

LA GERMINACION Y EL ESTABLECIMIENTO DE LAS PLANTAS COMO EPISODIOS ECOLOGICOS

Académico de Número Ing. Agr. ALBERTO SORIANO

En esta exposición me referiré en primer lugar a algunos aspectos generales del tema, trataré algunos de los principales factores y procesos que intervienen y por último hablaré de dos casos acerca de los que tenemos experiencia directa: el de la altamisa (*Ambrosia tenuifolia* Spreng.) y el del sorgo de Alepo (*Sorghum halepense* (L.) Pers.).

Bajo su aparente modestia, este tema encierra un interés considerable, tanto desde el punto de vista científico básico como del aplicado. Las características ecológicas de la germinación y del establecimiento de las plantas puede tener importancia en relación con: la instalación de los cultivos; la invasión de las malezas; la sucesión y la persistencia de las propiedades esenciales de un sistema o comunidad vegetal.

La siembra de un cultivo puede dar como resultado, desde un rápido logro de la densidad óptima de plantas vigorosas, hasta el fracaso total. Ese amplio rango de posibilidades obedece a las complejas interacciones que se establecen entre la situación fisiológica de la semilla empleada, las técnicas aplicadas y la marcha de factores del clima y del suelo.

La invasión de malezas se produce gracias a las estrategias adaptativas desarrolladas por esas plantas que frecuentemente incluyen mecanismos muy particulares en cuanto a la germinación y al establecimiento.

La sucesión es un proceso de cambios en la composición de la comunidad vegetal, puesto en marcha por una perturbación o una catástrofe cualquiera: incendio, inundación, erosión, avalancha, desmonte, labores agrícolas, etcétera. Dentro de cualquiera de los modelos que han sido descriptos para representar esos cambios sucesionales (Connell y Slatyer, 1977), las posibilidades de germinación y de establecimiento de especies que formaban parte o que no pertenecían a la comunidad perturbada, cumplen un papel importante en el proceso.

Algunos *sistemas ecológicos*, llámense bosques, selvas, pastizales, etc., son *capaces de persistir sin cambios en cuanto a sus propiedades esenciales*, aún cuando se vean sometidas a grandes disturbios. También en este caso, la germinación y el establecimiento de algunos de los componentes de la comunidad puede tener que ver con el fenómeno, es decir, con la persistencia del sistema.

Dentro de cualquiera de estos procesos o fenómenos —siembra, invasión, sucesión y persistencia— una serie de factores activos controla los episodios ecológicos de la germinación y el establecimiento. Pero antes de referirme a algunos de esos factores creo conveniente hacer una distinción entre los dos episodios mencionados.

La germinación se da por consumada cuando la radícula ha emergido de los tegumentos u otras cubiertas del propágulo en cuestión. Entre esa si-

tuación y el establecimiento media el crecimiento de distintos órganos que aseguran la emergencia y la capacidad de la nueva planta para fotosintetizar. El éxito final del nuevo individuo está, por supuesto, muy ligado al resultado de la competencia que puede establecerse con otros individuos de la misma o de otras especies. Pero este aspecto de la cuestión, de gran importancia agrícola y ecológica, no será tratado en esta exposición.

Resulta evidente que el hecho de distinguir entre la germinación y el crecimiento posterior de la plántula permite analizar separadamente los factores y condiciones que intervienen en cada caso. Muchos de los factores que actúan lo hacen influyendo tanto la germinación como el crecimiento posterior, pero los efectos, los rangos en que obran y el control que ejercen pueden ser muy distintos en un caso y en otro.

Una enumeración de los factores activos incluiría: agua, temperatura, luz, oxígeno, dióxido de carbono, etileno, pH, impedancia del suelo, sustancias alelopáticas, labores agrícolas, pastoreo, fuego y predación. Hay entre estos factores grandes diferencias en cuanto a importancia y grado de complejidad. Las labores agrícolas, el pastoreo y el fuego, lo mismo que la predación actúan de una manera múltiple modificando varios factores a la vez, o directamente, eliminando individuos.

A continuación mencionaré algunos ejemplos que ilustran el papel de los factores agua, temperatura y luz.

El factor agua es fundamental tanto para la germinación como para el crecimiento posterior. El grado de contacto de la semilla con una película de agua líquida determina diferencias sensibles de la respuesta. La semilla ubicada en un intersticio del suelo puede estar totalmente rodeada por agua líquida, parcialmente en contacto con películas de agua retenidas por las partículas y grumos, o rodeada por la atmósfera del suelo. El efecto del grado de contacto de la semilla con el agua puede ser ilustrado con los resultados de un experimento en el que semillas de arveja fueron colocadas en cuatro condiciones distintas: 1) en caja de petri con una capa de agua de 1 mm en el fondo, 2) sobre placas de vidrio poroso, con dos tamaños de poros, saturadas de agua primero y luego sometidas a succión de 10 cm de agua para eliminar el agua libre de la superficie 3) sobre una malla de nylon colocada a su vez por encima de papel de filtro saturado de agua, dejando una capa de aire de 1 mm. Las arvejas en contacto directo con el agua absorbieron una cantidad de agua igual a su propio peso seco en pocas horas y germinaron a los tres días. Las semillas sobre placas de vidrio poroso o en atmósfera húmeda absorbieron agua con un ritmo mucho más lento. Los dos tipos de poros causa de distinto grado de rugosidad de la placa, no produjeron diferencias en la absorción; de todos modos el ritmo fue el doble que el registrado por las semillas sobre la malla de nylon y esto, a pesar que el agua en los poros forma meniscos y por tanto no está en contacto con la semilla (Currie, 1973).

Aun cuando el ritmo de absorción de agua al estado de vapor por parte de las semillas sea lento, el fenómeno puede tener consecuencias para el comportamiento ecofisiológico. Se ha comprobado que las semillas de chamico (*Datura ferox* L.), una maleza de cultivos estivales, se hallan dormidas al tiempo de completar su maduración. Diversos tratamientos pueden romper el bloqueo y entonces germinan a temperaturas alternadas de 20-30°C. Cuando las semillas dormidas fueron mantenidas durante cuatro semanas en atmósfera saturada de vapor a 20°C se despertaron, y más del 60 %

germinaron. En cambio, si durante las cuatro semanas las semillas eran mantenidas en contacto con agua líquida o secas, a 20°C también, cuando se las incubó a 20-30° C la germinación fue apenas superior a 20 % o sólo 2 %, respectivamente (de Miguel y Soriano, 1974).

El agua influye sobre la germinación y el crecimiento posterior, en algunas especies a través de algún efecto distinto del de la imbibición requerida por la actividad celular. Hace años, trabajando bajo la dirección de Fritz Wentt en el fitotrón de Pasadena, California, pude comprobar que la intensidad y la duración de la lluvia influían sobre la germinación de *Erucaria boveana* y de *Carrichtera annua*, dos especies del desierto de Negev. Cien milímetros de lluvia resultaron mucho más efectivos cuando fueron suministrados en un período de 24 horas que cuando cayeron en una hora. Pero cuando la lluvia fue de 200 mm, *Erucaria boveana* no respondió a la duración de la lluvia. Aparentemente, la germinación respondería a la intensidad del lavado de las semillas y esa intensidad puede ser función del tiempo, con ciertos volúmenes de lluvia, independiente del tiempo, con volúmenes mayores. Además, en el caso de *Erucaria boveana*, las hojas de plantas procedentes de semillas que habían recibido 200 mm de lluvia eran más numerosas y más anchas que las que habían permanecido sumergidas en agua durante el período de lluvia o sólo regadas al comienzo del ensayo. En este último caso las hojas eran pinatífidas, mientras que en plantas de semillas con 200 mm de lluvia eran bipinatífidas (Soriano, 1953).

La temperatura, como el agua, influye tanto sobre la germinación como sobre el crecimiento necesario para la emergencia y el establecimiento.

Cuando la temperatura del suelo no es la óptima, como suele ocurrir en siembras tempranas de zanahoria y otras hortalizas, el tiempo hasta emergencia se prolonga considerablemente. Cuanto más largo es el período en que la semilla permanece en el suelo sin producir una planta establecida, mayores son los riesgos de que ese proceso fracase por la acción de patógenos o de los mismos factores físicos. Estas dificultades y los avances en el conocimiento de la fisiología de las semillas han sido los que han impulsado durante los últimos años diversos adelantos tecnológicos en este campo. Utilizando dos de esas técnicas, Sánchez y col. (1981) lograron acortar el período de germinación y hasta emergencia en siembras de zanahoria. Las semillas de zanahoria Chatenay Red Cored cebadas con solución de SO_4Mg (- 12 b) llegaron a su valor máximo de germinación cuatro días antes que los testigos. El cebado aceleró significativamente la emergencia y tanto más cuanto más temprana (menores temperaturas) fue la siembra. El adelanto en la emergencia se tradujo en un aumento del tamaño de las plantas medido dos meses después de la siembra (Sánchez y col., 1981).

La luz actúa, como factor del ambiente de las plantas, impulsando no sólo la fotosíntesis sino también una serie de fenómenos morfogenéticos, que en este caso se denominan fotomorfogenéticos. Uno de ellos es la germinación. Hay semillas que requieren luz para germinar. El fenómeno responde tanto a la calidad como a la intensidad de la luz. Como en todo fenómeno mediado por la luz, es preciso que alguna sustancia —un pigmento— la absorba. Una vez excitado, el pigmento inicia una serie de actos biofísicos y bioquímicos que desembocan en una respuesta; en el caso que estamos tratando la respuesta es la germinación.

Las semillas y muchos órganos vegetales poseen un pigmento denominado fitocromo, que se presenta en dos formas o isómeros interconvertibles,

para los que se usa la notación Pr y Pfr. Cuando el Pr de las células de una semilla embebida en agua absorbe luz roja contenida en el espectro de la luz solar o de cualquier otra fuente, se transforma en Pfr. Esta es la forma activa del pigmento, que pone en marcha el proceso hacia la respuesta fotomorfogenética.

Gracias a este mecanismo, las semillas que se encuentran en la capa superficial del suelo pueden percibir las señales indicadoras del ambiente en que se encuentran. Semillas de lechuga colocadas debajo del canopeo de un cultivo de maíz con líneas distanciadas a 1,10 ó 0,70 m germinaron más que cuando las líneas se hallaban más próximas (Gorski, 1975). Cuando se comparó la germinación que se obtiene exponiendo las semillas a luz solar de baja intensidad con la de semillas colocadas debajo de un canopeo denso, se observó inhibición en 16 de un total de 30 especies utilizadas. Parece probable entonces que la ausencia de plántulas debajo de un canopeo denso se deba, por lo menos en parte, a la calidad de la luz que llega a ese lugar. Las semillas que son capaces de percibir la naturaleza del ambiente luminoso en que se encuentran y no germinan debajo de un canopeo denso, pueden hacerlo en lugares donde no hay otras plantas adultas establecidas y de ese modo se aseguran mayor cantidad de recursos (agua, luz, nutrientes) para las nuevas plántulas.

Tanto la germinación como el establecimiento son fenómenos del tipo conocido como "todo o nada". Una semilla germina o no germina y una plántula logra establecerse o no lo logra. El "todo" en estos casos depende de que una serie de factores activos se den en magnitud y forma adecuada en el *sitio* donde está la semilla. El concepto de "*sitio seguro o apropiado*" ha sido desarrollado hace algunos años por Harper y sus colaboradores (1977). Todas las técnicas de preparación del suelo para la siembra y de la siembra misma deberían tener como objetivo *la creación* de sitios seguros para la especie que se cultiva y *la anulación* de la mayor cantidad posible de sitios seguros para las semillas de las malezas. El camino hacia ese objetivo tiene aún mucho más de arte que de cosa científica, para la información existente y las tendencias actuales apuntan a un desarrollo racional de este campo. Existen pruebas experimentales de las diferencias aparentemente sutiles que pueden existir entre un sitio seguro y uno que no lo es. En una de estas pruebas, una mezcla de semillas de *Plantago media*, *Plantago lanceolat* y *Plantago major* fue sembrada en un suelo cuya superficie había sido tratada haciendo improntas de distinto tipo o colocando objetos de variada naturaleza. El diseño de distribución diferencial de las dos especies de *Plantago*, seguía fielmente la distribución de varios de los micrositos creados en el experimento (Harper et al., 1965).

Los dos casos de los que me ocuparé a continuación han sido estudiados durante los últimos años por investigadores del grupo de trabajo en el que me incluyo.

Entre las personas de este grupo, que han contribuido a generar la información que he de utilizar debo citar a Rodolfo Sánchez, Claudio Ghera, Emilio Satorre, Miguel van Esso, Pedro Insausti, Ricardo Kirton y otros.

Ambrosia tenuifolia, la altamisa, es una compuesta que vive en la Provincia fitogeográfica Pampeana llegando hasta el norte de la Patagonia. En la Depresión del Río Salado es notorio que la altamisa puede presentarse en distintos lugares con muy variada densidad y vigor de sus individuos. Por otra parte, muchos intentos de reemplazo del pastizal natural o seminatural

por pasturas cultivadas se ven enfrentados a la aparición de una densa población de altamisa. Estas características, unidas al hecho de no ser consumida por los vacunos hacen de ella una planta indeseable. Se trata pues de un componente de las comunidades espontáneas de un área, que ante disturbios provocados por el hombre pone en evidencia estrategias invasoras. Se asemeja en esto a *Stipa brachychaeta*. La altamisa posee raíces gemíferas, además de las semillas, como medios de propagación.

Me referiré aquí a la información que hemos logrado en relación con la germinación y el establecimiento de nuevos individuos. Los experimentos llevados a cabo intentaron aclarar el efecto de las siguientes variables:

- Acción del pastoreo.
- Eliminación del pastoreo.
- Labranza del suelo.
- Corte de la cubierta herbácea.

En un lugar clausurado al pastoreo durante cuatro años, una inundación de características excepcionales, ocurrida durante el invierno, había provocado la muerte de las raíces gemíferas de altamisa. Recién año y medio después se realizaron los ensayos a cuyos resultados me estoy refiriendo. En ese momento no había altamisa en la clausura de cuatro años, lo cual indica que no se había producido una nueva población a partir del banco de semillas. La labranza efectuada con arado rotativo eliminó la cubierta vegetal y perturbó el suelo produciéndose un gran flujo de germinación. A la espera de otros resultados experimentales, estos hechos pueden interpretarse como el resultado de los efectos de la luz antes mencionados. El canopeo denso formado durante cuatro años de clausura determina que la luz, al atravesarlo, se empobrezca en Rojo, enriqueciéndose por lo tanto, en términos relativos, en Rojo lejano. La alta proporción de RL impediría la germinación de las semillas de altamisa ubicadas en la capa superficial del suelo, aun cuando todas las otras condiciones fueran favorables. Por las mismas razones —falta de estímulo por luz rica en Rojo— las semillas despiertas ubicadas en el perfil del suelo se hallarían impedidas de germinar. Al ser llevadas a la superficie y expuestas a plena luz, debido a la labranza, se produjo la aparición de un gran número de plántulas. El menor número de plántulas en una clausura de un año, cuando se practicó la misma labranza, puede atribuirse a un banco de semillas menor. El corte de la cubierta herbácea produjo el mismo efecto que la labranza, pero en menor magnitud, lo cual admite la interpretación ya expuesta. En estos casos, en que el suelo no fue removido, sólo la parte del banco de semillas que se encuentra sobre la superficie del suelo respondería al tratamiento. El pastoreo influiría del mismo modo que el corte, exponiendo a la luz rica en Rojo, semillas que se encuentran en la superficie del suelo (Insausti y Soriano, 1982).

Estos hechos ilustran cómo el manejo del pastizal natural y los disturbios que la naturaleza y el hombre introducen, provocan modificaciones en el ambiente subterráneo y aéreo que controlan la germinación y el establecimiento de la altamisa.

El sorgo de Alepo es una especie invasora difundida en muchas regiones templadas del mundo, que ha sido considerada como una de las diez malezas más perjudiciales (Holm y Herberger, 1969). Esta planta posee dos formas de perpetuarse: una reproductiva, a través de semillas y otra vegetativa, mediante rizomas. Me ocuparé aquí sólo de la estrategia basada en las semillas y su germinación.

Las semillas que caen de las panojas al suelo, en su mayor parte, se hallan dormidas. Por consiguiente, antes de poder responder a las condiciones apropiadas para su germinación debe pasar por un proceso de desbloqueo que modifique su situación fisiológica, transformándose así en una semilla despierta.

Para lograr ese desbloqueo, las semillas de sorgo de Alepo dependen del hombre, como parte integrante del sistema en el cual la planta ejerce su profesión de maleza.

Las labores agrícolas, sobre todo el arado de reja y vertedera, entierran las semillas que se encuentran sobre la superficie del suelo, pasando a integrar así la porción invisible del banco. Después de una arada, por ejemplo la que se practica para preparar el suelo para un cultivo de maíz, el 80 % de las semillas caídas durante el ciclo anterior, es enterrado, distribuyéndose más o menos uniformemente en la capa movida por el arado. Si se practica una segunda arada, parte de las semillas enterradas vuelven a la capa superficial del suelo. La eficiencia del desentierro es menor y sólo es colocado en superficie del 30 al 35 % de lo que se enterró (Van Esso, *inédito*). Para la semilla del sorgo de Alepo no tiene el mismo significado permanecer en la superficie del suelo o estar enterrada. Los factores ecológicos que actúan sobre ella en uno y otro sitio son distintos y tienen efectos distintos. El resultado es una gran diferencia en cuanto a desbloqueo o pérdida de la dormición en los dos grupos de la población.

Las labores agrícolas han constituido sin duda una fuerza selectora de la evolución de muchas plantas y el sorgo de Alepo, como otras malezas, ha desarrollado estrategias adaptativas gracias a esa selección antrópica. Los cambios de ubicación de la semilla en el perfil del suelo, provocados por las labores, son percibidos por la semilla gracias a las señales ecológicas diferentes que recibe a través de las condiciones de humedad, temperatura, presión de O₂, pH, etcétera. De acuerdo al carácter de esas señales, la semilla continúa dormida, entra en un proceso de desbloqueo, o germina.

Estos hechos muestran como el hombre, al manipular el agrosistema con el fin de crear sitios seguros para la germinación y el establecimiento de las plantas agrícolas, crea simultáneamente sitios seguros para las malezas.

La oportunidad y la magnitud de los flujos de germinación del sorgo de Alepo en el período primavera-verano-otoño dependen de la ubicación de las semillas del banco y de la disponibilidad de agua.

Cuando la temperatura del suelo llega a valores adecuados, es el agua del suelo la que controla el flujo de germinación. En la región maicera bonaerense se producen por lo general dos flujos de germinación.

Las condiciones ecológicas diferentes de distintos sistemas agrícolas en un mismo lugar se manifiestan en el número de plántulas que se instalan en cada uno de ellos.

La densidad de plántulas es mayor en los cultivos invernales. Esto no se debe a que el cultivo de maíz no ofrezca, en principio, lugares apropiados, sino a la labor de aporque que elimina gran número de plántulas.

Cuando se comparó la densidad de plántulas de sorgo de Alepo de la pradera durante el primer año de su implantación con la del verdeo de invierno, llamó la atención que fuera mucho menor la primera, ya que la historia previa de ambos sistemas había sido similar. La razón de la diferencia podría residir en el distinto estado que presentan los dos sistemas durante el período en que las condiciones permiten la germinación del sorgo de Alepo. Los flujos de germinación en la región maicera ocurren normalmente entre

octubre y noviembre. En este período el verdeo está en la finalización de su ciclo, con crecimiento bajo o nulo y escasa cobertura, mientras que la pradera posee un ritmo de crecimiento aún elevado, por lo menos en alguna de las especies integrantes, y una cobertura total del suelo. Esto determinaría diferencias importantes en cuanto a la marcha de la temperatura, la disponibilidad de agua y la calidad e intensidad de la luz en la capa superficial del suelo. Se podría pensar en un modelo simple según el cual: a) la cobertura determina un retraso del momento en que la temperatura del suelo es adecuada para la germinación y b) cuando esto ocurre la disponibilidad de agua pasa a ser el factor limitante, ya que al haber avanzado la estación, es probable que se produzcan condiciones de alta demanda atmosférica (Satorre y Ghera, *inédito*).

Si se considera que la nueva planta de sorgo de Alepo se halla establecida cuando ha producido un rizoma capaz de perpetuarla, las respuestas en las condiciones ecológicas que ofrecen los distintos sistemas agrícolas son diferentes.

La formación de rizos es muy precoz y los rizomas son más vigorosos en las plantas de sorgo de Alepo correspondientes al cultivo de maíz. En el otro extremo se hallarían los rizomas que proceden de una pradera cultivada (Ghera y col., *inédito*).

Como se ve, existe una diferenciación bien evidente de las respuestas de la germinación y el establecimiento del sorgo de Alepo a las variadas características ecológicas practicadas en la llanura pampeana. Todo proyecto inteligente de reducir la población de sorgo de Alepo debería partir del conocimiento de dichas características y relaciones.

Bibliografía

- Connell, J. H. y R. O. Slatyer. 1975. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The Americ. Nat.* 111(982) 1119-1144.
- Currie, J. A. 1973. The seed-soil system, in Heydecker, W. (ed.) *Seed Ecology*, 465-480.
- de Miguel, L. C. y A. Soriano. 1974. The breakage of dormancy in *Datura ferox* seeds as an effect of water absorption. *Weed Res.* 14:265-270.
- Ghera, C. M.; León, R. J. C. y E. H. Satorre (*ex-aequo*). Dinámica de la población de rizomas de sorgo de Alepo. Importancia de las plantas menores de un año (*inédito*).
- Gorski, T. 1975. Germination of seeds in the shadow of plants. *Physiologia Plantarum*, 34:342-346.
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of plants*. Acad. Press, London, 892 pp.
- Harper, J. L.; Williams, J. T. y G. R. Sagar. 1965. The behaviour of seeds in soil. Part. 1. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. *J. Ecol.*, 53:273-286.
- Holm, L. y C. H. Herberger. 1969. The world's worst weeds. *Proc. Sud. Asian Pacific Weed Control Interchange* 1-14.
- Insausti, P. y A. Soriano. 1982. Comportamiento de las semillas de *Ambrosia Tenuifolia* (altamisa) en un pastizal de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). *Rev. Fac. Agr.*, 3(1)75-80.
- Satorre, E. H. y G. M. Ghera. *Sorgum halepense* (L) Pers. rhizome bud emergence and its relation with some environmental factors (*inédito*).
- Sánchez, R. A.; Kramarovsky, E.; Vallejo, E.; Fernández Lozano, J. y J. Tognetti. 1981.

- Efectos de tratamientos de presiesmbra sobre el comportamiento a campo de semillas de zanahoria y pimiento. Rev. Fac. Agr., 2(3)173-181.
- Soriano, A. 1953. Estudios sobre germinación I. Rev. Inv. Agr., 7(4)315-340.
- Van Esso, M. L. Dinámica de la población de cariopses de sorgo de Alepo en el perfil suelo (*inédito*).