

¿SABE UD. LO QUE ES LA ALELOPATIA?

Juan Ormeño N.
Francisco Pérez C.*

No importa si son cultivadas, malezas o silvestres, todas las plantas, unas más que otras, producen compuestos químicos que en algún momento inhiben el crecimiento de sus plantas vecinas. El centeno es uno de ellos.

LA RELACION ENTRE PLANTAS Y LA AGRICULTURA

La agricultura consiste en eliminar plantas que originalmente ocupaban el suelo de un ecosistema determinado (especies silvestres) las que se reemplazan por otras que al hombre le interesa producir (cultivos). Las plantas que interfieren con esta actividad pasan a constituirse en malezas.

Desde que el hombre comenzó a producir artificialmente alimentos, es decir desde los inicios mismos de la agricultura, se dio cuenta que las plantas individuales o con mayor espacio de suelo crecen y se desarrollan mejor que las que lo hacen en conjunto. En otras palabras, observó que en una porción de suelo determinado sólo puede crecer un número limitado de plantas y este número es decreciente en la medida que aumenta el volumen de sus raíces. Para comprobarlo, mire

una almaciguera o un manchón de malezas al estado de plántulas, o cualquier grupo de plantas en los inicios de su crecimiento, en un principio el suelo es capaz de sustentar una gran cantidad de individuos y a medida que estos crecen, la población disminuye, para quedar sólo algunos ejemplares que llegan finalmente a reproducirse.

Por siglos se ha observado empíricamente que si dos plantas crecen contiguas, ya sea de una misma especie o de otra, una muere o bien las dos crecen débiles. Evidencias de este fenómeno han sido reportadas desde la época de los romanos, por los pueblos agrícolas asiáticos, durante la edad media, por las culturas agrícolas americanas y, particularmente por los agricultores contemporáneos. ¿Qué es lo que produce este tipo de interacciones?

INTERACCION ENTRE PLANTAS: COMPETENCIA Y ALGO MAS

Desde que comenzó a estudiarse la agricultura utilizando el método científico, se ha aceptado que esta interacción negativa entre las plantas era producto exclusivo de la **competencia** entre ellas.

Las plantas compiten en forma activa al extraer con sus raíces y follaje algún factor de crecimiento. Cada uno de estos factores se estudiaron con gran ahínco, llegándose a la conclusión que los más importantes son la luz solar, el agua y los nutrientes minerales. La agricultura mirada de esta forma, consiste en agregar los factores de crecimiento para que las plantas cultivadas los utilicen. Las plantas no crecerán adecuadamente si alguno de ellos es limitado.

Grupos aislados de ecólogos aventuraron decir que el espacio para el desarrollo de raíces era otro factor de competencia, pero las pruebas para demostrarlo no fueron suficientes para convencer a los rigurosos científicos de principios de siglo, que insistían que el suelo sólo es un sostén de anclaje y un reservorio de "extractables".

A pesar de lo sólido e irrefutable que resulta la comprobación científica de la acción de estos factores, para muchos biólogos, agrónomos y particularmente agricultores con un alto espíritu de observación de los fenómenos biológicos, seguía presente la idea de que los residuos (materia orgánica en todas sus formas) y la

acción de las raíces tenían algo que ver con el crecimiento de las plantas. En efecto, se siguió observando inhibiciones importantes del crecimiento no tanto como producto de interferencia por la luz para efectuar fotosíntesis, sino que más bien restringidas a nivel del suelo. En esa época existían serias sospechas que era a este nivel donde se producían las interacciones negativas y que las inhibiciones observadas no se explicaban variando los niveles de fertilizantes y del agua y tampoco eran explicados por el tipo o variación de los coloides inorgánicos. Quedaba, por lo tanto, como única posible fuente de explicación la fracción orgánica del suelo, es decir los residuos de plantas. En ciencias, existen muchos ejemplos de casos repetidamente observados que se ignoran o se tratan lateralmente, porque no se han comprobado a través del método experimental.

ALELOPATIA Y ALELOQUIMICOS

Por años el fenómeno permaneció sin caracterizarse y sólo después de la revolución verde, que comenzó en los años 60, fue posible confirmar la presencia de toxinas exudadas tanto por las raíces o por el follaje, al contar con técnicas lo suficientemente precisas como para aislar y cuantificar el fenómeno. Había nacido el sello que garantizaba la existencia científica de la alelopatía.

La palabra **alelopatía** (que proviene del griego **allelo** que significa entre sí, recíprocamente y **pathos** enfermedad, anormalidad) se acuñó para describir el efecto que ejercen las sustancias tóxicas de unas plantas sobre

otras. Curiosamente, a pesar de lo común y de lo generalizado del concepto en el conocimiento popular, en particular en las comunidades agrícolas, la palabra alelopatía no aparece listada en las últimas versiones del Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. Nuestro idioma riquísimo en giros idiomáticos para los poetas, para los biólogos sigue siendo a veces una fuente de frustración.

Durante este último tiempo se ha demostrado la presencia de un sinnúmero de sustancias, algunas muy potentes que actúan en pequeñísimas cantidades produciendo cambios cualitativos y cuantitativos en las plantas. Estos compuestos se conocen como **aleloquímicos** y son los que, en definitiva, actúan como inhibidores del crecimiento de otras especies, incluso, sobre ellas mismas. Estas sustancias químicas que, en general, son metabolitos secundarios, es decir productos que no utilizan directamente las plantas en su metabolismo normal, están presentes en prácticamente todos los tejidos. De estructuras químicas muy diversas, se han identificado entre ellos a los ácidos fenólicos, flavonoides, quinonas, esteroides, terpenoides, ácidos grasos insaturados, etc. Estudios químico-ecológicos los han encontrado responsables de una gran variedad de fenómenos de interacción entre las plantas, indicando que existe una fuerte relación entre ellos y la rusticidad y agresividad de las especies, siendo por lo tanto agentes reguladores de las poblaciones de plantas.

Como consecuencia de estos avances, en la actualidad cuando

un conjunto de plantas interactúan, se dice que entre ellas se establece la acción llamada **interferencia**. Ella resulta de la coacción de dos efectos claramente identificables: (1) **competencia** por un factor de crecimiento que resulta limitante si su demanda es constante y (2) **alelopatía**, es decir de la naturaleza inhibitoria de los compuestos químicos liberados por las raíces de la plantas vecinas o por los residuos orgánicos en descomposición.

Tanto los exudados radicales como los productos de descomposición de los rastrojos de las plantas son sustancias que ejercen una acción inhibitoria del crecimiento de una serie de especies. Este fenómeno se ha tratado de utilizar para favorecer el crecimiento de las plantas cultivadas por sobre las malezas. Sin embargo, son muy pocos los cultivos que exhiben estas características y en general son más bien las malezas las que inhiben a los cultivos.

Una de las explicaciones más aceptadas, ya que hay muchas y muy variadas, es que los cultivos han sido seleccionados fuertemente por rendimiento y calidad del órgano consumido y, consciente o inconscientemente, se ha hecho una selección negativa de la rusticidad de las especies mejoradas, entre ellas las propiedades alelopáticas. Una muestra de esta afirmación es la siguiente. En un estudio realizado con 3 mil variedades de avena, se encontró que sólo 25 de ellas eran capaces de exudar por la raíz el poderoso aleloquímico escopoletina, propiedad que presentan todas las avenas silvestres y malezas. En estudios que hemos

realizado recientemente en aleopatía, se encontró que la avenilla (*Avena fatua* L.), principal maleza gramínea en cereales, exudó activamente compuestos, entre ellos la escopoletina, que inhibieron fuertemente el crecimiento inicial de todas las variedades de trigo probadas.

Las inhibiciones no sólo se restringen a la acción directa de las raíces sobre otras raíces sino que además al efecto de los residuos que quedan de las plantas que ya cumplieron su ciclo reproductivo. En la literatura existen numerosos casos de fuertes inhibiciones al crecimiento producto de los residuos dejados por las plantas.

Muy conocido es el fenómeno que ocurre en el replante o resiembra: tratar de resembrar inmediatamente después de la incorporación de los residuos de cultivos tales como frejoles, alfalfa, arroz, etc., resulta en un fracaso mayúsculo, ya que la mayoría de las plantas no emergen o bien mueren al estado de plántulas. El monocultivo normalmente produce menos que la sucesión de ellos y no siempre son las condiciones fitosanitarias (plagas, enfermedades y malezas) las responsables de la caída de los rendimientos.

En huertos frutales es también conocido el problema del replante: si se vuelve a replantar con la misma especie u otra diferente en el mismo lugar donde se ha arrancado un árbol, las plantas nuevas no crecen en buenas condiciones. Lo mismo ocurre al plantar en suelos "enchepicados" (alta infestación de pasto bermuda, *Cynodon dactylon*). Casos como estos se pueden citar mu-

chos, algunos rigurosamente estudiados y fundamentados, otros, quizás, formando parte del riquísimo folklore agronómico.

Sea cual sea el origen de las sustancias y su estructura química, a nivel práctico se sabe que la única forma de evitar todos estos problemas es labrando el suelo y esperar un tiempo, es decir, hacer "descansar" el terreno. Inequivocadamente esto indica que las sustancias inhibitorias o aleloquímicos que están en el suelo se descomponen con el tiempo y que su efecto, por lo tanto, depende de las concentraciones en que ellas se encuentran. Nada nuevo bajo el sol, diría un viejo productor.

Los bosques de pinos y eucaliptus no dejan crecer otras especies una vez que sus raíces se entrecruzan. Algunos cultivos anuales como el sorgo, el centeno y otros perennes como la caña

de azúcar, la alfalfa, espárragos etc., a pesar de haber sido seleccionados solamente por la producción, también han mostrado en terreno una alta capacidad de inhibición del crecimiento de plantas vecinas. A todos esos cultivos se les conoce como "competidores" con las malezas y de manera directa o indirecta se utilizan con este propósito en las rotaciones culturales. En este aspecto puntual, trabajos que hemos realizado sobre las propiedades alelopáticas del centeno (*Secale cereale* L.) han demostrado que dicho cereal (Foto 1a y 1b) es el único capaz de exudar a través de sus raíces, potentes aleloquímicos que inhiben el crecimiento de varias especies de malezas, incluida la avenilla (Figura 1).

A pesar de lo anterior y como regla general dentro de las relaciones planta-planta, siempre ha llamado poderosamente la atención



Foto 1. Cultivos de (a) trigo y (b) centeno, sembrados en iguales condiciones y sin control de malezas. El centeno es el único cereal que tiene incorporado un bioherbicida capaz de inhibir el crecimiento de malas hierbas.

a los productores la tremenda agresividad y rusticidad de las malezas en comparación con los cultivos. Todos ellos saben que la mayoría de las plantas cultivadas compitiendo "mano a mano" con las malezas, no tienen por donde ganar, por lo que siempre hay que darles "una manito".

Desde el punto de vista evolutivo, las malezas o plantas adventicias (ocasionales) que causan daño económico han basado su estrategia de sobrevivencia en dos mecanismos biológicos. Primero en un sistema de reproducción muy eficiente, es decir semillas producidas en grandes cantidades, que quedan vivas en el suelo por años (dormantes) y de alta capacidad de dispersión, complementado con un sistema de reproducción a través de propágulos vegetativos. En segundo lugar, la rusticidad para tolerar condiciones extremas y la alta capacidad de adaptación a nuevas condiciones en una variedad de nichos ecológicos. En las malezas, la presencia de ácidos orgánicos, alcaloides, derivados arsenicales y cianhídricos, etc. tanto en raíces y follaje son indicadores inequívocos de potentes inhibidores del crecimiento. Estos compuestos les han permitido desplazar especies con relativa facilidad e invadir todos los terrenos cultivados.

De esta forma, las malezas son actualmente uno de los componentes agronómicos más importantes que inciden en los rendimientos de los cultivos anuales y perennes y en la medida que se maximiza la producción, ellas adquieren mayor importancia. Los agroquímicos usados para com-

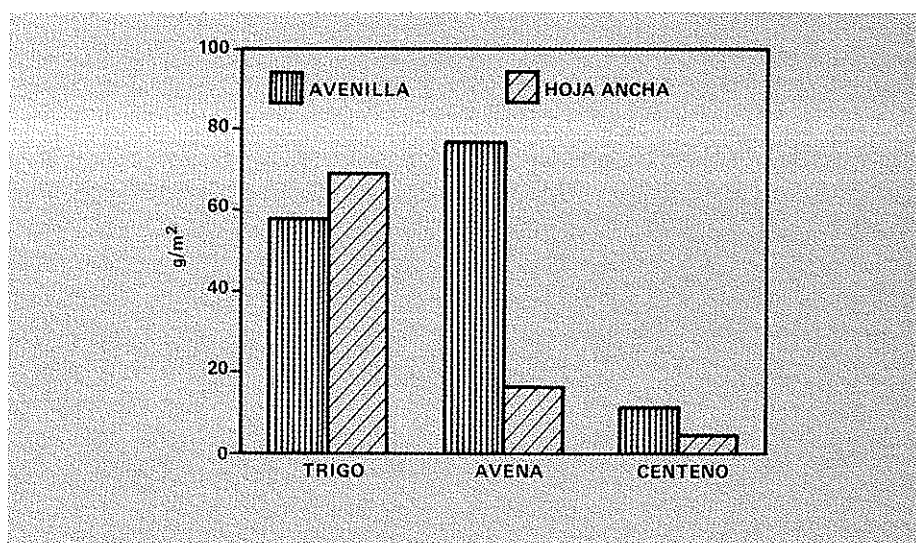


Figura 1. Materia seca de malezas (g/m²). Avenilla y especies de hoja ancha presentes en el cultivo del trigo, avena y centeno.

batir las malezas, conforman un perfecto círculo vicioso: con su uso se eliminan eficientemente como para producir utilidades durante el año pero sin eliminar el problema definitivamente. El agricultor los usará siempre, ya que sabe que sin ellos no puede tener éxito económico pero también sabe que en la próxima temporada tendrá que volver a repetir la aplicación. Como prueba de ello está el hecho que los herbicidas sintéticos se han usado intensamente por casi medio siglo y el resultado es que han cambiado las especies de malezas de acuerdo a la mayor o menor resistencia a los herbicidas, pero el problema en su conjunto sigue inalterable.

CONCLUSIONES

La presencia de compuestos químicos que afecten el crecimiento de otras plantas ya sea en forma "pasiva", por acción de los residuos que dejan las plantas al cumplir su ciclo, o activa a través de secreciones radiculares al medio, constituyen la base de los efectos alelopáticos. El estudio sistemático de la alelopatía sólo se ha realizado recientemente, a pesar de que, por siglos, sus efectos han sido observados en la práctica. La baja concentración, la diversidad estructural y la dificultad en recolectar los compuestos químicos liberados por las plantas *in vivo* son los problemas de más difícil solución. Todo parece indicar que con el desarrollo de nuevas técnicas de separación y análisis químico, como también de recolección de compuestos volátiles y no volátiles, permitirá aumentar notablemente el conocimiento de las relaciones alelopáticas entre las plantas. El impacto que estos estudios puedan tener en la agricultura pueden ser muy significativos, ya sea mejorando el rendimiento de los cultivos, racionalizando el uso de agroquímicos sintéticos (hasta la fecha los únicos e indiscutidos "biocidas") o, en resumen, ayudando en la práctica de una agricultura sustentable. ●