior se procedió a realizar experimentos de longevidad de semillas en el suelo de la selva y en condiciones de imbibición y se estudió el efecto de la calidad de la luz sobre la germinación, tanto en condiciones artificiales como en el campo, para profundizar en el entendimiento de los factores que regulan la conservación de semillas viables en el suelo y el disparo de la germinación cuando ocurre una perturbación del dosel vegetal, los experimentos de viabilidad complementan al estudio de la latencia, ya que permiten integrar un panorama del más probable comportamiento de las semillas en condiciones naturales, al obtenerse simultáneamente información acerca de las posibilidades que las semillas tienen de sobrevivir en el suelo y de los factores externos que impiden o desencadenan su germinación.

Es sabido que la luz solar sufre un notable cambio en composición espectral al ser transmitida o reflejada por el follaje verde de la vegetación (8, 12). Este cambio produce una modificación en la distribución fotónica del espectro luminoso, se reduce la energía en la porción correspondiente al color rojo (660 nm), sufriendo un incremento relativo en la porción correspondiente al infrarrojo cercano y en particular en el color rojo lejano (730 nm). Las mediciones efectuadas en la selva madura con un espectrofotómetro portátil (2) indicaron valores de ς (sigma) 0.01 a 0.3 en la luz difusa, a nivel del suelo, en diferentes puntos dentro de la selva. A valores similares han llegado otros autores que han medido la composición de la luz en la vegetación tanto tropical (8) como bajo otros tipos de doseles (15).

Según Monteith (12), ς expresa el valor de la relación Rojo/Rojo lejano que resulta de dividir la energía del espectro luminoso concentrada en 660 nm entre la que se encuentra en la franja de 730 nm (1).

Cuando las semillas se encuentran en medios iluminados cuya luz presenta un valor de ς muy bajo, su fitocromo se mantiene en su forma inactiva y las semillas permanecen latentes. La germinación se inicia al producirse un incremento energético en la porción roja del espectro que tiene lugar al aumentar

la intensidad de la luz que llega al suelo sin incidir sobre follaje verde (5, 9, 14, 17, 20). El papel del pigmento fitocromo como sensor ambiental en las semillas es bien conocido (3, 4, 11).

Materiales y métodos

Las semillas fueron colectadas a partir de varios individuos diferentes en el momento que estaban siendo diseminadas. Un ejemplar de herbario que respalda la identificación se encuentra depositado en el Herbario MEXU con el número Vázquez—Orozco 54.

Todos los experimentos salvo el de semillas enterradas, fueron efectuados en cajas de Petri de 10 cm de diámetro sobre agar puro al 1% en agua destilada, empleando 100 semillas por caja.

Los experimentos realizados fueron: 1) longevidad durante un año en semillas enterradas, 2) longevidad de semillas imbibidas, almacenadas en obscuridad, 3) efecto de la composición espectral de la luz en cámaras de crecimiento, 4) efecto de la luz difusa de la selva en condiciones naturales y 5) efecto de exposiciones breves y alternantes a luz de color rojo y rojo lejano.

- 1) El experimento de longevidad en el suelo consistió en mezclar 200 semillas con 10 g de suelo de la selva esterilizado, para eliminar semillas previamente presentes en él. La mezcla fue introducida en bolsas de malla de nylon que se cerraron y enterraron en el suelo de la selva madura a 5 cm de profundidad, cada mes se extrajo una bolsa y las semillas se pusieron a germinar en un cristizador dentro de una cámara de crecimiento a 25°C y 12 h de fotoperiodo.
- 2) El experimento de longevidad por un año en imbibición consistió en sembrar semillas en cajas de Petri que fueron cubiertas con pliegos de papel de aluminio y polietileno y después almacenadas en la obscuridad a 25°C. Cada mes una caja sembrada era desenvuelta y expuesta a la luz en la cámara Conviron después de verificar la germinación en oscuridad.
- 3) El experimento de germinación en cámara de crecimiento, en condiciones de calidad de luz controlada, fue efectuado en las cuatro cámaras construidas por Heathcote *et al.* (7). Las cuatro cámaras funcionaron a 25°C con un fotoperiodo de 12 horas. El valor de la relación R/RL para cada cámara fue: la cámara uno $\varsigma = 2.3$ representando una área descubierta, la cámara dos $\varsigma = 0.58$ represen-

tando una sombra vegetal producida por un dosel delgado; la cámara tres, $\zeta = 0.23$ representando sombra de un dosel relativamente denso y la cámara cuatro, $\zeta = 0.20$ representando la sombra de un dosel muy denso. La energía luminosa total de las cámaras es de 10 a 15 veces mayor que la que existe en el suelo de la selva a mediodía.

- 4) Los experimentos de germinación en el suelo de la selva se efectuaron con cajas de Petri sembradas que se colocaron en cuatro lugares de selva madura, dos lugares de vegetación secundaria de aproximadamente 14 años de edad y bajo una sombra no vegetal en descubierto que produce una luz difusa de composición espectral muy diferente a la de una sombra vegetal. La germinación fue verificada después de un mes.
- 5) Los tratamientos de exposición a luz de color rojo y rojo lejano fueron efectuados en dos cajones contruidos exprefeso. El cajón de luz roja estaba provisto de un plafón luminoso formado por tubos fluorescentes "daylight" (60 w) cuya luz atraviesa una capa de perpex rojo del número 400 (de ICI) y un vidrio transparente incoloro. El cajón de luz color rojo lejano tiene un plafón luminoso formado por bombillas de tunsteno-halógeno de 60 w parcialmente sumergidas en una cámara de agua corriente para enfriar y eliminar el infrarrojo. La luz producida atravesó una capa de perpex rojo y otra de perpex verde. Ambos tipos de lámparas producen luz de diferente composición espectral que al pasar por los filtros perpex adquiere las propiedades requeridas (14). Las semillas fueron sembradas en la oscuridad y después de dos días se expusieron durante períodos de 10 a 30 minutos al efecto de la luz de una u otra cámara o de ambas consecutivamente, para verificar si el fitocromo de las semillas es activado y desactivado por la luz de color rojo y rojo lejano respectivamente. Después del tratamiento las cajas de Petri fueron almacenadas en la oscuridad a 25°C por un mes antes de verificar la germinación.

Resultados

Los resultados de los experimentos de viabilidad en el suelo y en condiciones de imbibición se presentan en la Figura 1. Se observa que en ambos casos a) viabilidad en el suelo; b) condiciones de imbibición, hubo semillas que permanecieron viables pero el porcentaje final de germinación fue bajo, ya que disminuyó de más de 50% a menos de 10% en un año. Los resultados obtenidos en las cámaras de calidad de luz controlada se presentan en la Figura 2. Se observa que la disminución del valor de ζ disminuye la germina-

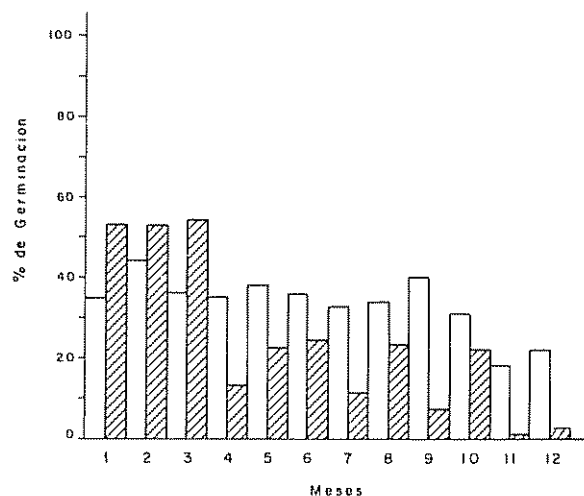


Fig. 1. Se muestra el porcentaje de germinación obtenido después de cada mes de almacenamiento. Las columnas rayadas corresponden a la germinación obtenida después de desterrar las semillas y las columnas blancas corresponden a la germinación obtenida después de exponer a la luz las semillas almacenadas imbibidas en la oscuridad.

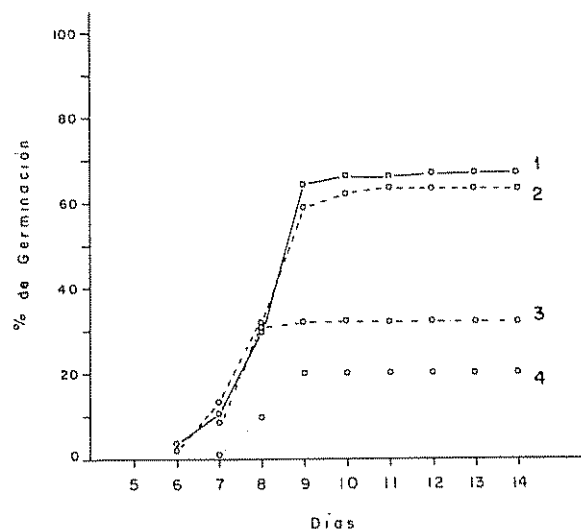


Fig. 2. Desarrollo de la germinación en las cuatro cámaras de calidad de luz controlada que simulan: 1- terreno descubierto, 2- dosel delgado, 3- dosel intermedio, 4- dosel denso.

ción y la velocidad con la que ésta se presenta. Los resultados obtenidos del experimento de germinación en el campo se presentan en el Cuadro 1, se observa menos germinación bajo la sombra vegetal, que la que se obtiene bajo una sombra artificial. Los resultados de exponer las semillas a luz de color rojo y rojo lejano se presentan en el Cuadro 2, se observa que el efecto estimulante de la luz roja es totalmente revertido por el rojo lejano cuando este tratamiento

Cuadro 1. Germinación de semillas de *Verbesina greenmanii* en diferentes ecosistemas.

Localidad	Germinación (%)	\bar{X}
Bosque maduro		6.25
1	7	
2	7	
3	7	
4	4	
Bosque secundario		10.50
5	17	
6	7	
Sombra artificial al descubierto		53.00
7	55	
8	51	

Cuadro 2. Efecto de tratamientos de luz de color rojo (R) y rojo lejano (RL) sobre la germinación de *Verbesina greenmanii*.

Tratamiento ¹	Germinación (%)
R ₁₀	11
R ₂₀	16
R ₃₀	17
RL ₁₀ R ₁₀	14
RL ₂₀ R ₂₀	20
RL ₃₀ R ₃₀	28
R ₁₀ RL ₁₀ R ₁₀	16
R ₂₀ RL ₂₀ R ₂₀	19
R ₃₀ RL ₃₀ R ₃₀	31
RL ₁₀	0
RL ₂₀	0
RL ₃₀	0
R ₁₀ RL ₁₀	0
R ₂₀ RL ₂₀	0
R ₃₀ RL ₃₀	1
RL ₁₀ R ₁₀ RL ₁₀	0
RL ₂₀ R ₂₀ RL ₂₀	0
RL ₃₀ R ₃₀ RL ₃₀	0

¹ La cifra indica el tiempo (minutos) de irradiación aplicado en cada tipo de luz.

es aplicado en último término, lo cual corresponde con lo observado en varios experimentos de diversos autores en especies de semillas fotoblásticas (4, 9, 14, 17).

Discusión

El éxito de las plantas pioneras, al igual que el de las hierbas anuales (13) depende de la potencialidad de sus semillas para sobrevivir latentes en el suelo y de germinar solo cuando las condiciones ambientales externas representan una razonable probabilidad de sobrevivencia de las plántulas y de alcanzar la edad reproductiva; por esta razón, es de esperar que este tipo de especies presenten una latencia impuesta por factores externos que prevenga la germinación cuando las condiciones para el establecimiento sean desfavorables, pero que no la impida cuando estas se tornen favorables.

Las semillas de *V. greenmanii* presentan una viabilidad relativamente baja al ser liberadas, pero la porción de semillas viables es capaz de sobrevivir en el suelo por varios meses y en condiciones de imbibición. La viabilidad decae más rápidamente en el suelo que en cajas de Petri, pero al año de enterradas las muestras aún presentan semillas viables, lo cual puede permitir una mayor acumulación de semillas viables en el suelo cuando se presenta una nueva estación de fructificación; o sea, una parcial superposición de generaciones de semillas.

Al igual que en otras compuestas tropicales las semillas son fotoblásticas y permanecen latentes en bajos valores de ζ (14, 18). Este fenómeno puede ser de particular importancia en tanto las semillas permanecen en la superficie del suelo después de ser diseminadas; ya que, cuando las semillas quedan enterradas o alojadas en cavidades oscuras del suelo, la total oscuridad de esos medios impide la germinación.

Cuando el dosel vegetal es destruido por una perturbación, el aumento de valor de ζ puede desencadenar la germinación abrupta de aquellas semillas que se encuentran al alcance de la luz.

Las semillas de *V. greenmanii* en condiciones naturales pueden formar parte del banco de semillas del suelo y que probablemente ese banco tenga características similares a las descritas por Thompson y Grime (16), como del tipo tres; o sea, una parte de las semillas producidas en una estación de fructificación germina al caer en terrenos descubiertos. De aquella porción de semillas que cae en terrenos cubiertos de vegetación, una parte importante se integra al banco de semillas latentes del suelo, del cual las pérdidas principales son por pérdidas de viabilidad, parasitismo y probablemente también por predación, hasta que ocurre una perturbación del dosel vegetal que desencadena la germinación.

Esta predicción surge del análisis conjunto de los resultados de campo y de laboratorio que se plantearon en esta investigación.

Resumen

Durante un año se estudió la longevidad en el suelo y en condiciones de imbibición de las semillas de *Verbesina greenmanii* Urban, que crece en una región de selva tropical húmeda, formando parte de la vegetación secundaria. Se investigó también el efecto de la composición espectral de la luz sobre la germinación en cámaras de composición espectral controlada, en el medio ambiente y bajo el efecto de luz de color rojo (660 nm) y rojo lejano (730 nm). Los resultados indican que las semillas pueden permanecer viables y latentes en el suelo y que la composición espectral de la luz juega un papel importante en el control de la germinación. La germinación es estimulada por la luz roja e inhibida por la de color lejano.

Literatura citada

1. BELL, C. and ROSE, D. A. Light measurement and the terminology of flow. *Plant, Cell and Environment* 4:89-96, 1981.
2. FRANÇOIS, G., RUIZ, E. y VAZQUEZ-YANES, C. Diseño y construcción de un espectrofotómetro de campo. *Turrialba* 25(2):128-131.
3. FRANKLAND, B. Phytochrome control of seed germination in relation to the light environment. In: Smith, H. (Editor) *Light and plant development*. pp. 477-491. Butterworths, London, 1976.
4. FRANKLAND, B. and LETENDRE, J. Phytochrome and effects of shading on growth of woodland plants. *Photochemistry and Photobiology* 27:223-230, 1978.
5. GORSKI, T. Germination of seeds in the shadow of plants. *Physiologia Plantarum* 34:342-346, 1975.
6. GUEVARA, S. and GOMEZ-POMPA, A. Seeds from surface in a tropical region of Veracruz, Mexico. *Journal of the Arnold Arboretum* 53:312-335, 1972.
7. HEATHCOTE, L., BAMBRIDGE, K. R. and McLAREN, J. S. Specially constructed growth cabinets for simulation of the spectral photon distribution found under natural vegetation canopies. *Journal of Experimental Botany* 30(115):347-353, 1979.
8. HOLMES, M. G. and SMITH, H. The function of phytochrome in the natural environment. II The influence of vegetation canopies on the spectral energy distribution of natural daylight. *Photochemistry and Photobiology* 25:547-550, 1977.
9. KING, T. J. Inhibition of germination under leaf canopies in *Arenaria serpyllifolia*, *Veronica arvensis* and *Cerastium holosteroides*. *New Phytologist* 75:87-90, 1975.
10. LOT, A. La Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas, pasado, presente y futuro. In: Gómez-Pompa, A., Vázquez Yanes, C., Del Amo, S. y Butanda, A. (editores) *Regeneración de selvas* pp. 31-69. Compañía Editorial Continental, S. A. México, 1976.
11. McLAREN, J. S. and SMITH, H. Phytochrome control of the growth and development of *Rumex obtusifolius* under simulated canopy light environments. *Plant, Cell and Environment* 1:61-67, 1978.
12. MONTEITH, J. L. Spectral light distribution of light in leaves and foliage. In: Smith, H. (editor) *Light and plant development* pp. 447-460. Butterworths, London, 1976.
13. ROBERTS, E. H. and TOTTERDELL, S. Seed dormancy in *Rumex* species in response to environmental factors. *Plant, Cell and Environment* 4:97-106, 1981.
14. ROODEN, J. VAN., AKKERMANS, L. M. A. and VEEN, R. VAN DER. A study of photoblastism in seeds of tropical weeds. *Acta Botanica Neerlandica* 19(2):257-264, 1970.
15. STOUTJESDIJK, PH. A note of the spectral transmission of light by tropical rain forest. *Acta Botanica Neerlandica* 21(4):346-350, 1972.
16. THOMPSON, K. and GRIME, J. P. Seasonal variation in the seed bank in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67:893-921, 1979.
17. VEEN, J. VAN DER. The importance of the red - far red antagonism in photoblastic seeds. *Acta Botanica Neerlandica* 19(6):809-812, 1970.
18. VAZQUEZ-YANES, C. Estudios sobre ecofisiología de la germinación en una zona cálida húmeda de México. In: Gómez-Pompa,

A, Vázquez-Yanes, C., Del Amo, S. y Butanda, A. Regeneración de Selvas, pp. 279-287. Compañía Editorial Continental, S. A. México, 1976.

19. VAZQUEZ-YANES, C. Notas sobre la ecofisiología de la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol. Turrialba 29(2):147-149, 1979.
20. VAZQUEZ-YANES, C. Light quality and seed germination in *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* from a tropical rain forest in Mexico. Phytol 38(1):33-35, 1980.

Reseña de libros

OLSON, G.W. Soils and the environment. A guide to soil surveys and their applications. Chapman and Hall, New York, N.Y. 1981. 178 p.

Este texto fue preparado para proveer información generada por la descripción de perfiles y mapas de suelos, indicando los principios de agrupamiento de

suelos, y para discutir algunos aspectos específicos de su aplicación. El lector a quien se dirige este libro es la persona común, o sea cualquiera interesado en el uso del suelo y de la tierra.

Los primeros capítulos introducen al lector en la terminología de aspectos morfológicos del suelo, análisis de laboratorio y nomenclatura del sistema americano de clasificación de suelos. Hasta el capítulo 4 se trata de una discusión edafológica simplificada.

A partir del capítulo 5 se describe un sistema de computarizar información y su posterior interpretación al clasificar tierras, controlar la erosión, establecer correlaciones con rendimientos de cosecha, consideraciones y planeamiento para el futuro.

La forma en que se presenta la información está de acuerdo con la audiencia a la que está dirigida la obra. Quizá por esta razón no debe buscarse datos cuantitativos nuevos ni adelantos científicos sobresalientes del tema. El autor no incluye valiosa información generada sobre inventario de recursos naturales y publicada por el centro de enseñanza al cual pertenece.

ALFREDO ALVARADO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SAN JOSE, COSTA RICA