

LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE PLAGAS EN LA AGRICULTURA: INSECTICIDAS - FUNGICIDAS - HERBICIDAS.

EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LOS PRODUCTOS FITOSANITARIOS (INSECTICIDAS, FUNGICIDAS CURASEMILLAS Y HERBICIDAS). LA GENERACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE. CHEMICALS TRAITS, Y SU IMPACTO EN EL FUTURO SISTEMA PRODUCTIVO.

AUTOR SUBCAPÍTULO INSECTICIDAS

**ING. AGR. DANIEL
IGARZÁBAL**

Director L.I.D.E.R.

AUTOR SUBCAPÍTULO FUNGICIDAS

ING. MARCELO CARMONA
INTA

AUTOR SUBCAPÍTULO HERBICIDAS

DR. EDUARDO S. LEGUIZAMÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE
ROSARIO

INSECTICIDAS.

AUTOR

ING. AGR. DANIEL IGARZÁBAL

Director L.I.D.E.R.

INTRODUCCIÓN.

LOS INSECTICIDAS SON HERRAMIENTAS DEL MANEJO DE PLAGAS QUE TIENEN SU ORIGEN EN LA MODIFICACIÓN DE AMBIENTES POR EL HOMBRE. SEAN DE USO AGRÍCOLA O SANITARIO, HAN SIDO CONCEBIDOS PARA EVITAR DAÑOS A LA SALUD POR VECTORES DE ENFERMEDADES O PARA EVITAR PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN CULTIVOS. EN DEFINITIVA, PARA SATISFACER LA NECESIDAD HUMANA DE VIVIR EN SOCIEDADES ORGANIZADAS Y CON EXPECTATIVAS DE MEJORA EN LA CALIDAD DE VIDA. UN FINO HILO SEPARA LOS BENEFICIOS QUE LOS INSECTICIDAS HAN PRODUCIDO, Y SIGUEN PRODUCIENDO, DE LAS FATALISTAS PREMONICIONES DEL AMBIENTALISMO RADICAL. LAS DOS CORRIENTES TIENEN SUS ARGUMENTOS Y SUS RAZONES. NINGUNA TIENE LA VERDAD ABSOLUTA. ASÍ COMO HAY EXCESOS Y MALAS PRÁCTICAS EN USO DE INSECTICIDAS, TAMBIÉN LA VISIÓN DE LA CONSERVACIÓN POR LA CONSERVACIÓN MISMA Y SIN QUE EL HOMBRE FORME PARTE DE LO CONSERVADO, SON

ASPECTOS QUE LLEVAN A UNA CONTROVERSIA QUE AÚN HOY NO TIENE VISOS DE MEDIACIÓN O ACUERDO ENTRE LOS INVOLUCRADOS. PARA PRODUCIR ALIMENTOS EN UNA SUPERFICIE CADA VEZ MENOR EN CUANTO A LA DISPONIBILIDAD PARA AGRICULTURA, NO HAY MÉTODOS QUE SUPEREN LA PROTECCIÓN DE PLAGAS POR MEDIO DE INSECTICIDAS DE SÍNTESIS. SON ABSOLUTAMENTE NECESARIOS. PERO TAMBIÉN DEBE CONCIENTIZARSE SOBRE SUS EXCESOS Y MANEJO INADECUADO. LAS EMPRESAS LANZAN AL MERCADO NUEVOS PRODUCTOS, CADA VEZ MÁS AMIGABLES CON AL AMBIENTE, PERO SU ADOPCIÓN NO ES RÁPIDA NI MASIVA. DEBE EXTENDERSE EL CONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTOS Y LAS TÉCNICAS DE CONTROL QUE, CON UN MANEJO DIFERENTE AL CONVENCIONAL, PUEDEN GARANTIZAR LA PROTECCIÓN DE LOS CULTIVOS Y A LA VEZ TENER EL MENOR IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA.

LOS INSECTICIDAS EN EL MUNDO.

El 15 de septiembre de 2006, la Organización Mundial de la Salud (OMS) anunció que volvería a recomendar la utilización de DDT en sus campañas para combatir la malaria, después de haber descontinuado la promoción de su uso a principios de los años 80. En un comunicado, Arata Kochi, director del Programa Global contra la Malaria, señaló que para el rociado de paredes y techos, el DDT es el más eficaz de todos los insecticidas aprobados por la OMS, y que la evidencia científica de los últimos años claramente apoya esta reevaluación. “El DDT no acarrea riesgos para la salud si se utiliza adecuadamente”, dijo Anarfi Asamoah-Baah, director general auxiliar del programa para el VIH-SIDA, la Tuberculosis y la Malaria de la OMS, que cada año cuestan la vida de más de un millón de personas.¹⁷ El 3 de noviembre de 2008, en Ginebra, a instancias del Programa de la ONU para el Medio Ambiente (PNUMA) e invocando a la Convención de Estocolmo diseñada para controlar y eliminar contaminantes orgánicos persistentes, el director ejecutivo del PNUMA, Achim Steiner, urgió a los participantes de

la reunión a buscar alternativas en la lucha contra la malaria que no afecten la salud y que sean más baratas y amigables con el medio ambiente que el DDT.¹⁷ Tanto la OMS como PNUMA son organismos dependientes de la misma institución: la Organización de Naciones Unidas. Estas controversias dentro de una institución referente como la ONU son el reflejo de la historia de los insecticidas en el mundo. Productivismos a ultranza y desprecio o menoscabo por el ambiente chocan permanentemente con ambientalismos radicales. Mientras los sanitaristas pide usar insecticidas para que haya menos muertes por plagas como mosquitos (transmisores de enfermedades) y los productores agrícolas piden bajar los riesgos de pérdidas de cosecha, los ambientalistas gritan “paren de fumigar” para salvar el planeta. “Primaveras silenciosas” (Rachel Carlson)¹⁴ y “Salvando el planeta con plaguicidas y plásticos” (Dennis Avery)² son referencias de ambos extremos de la discordia. Sin embargo, ambas corrientes son coincidentes en su objetivo: salvar a la humanidad. Las discusiones se centran normalmente en los efectos sin considerar las causas.

Las plagas de origen animal (o simplemente plagas en su concepción más amplia y convencional, aunque el vocablo haga referencia también a otros organismos como patógenos y malezas) tienen un origen eminentemente antrópico. Cuando un grupo de plantas de la misma especie se siembra en un mismo sitio (cultivo) donde antes existía una vegetación silvestre, ocurre un gran desequilibrio. La gran mayoría de las especies animales que se alimentaban de la vegetación original se retira del ambiente al no encontrar su alimento milenario, pero unas pocas se adaptan y se multiplican en este nuevo escenario. El hombre ha promovido a poblaciones de organismos animales a la categoría de “plagas”. Una vez modificado el ambiente con una nueva, más homogénea y menos diversa vegetación, la situación es irreversible en cualquier tipo de agricultura, desde la convencional a la orgánica.

ter. Invadimos sus territorios, les sacamos el alimento original, invitamos a unos pocos a un gran banquete, pero los consideramos enemigos. Entonces, la respuesta a un “ataque” es armarse con un “arsenal” para derrotar al “invasor”. Solo que los nombres son otros: plaga y plaguicida. Si solamente se cambiara el concepto de “enemigo” por el de “competidor”, la estrategia sería muy distinta. No sería solo armarse para luchar, sino competir. Y para competir antes que nada hay que entrenarse. Se podrán luego utilizar estrategias de cómo vencer al rival en la contienda (incluidas las herramientas químicas), pero terminada la partida hay que entrenar nuevamente para seguir compitiendo. Y en esa contienda, los insectos particularmente, tienen una larga experiencia sobre el planeta. Aparecieron en la faz de la tierra hace 400.000.000 de años, bastante más temprano que los humanos.

Y en esa contienda, los insectos particularmente, tienen una larga experiencia sobre el planeta. Aparecieron en la faz de la tierra hace 400.000.000 de años, bastante más temprano que los humanos. (Australopitecus: 4.000.000 de años; Homo sapiens sapiens: 200.000 años). Las adaptaciones de los insectos al medio han hecho posible su supervivencia a los más diversos cataclismos, incluidas explosiones nucleares.

Aunque durante mucho tiempo se creyó que las plagas eran un castigo de las divinidades (fuera cual fuera la religión), este fenómeno siempre está relacionado a la actividad humana. Un autor español de principios del siglo XVIII escribió: “Langosta: animalito infecto y por mal nuestro conocido, según el daño que hace en los frutos de la tierra, y por tener unas alillas muy débiles suele levantarse en el aire una muchedumbre de langostas que cubren el sol y donde se asientan lo dejan todo roído y abrasado. En fin, plaga y azote de Dios por los pecados de los hombres.”⁶ Cuando los hombres o sus conquistas son amenazados, la respuesta es la confrontación, la lucha, la guerra, para defender lo que se adjudican como propiedad. Este concepto es la primera deformación del origen del problema y la causa de tantos fracasos en el control de plagas. Tomar a las plagas como enemigos es el error más grande que se puede come-

(Australopitecus: 4.000.000 de años; Homo sapiens sapiens: 200.000 años). Las adaptaciones de los insectos al medio han hecho posible su supervivencia a los más diversos cataclismos, incluidas explosiones nucleares. No resulta lógico declararles una guerra a seres con tanta experiencia. Y permanentemente nos lo están recordando. El aumento de poblaciones sobre cultivos, las adaptaciones de nuevas especies a cambios climáticos, la resistencia a insecticidas, las invasiones a zonas antes no colonizadas, son en definitiva reacciones adaptativas con la finalidad de preservar las especies. Lo cierto es que desde sus comienzos el hombre trató a los insectos que interferían con su afán de alimentar a sus congéneres humanos como enemigos declarados de sus intereses. Homero (1000 años antes de la era cristiana), refería a ciertas prácticas de control o repelencia de insectos con azufre en Grecia.⁴ A comienzos del primer siglo, los romanos

sembraban y cuidaban una especie de planta de la familia *Ranunculaceas* (*Hellebrorus foetidus*) con el fin de ahuyentar o evitar que ciertas plagas, incluidas las ratas, se acercaran a los sitios habitados.²⁶ Pero la primera cita escrita sobre el uso de herramientas para el control de plagas es del historiador romano Plinio, quien hizo una síntesis de los métodos usados en la zona mediterránea de Europa durante casi 300 años para el control de plagas. Sin embargo, muchas de estas escrituras se basan en relatos supersticiosos o regionalismos ligados a creencias religiosas. Relata en su “Historia Natural” el uso de las agallas de un lagarto verde para proteger las manzanas de los gusanos. Pero hay recomendaciones de cómo disminuir los efectos de las langostas en la región Cirenaica (hoy Libia) en tres etapas:

- A.** Desenterrar y destruir canutos
- B.** Perseguir y aplastar mosquitas y
- C.** Perseguir y destruir saltonas y en lo posible adultos antes del vuelo.

Tal vez sean las primeras citas de lo que hoy llamaríamos control cultural. Pero también había ya en la antigüedad conceptos de la eficiencia de las fuerzas naturales. El mismo Plinio señaló que los grajos (pájaro negro posiblemente relacionado con el estornino) ahuyentaban con su vuelo a las langostas, y recoge la práctica de su cría y sustento en la isla de Lemnos (en el mar Egeo septentrional) por su capacidad de salir al encuentro de las langostas por el aire haciéndolas huir.¹⁹ Este concepto tan antiguo de entender que la naturaleza colabora sin costos en el manejo de situaciones antrópicas modificadas puede aplicarse hoy en día al manejo de plagas. Trabajar con insecticidas de síntesis química como herramientas es una tarea que difícilmente pueda ser reemplazada en los próximos decenios, pero el impacto que causan puede ser reducido en forma muy importante. Ya en la era cristiana empezó a hacerse famoso el arsénico por ciertas cuestiones relacionadas con la sanidad y la alquimia. El arsénico blanco es citado para combatir plagas de ratones por Olimpiodoro en Alejandría en la época de Atila (400 años DC), y fueron los chinos quienes lo desarrollaron específi-

camente para controlar las plagas de huertas, jardines y otros cultivos hacia el año 1000.²⁶ También, en la misma época, fueron los primeros en manejar las fechas de plantación para escapar ciertas plagas. El arsénico continuó usándose durante mucho tiempo, y fue el primer producto formulado en forma casera con miel como cebo hormiguicida en Europa occidental. El límite de los siglos XVII y XVIII marca la aparición como insecticida de la nicotina, proveniente del tabaco, que hoy en día tiene su correlato sintético en los neonicotinoides. Ya en 1690 se usaba el extracto de nicotina como insecticida de contacto para matar insectos. A fines de 1700 se perfeccionó la aplicación de estos productos mediante sistemas de calentamiento de la nicotina y producción de humo, y se usó este método sobre cultivos implantados. Otras sustancias fueron usadas con poco éxito en la lucha contra las plagas en los años subsiguientes: aceites minerales y de pescado, rotenona, sulfuros, polvo de piretro, quasia y alcoholes de mercurio, entre otros. Entre 1850 y 1860 se produjo el primer gran hito en la historia de los insecticidas: la aparición del *Verde de París*.²⁴ En el Congreso Internacional de Farmacia celebrado en Bruselas en 1936, Luís Blas y Álvarez dijo en el discurso inaugural al hablar sobre química de los plaguicidas: “*Fue en 1858 en América del Norte, cuando surgió la primera manifestación eminentemente química de la lucha contra los insectos. Los colonos que cultivaban la patata viéronse un día desagradablemente sorprendidos ante la invasión de sus plantaciones por un insecto que antes vivía tranquilo en las montañas rocosas, pero que, una vez que gustó del sabroso jugo de sus tallos, decidió emigrar a las nuevas plantaciones. Esta invasión, que al principio se dirigía solamente hacia el Este, en pocos años invadió los Estados Unidos y obligó a los agricultores a buscar un remedio eficaz contra ella. Entonces surgió la aplicación del "Verde París" (aceto-arsenito de cobre) como insecticida, y la plaga pudo dominarse*”.²¹ Un insecto que vivía tranquilo en las montañas, ante la presencia de grandes extensiones de papa, se disemina rápidamente dañando el cultivo. La respuesta fue el desarrollo del primer gran insecticida a escala comercial. Esto ocurrió hace más de

150 años. Hoy este coleóptero (*Leptinostarsa decemlineata*) sigue siendo un serio problema en las plantaciones de papa norteamericanas. Tal vez fue demasiado optimista el final del discurso anterior, o subestimó la experiencia del insecto, ignorando su trayectoria de varios millones de años en esas tierras. Varios insecticidas comerciales le siguieron al *Verde de París, como el fluoruro de sodio, las sales de arsénico, los derivados del petróleo, el cianuro de potasio, el piretro, el sulfato de nicotina, el tetracloruro de carbono*, entre muchos otros. Pero la noticia más relevante de la época ocurrió en 1915. La cochinilla roja se había hecho inmune a varios insecticidas luego de 10 años de aplicaciones en California.²⁶ Otro aviso de la fauna insectil sobre su capacidad de supervivencia a situaciones extremas. El *1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano* que hasta no hace mucho tiempo se leía *Dicloro-difenil-tricloroetano* (hoy no se considera correcta), no es otra cosa que el revolucionario *DDT*. Quien descubrió sus propiedades insecticidas en 1936 fue Paul Hermann Müller, un químico suizo que recibió el premio Nobel de Medicina por su descubrimiento en 1946. Como todas las cuestiones revolucionarias, el *DDT* cambió paradigmas en dos sentidos: el de la producción y el de la conservación del ambiente, u aún hoy en día las cuestiones siguen discutiéndose.¹⁶ Entre científicos y “cientificoides” hay cientos de argumentos a favor y en contra del *DDT*, pero varias cuestiones ya no tienen discusión y son ampliamente aceptadas por la gran mayoría de la comunidad científica: **A.** ha sido el insecticida de mayor efectividad de los descubiertos hasta la actualidad **B.** ha prevenido millones de muertes por control eficaz de vectores **C.** ha creado resistencia en muchas especies de insectos **D.** es bioacumulable en la cadena trófica y muy residual en suelos **E.** puede ser transportado por el aire a grandes distancias, incluidos los polos. No terminan de resolverse otros puntos controversiales: **A.** Los efectos negativos de su residualidad (no del producto en sí mismo sino de los residuos y metabolitos) en el ambiente no han sido claramente demostrados en el mediano plazo. **B.** Los efectos cancerígenos y embriológicos tienen tantos trabajos científicos que lo demuestran como los que dicen que no lo producen. **C.** Los efectos negativos de la

bioacumulación de residuos y metabolitos se siguen discutiendo. La irrupción del *DDT* en la agricultura y la salud pública fue realmente una revolución iniciada con las aplicaciones masivas en los años posteriores a su formulación comercial a fines de la década del 40. Hoy, a 70 años de aquel acontecimiento y a 30 de su prohibición, la polémica sigue instalada. Otros clorados siguieron al *DDT*. Los nuevos grupos químicos de insecticidas sintéticos aparecieron en masa luego de la segunda guerra mundial. En 1944, (Bladan - *tetraetilpirofosfato*)¹⁰ surgieron los órgano fosforados, la *alletrina* inició la industria química de *piretroides* en 1949 y el *carbaryl* apareció como el primer carbamato insecticida en 1956. Aquí la historia abre un paréntesis en el desarrollo de nuevos grupos de principios activos hasta principios de la década del 80, cuando irrumpieron las benzoilureas (insecticidas no neurotóxicos que afectan el crecimiento de los insectos), conocidas usualmente por su sigla en inglés IGR (reguladores de crecimiento de insectos). Los insecticidas neonicotinoides y fenil-pirazoles más modernos fueron introducidos al mercado a principios de la década del 90. Desde allí han pasado casi 20 años con muy pocas novedades (*abamectina, spinosad*) en cuanto a nuevos grupos químicos insecticidas. Ahora en 2009 se lanzarán las *bisamidas* o *diamidas antranilicas*, que son insecticidas que afectan el metabolismo del calcio, como el *rynaxypyr*.

LOS INSECTICIDAS EN LA ARGENTINA DE AYER.

Respecto al uso de insecticidas, durante los primeros años en la agricultura argentina se siguieron los pasos de la tendencia mundial, especialmente la europea y norteamericana. No se han encontrado estadísticas fehacientes de los primeros insecticidas usados, pero sí hay citas y menciones de los productos que eran usados para combatir determinadas plagas. Los árboles frutales, las hortalizas y las pasturas fueron los cultivos que se protegieron primeramente en Argentina. La plaga que mayor atención atraía era la langosta (*Schistocerca americana*). En el año 1898 se dictó la primera ley referente al problema de plagas

| CRONOLOGÍA DE LOS 10 ACONTECIMIENTOS MÁS IMPORTANTES EN EL DESARROLLO DE PRINCIPIOS ACTIVOS DE INSECTICIDAS | |
|---|--|
| AÑO | ACONTECIMIENTO |
| 1000 AC | HOMERO SE REFIERE AL AZUFRE PARA AHUYENTAR PLAGAS |
| 45 | PLINIO DESCRIBE VARIOS PRODUCTOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS |
| 1850 | APARECE EL VERDE DE PARÍS |
| 1936 | DDT |
| 1944 | ORGANOFOSFORADOS |
| 1949 | PIRETROIDES |
| 1956 | CARBAMATOS |
| 1980 | IGR - REGULADORES DE CRECIMIENTO DE INSECTOS |
| 1990 | NEONICOTINOIDES Y FENILPIRAZOLES |
| 2009 | DIAMIDAS ANTRANILICAS |
| CUADRO 1 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | |

en Argentina, justamente a causa de la langosta, aunque no hay mención de productos sanitarios en esta etapa.²³ La ley 3.708, bajo la presidencia de Bartolomé Mitre, disponía entre otros artículos: “Todos los habitantes de la República entre 15 y 50 años de edad estarán obligados a prestar servicio personal y de sus medios para el combate de la langosta... con una extensión de 10 Km. del lugar de su residencia... también el personal del estado tiene obligación de combatir la langosta voladora, extinguir las larvas y los huevos... Se fijarán los salarios y será obligatoria una ocupación no mayor a 20 días continuos o 30 alternados y se pagará por la cantidad de langostas voladoras, saltonas o huevos destruidos... El propietario de un campo que tenga invasión deberá avisar a la Comisión e inmediatamente comenzar la lucha con su personal a cargo. Aquel propietario que no sufra el ataque de la langosta estará obligado a colaborar con el vecino con el 50% del personal y recursos, salvo comida.” El concepto de plaga en el estado fue introducido en 1905 con la ley 4.863, llamada de “Defensa agrícola”, que facultó al poder ejecutivo a “adoptar medidas contra la invasión de animales, vegetales o parásitos perjudiciales, siempre que éstos constituyan o puedan llegar a constituir una plaga debido al carácter extensivo invasor o calamitoso...”. De acuer-

do con esta ley, a partir de 1911 se comenzaron a declarar plagas a diversos agentes perjudiciales. En los primeros 25 años del siglo XX se fabricaban e importaban distintos productos para el control de plagas, sin una reglamentación sobre su venta o uso. Recién en 1934 el Ministerio de Agricultura dictó una resolución por la que se obligaba a los comerciantes a “declarar todos los insecticidas que fabricaban o importaban, sus análisis cualitativos y cuantitativos, u nombre de venta y las plagas que combaten para autorizar su venta.”²³

Se puede dividir la historia del uso de insecticidas en Argentina en tres etapas:

1. Etapa de los derivados minerales y naturales.
2. Etapa de los órgano clorados.
3. Etapa de la agriculturización a la siembra directa.

1. Primera etapa: Los derivados minerales y naturales.

Al enmarcar la primera etapa del empleo de insecticidas en Argentina desde sus usos iniciales hasta la aparición del DDT pueden agruparse los productos en 3 grupos principales: A. derivados del cobre y el arsénico B. derivados de productos naturales C. polisulfuro de calcio. ¹

1. A Los derivados del cobre y el arsénico.

Los primeros productos se importaron desde Europa y Estados Unidos. No existen registros concretos sobre las fechas y los usos específicos. Ya existían en Argentina a fines del siglo XIX algunas fábricas de procesos químicos relacionados con el cobre, como la planta productora de ácido sulfúrico en Barracas (1879) y otra en San Juan (1890). A partir de estas industrias y estos materiales importados, se fabricaron algunos insecticidas pero a base de mezclas de poca estabilidad. Los dos productos de mayor uso de este grupo fueron el acetoarsenito de cobre (verde de París) y el *arseniato de plomo*. Importados en los primeros años del siglo XX, tuvieron su auge y desarrollo a

gran escala con la instalación de las plantas de Compañía Química (1932), Duperial y Dupont (1935). El *verde de París*, que tuvo su apogeo en el control del escarabajo de la papa en EE. UU., y el *arseniato de plomo*, considerado el mejor y más estable insecticida para el control de insectos masticadores con el mote de ser respetuoso para los enemigos naturales, en 1949 alcanzaron 1800 toneladas de producción nacional.¹ El *verde de París*, también conocido como *verde de Schweinfurt*, es una mezcla química no constante de arsenito sódico y sulfato cúprico en presencia de ácido acético.¹¹ No hay muchos datos sobre su toxicidad real, pero se estima que varía entre los 5 y 10 mg/Kg peso vivo.²² Los productos comerciales tenían una concentración de 43% de arsénico y 24% de cobre, comercializado como polvo al 2,5% de arsénico. Las dosis usadas eran de 200 g/100 litros. Ésta era una dosis normal por hectárea, aunque dependía de la granulometría del polvo: cuanto más fino, menos dosis se usaba.

1.B Derivado de productos naturales.

El *piretro*, el *sulfato de nicotina* y la *rotenona*, fueron los tres productos de origen natural más usados en los inicios de la era de los insecticidas comerciales. El *piretro*, conocido vulgarmente como *pelitre*, proviene de una planta llamada *Chrysanthemum cinerariifolium*, a cuyos extractos se le añadía jabón potásico para producir preparados comerciales. La firma John Powell fue la primera en instalar una planta de extracción de Piretro en Argentina.¹ Si bien el *pelitre* tuvo su época de auge por su poder de volteo, la necesidad de conseguir más persistencia en los tratamientos contra las plagas agrícolas hizo que se prefirieran otros compuestos más estables en el tiempo. La *rotenona* es un compuesto que ya se usaba hace más de 2000 años para paralizar a los peces en el agua (machacando y tirando al río ciertas plantas) en África y en el Amazonas, con el objetivo de obtener mayor cantidad en menos tiempo. No fue hasta 1902 que Nagal, un químico Indú, obtuvo el producto a partir de la raíz de una planta llamada *Derris elliptica*. Posteriormente, también se extrajo de otras plantas

americanas como el Timbó. En la industria se obtiene de otra planta del género *Tephrosia*. La nicotina como insecticida natural se comercializaba en mezcla con sulfato y tuvo la misma evolución que los productos derivados naturales anteriores. La falta de persistencia los hacía muy limitados para su uso en la agricultura. Sin embargo, aún hoy estos productos siguen vigentes y son permitidos en la agricultura orgánica.

1. C El polisulfuro de calcio.

Fue un insecticida que en realidad tuvo más propiedades como fungicida. Su uso se resumió a frutales, pero que tuvo gran aceptación entre los productores. En Argentina, al principio, era preparado directamente por el productor, pero debido a lo dificultoso de lograr una mezcla uniforme de azufre y calcio en las proporciones establecidas, se comenzaron a usar los preparados industriales. Como insecticida, su principal uso en los árboles frutales fue la aplicación durante el invierno para combatir cochinillas y durante la primavera para combatir arañuelas.¹ Por cuestiones relativas a problemas de fototoxicidad y seguridad de los operarios fue paulatinamente dejándose de usar. La prohibición total en Argentina recién fue establecida en el año 1990 por el decreto 2121.

2. Segunda etapa: los órgano clorados.

El DDT fue introducido en Argentina con la licencia de la firma suiza Geigy, en 1947, cuando comenzaron los estudios para su aplicación en cultivos extensivos. En 1948, se instaló la primera planta de producción de DDT como polvo mojable al 50%, y en 1954 Atanor inició su producción en Río Tercero.¹ La toxicidad del DDT, que expresada en DL50 oral aguda varía entre 110 y 250 mg/Kg de peso vivo, es muy similar a muchos otros insecticidas de uso en la actualidad.¹⁰ Se usó en frutales para controlar *Carpocapsa*, *Grapholita* y la mosca de los frutos, en pasturas para isocas, en algodón para el complejo de orugas y en la papa para diversas plagas, entre los usos más comunes. Las dosis de i.a. (ingrediente activo) variaban entre 600 y 1500 g. de i.a./ha.¹⁰

Muy cerca en el tiempo le siguió el HCH (*Hexacloro ciclohexano*), cuyo isómero gamma depurado fue el muy utilizado *Lindano* (99,5% de isómero gamma del HCH), conocido más popularmente como “Gamexane”. La primera planta productora de *HCH* (Electrodor) se instaló en Capitán Bermudez, en 1947. Fue un producto muy usado para el control de tucuras y langostas, especialmente en cebos al 3/oo.¹¹ Cada año se consumían más de 25.000 toneladas de *HCH* para el control de estos ortópteros. El *HCH* solo podía usarse en tierras no cultivadas sobre manchones de plaga, mientras que el *Lindano* estaba autorizado sobre cultivos a razón de 400 g. de i.a./ha. Tan importante era este mercado y tan efectivo era el producto, que a fines de los 60 estas plagas ya no tenían la importancia de los años anteriores y el mercado cayó a menos de 4000 toneladas.¹ El *clordano* y el *heptacloro* abrieron el mercado de los *ciclodienes* en 1955 como muy buen hormiguicida el primero y como “desinfectante” de suelos el segundo. A ellos le siguió toda la lista de *ciclodienes* como *endrin*, *aldrin* y *dieldrin*. A excepción del *clordano* (700 mg/Kg), todos los demás insecticidas de este grupo tenían una elevada DL50 que variaba entre 11 (*endrin*) hasta 90 (*heptacloro*). El *endosulfan* se diferenciaba un poco del grupo con valores entre 130 y 160 mg/Kg. Justamente el *endosulfan*, que aún hoy usamos, tiene características particulares que lo alejan de la clasificación de un típico clorado, en especial por su modo de acción en el sistema nervioso de los insectos y por su característica de no bioacumularse. Los *ciclodienes* tenían un costo 7 veces menor por aplicación o superficie tratada que el *HCH*. La gran efectividad y el bajo costo hicieron que estos productos fueran dominantes en el mercado y en el uso para el control de plagas, especialmente tucuras. Cuando se empezaron a encontrar residuos de estos

productos en los cultivos, y fundamentalmente en la carne, surgieron las normativas legales para su prohibición basadas en el hecho de las dificultades para la exportación ganadera. Mediante el decreto 647 del 15 de febrero de 1968 se restringió el uso de *dieldrin* y del *heptacloro* para sanidad vegetal y como tucuricida. A esta norma le siguieron otras para prohibir o restringir los usos del *DDT*, el *HCH*, el *endrin* y el *heptacloro*, tanto en agricultura como su uso como desparasitarios de ganado.²⁴ La prohibición total de estos productos surgió en 1969 para el *clordano*, en 1980 para el *dieldrin* y el *HCH*, en 1990 para el *DDT*, el *aldrin* y el *endrin*, en 1992-93 para el *heptacloro*, y en 1998 para el *lindano*, aun en la salud pública.¹⁷ El *endosulfan* es el único insecticida clasificado dentro de este grupo que tiene vigencia actualmente, aunque hace varios años que se lo cuestiona.

3. Tercera etapa. Desde la “agriculturización” a la siembra directa.

Hasta mediados de la década del 60 el modelo de producción dominante en Argentina era el de explotación mixta, sobre todo en los campos de más de 200 has. A partir de esos años hubo un cambio muy notable hacia la agriculturización, y más de 5.000.000 de hectáreas ganaderas pasaron a la agricultura. Esto se acentuó a partir de 1979 con degravaciones impositivas para los cultivos en las zonas con climas menos propicios.⁶ Este cambio en el rumbo productivo incentivó un comercio de insumos diferente que mucho tuvo que ver con los agroquímicos, desde fertilizantes hasta insecticidas. Ya en el año 1970 se pudo observar la tendencia de este cambio en la cantidad de distintos insumos rela-

| PLAGUICIDAS REGISTRADOS EN LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA ENTRE 1960 Y 1970, DIFERENCIADOS POR SU ACCIÓN | | | | | |
|--|---|--------------|------------|------------|--------------|
| Año | PLAGUICIDAS REGISTRADOS EN LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA | | | | |
| | HERBICIDAS | INSECTICIDAS | FUNGICIDAS | ACARICIDAS | COADYUVANTES |
| 1960 | 26 | 36 | 36 | 7 | 3 |
| 1970 | 58 | 60 | 45 | 14 | 12 |

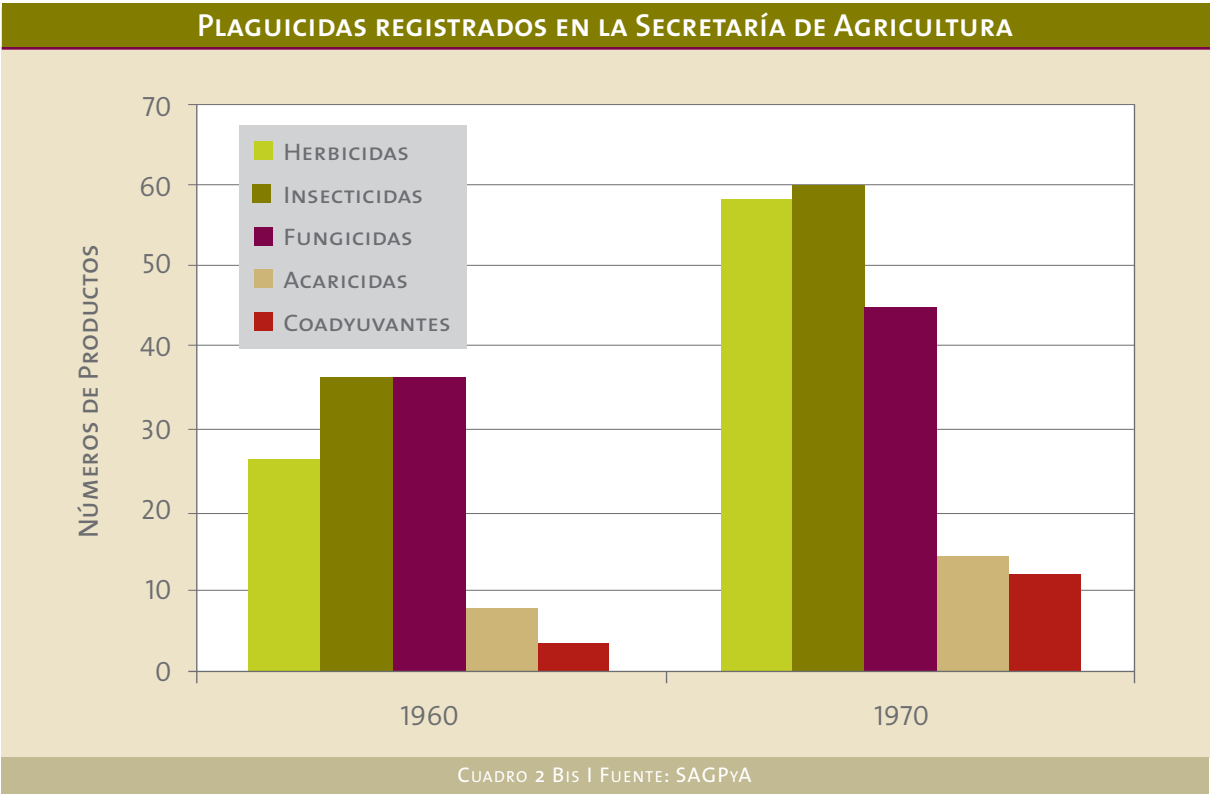
CUADRO 2 | FUENTE: SAGPyA

cionados a la sanidad vegetal.²³ Las prohibiciones y/o restricciones de los clorados y el clima de agriculturización motivaron el incremento de productos insecticidas de otros grupos como los *fosforados*, *carbamatos* y *piretroides*. Los *fosforados*, aun con valores toxicológicos más elevados que los *clorados* para el ser humano, empezaron a importarse a partir de 1950, y las primeras plantas de producción nacional se establecieron a fines de esa década.¹ Los primeros *fosforados* fueron *Paratión*, *Malatión* y *Dimetoato*. Esta transición puede observarse en la comparación relativa de importaciones de activos para formular productos, considerando el año 1950 y 1964.¹⁻²³ Así como el *DDT* caracterizó la etapa anterior, el paratión (*Parathion*) fue el producto de mayor difusión y uso a partir de la década del 70 “en razón de ser un insecticida y acaricida de amplia gama que actúa sobre masticadores, chupadores, adultos, larvas y huevos, entrando por el tegumento, vía oral y respi-

| IMPORTACIÓN EN TONELADAS DE PRINCIPIOS ACTIVOS DE DIVERSOS PRODUCTOS INSECTICIDAS DISTINGUIENDO GRUPOS QUÍMICOS | | |
|---|------|------|
| Año | 1950 | 1964 |
| CLORADOS | 740 | 434 |
| FOSFORADOS | 5 | 258 |
| SULFATO DE NICOTINA | 7 | 5 |

CUADRO 3 | FUENTE: SAGPyA -INDEC

ratoria”. Por este motivo, una de las firmas que lo fabricaba lo presentaba como el insecticida universal.¹⁰ El primer *paration* fue el *etilo*, con una elevada toxicidad (DL 50 oral aguda en ratas 6,4 mg/Kg), por lo que al poco tiempo apareció su análogo metil paration, que aunque con valores toxicológicos menores (DL 50 oral aguda en ratas 11-20 mg/Kg) no dejaba de ser el insecticida de mayor riesgo para los aplicadores y usuarios en general. Muy poco tiempo después salió al mercado un insecticida que tendría amplio uso en el control de plagas



agrícolas, sanitarias (como mosquitos) y de plagas invasoras como las langostas y tucuras: el *malation*. La novedad tecnológica del *malation* fue la toxicidad diferencial que poseía en los animales de sangre caliente respecto a los insectos, debido a la actividad de las enzimas que lo degradan en estos animales, ausentes en los artrópodos. Otro insecticida fosforado que poseía características similares era el *triclorfon* (*Dipterex*), muy usado en las campañas de control de la mosca de los frutos.

El gran avance tecnológico de esta etapa, en cuanto a la acción insecticida, fue la aparición de los sistémicos como el *dimetoato* y el *metasystox*. Estos insecticidas eran absorbidos por alguna parte de la planta y trasladados vía xilema en forma ascendente, y podían llegar a partes vegetales que los insecticidas de contacto no lograban.

Entre la larga lista de *fosforados* que se presentaban en el mercado, se destacaban por su volumen de venta, efectividad, aceptación por el productor, 4 productos: *clorpirifos* y *fenitrothion* (aún usados en la actualidad), *azinfos* y *monocrotofos*, con muchas idas y vueltas en cuanto a sus restricciones y prohibiciones en sus formas etil y metil, y de gran valor para el control de

| TOXICIDAD COMPARADA EN ANIMALES DE SANGRE CALIENTE E INSECTOS PARA MALATION (DL 50 MG./KG. PESO VIVO) ¹⁷ | | | |
|---|------|-----------|-------|
| SANGRE CALIENTE | | INSECTOS | |
| RATAS | 1509 | CUCARACHA | 8.4 |
| RATÓN | 1609 | MOSCA | 30 |
| PATO | 1107 | PULGÓN | 13.05 |
| PROMEDIO | 1408 | PROMEDIO | 17.15 |

CUADRO 4 | FUENTE: OMS - FAO

insectos en frutales, y *monocrotofos*. El primer representante del grupo de insecticidas *carbamatos* fue el *carbaril*. Un producto formulado como polvo, de amplio espectro de acción y baja toxicidad para el ser humano. El producto se introdujo en Argentina en 1960, y ya en 1967 se aplicaron 175 toneladas.¹ Otros *carbamatos* siguieron y se fueron ubicando en segmentos más específicos, como el *aldicarb* en la papa y el algodón, el *carbofuran* en las plagas de suelo e insectos picadores, y el pirimicarb como el primer insecticida selectivo para controlar pulgones sin afectar al resto de la fauna.

| EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE PRODUCTOS INSECTICIDAS REGISTRADOS EN LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DEL NÚMERO DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE ESTOS INSUMOS ²³ | | | |
|--|------|------|------|
| Año | 1960 | 1970 | 1980 |
| Nº DE INSECTICIDAS | 36 | 60 | 71 |
| Nº DE EMPRESAS | 60 | 77 | 95 |

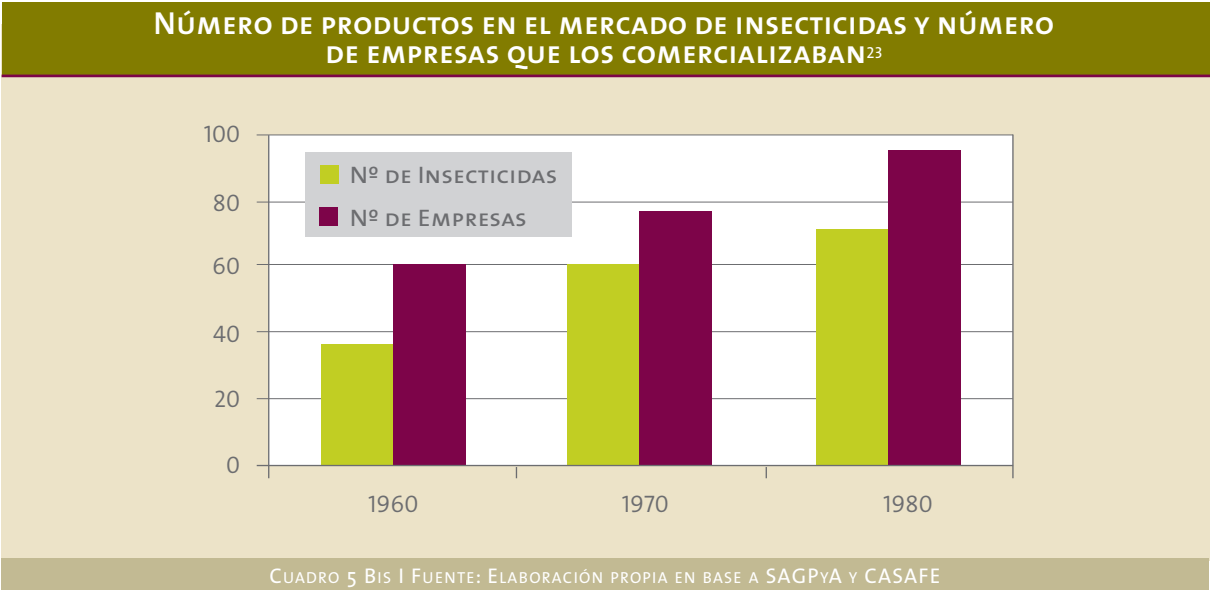
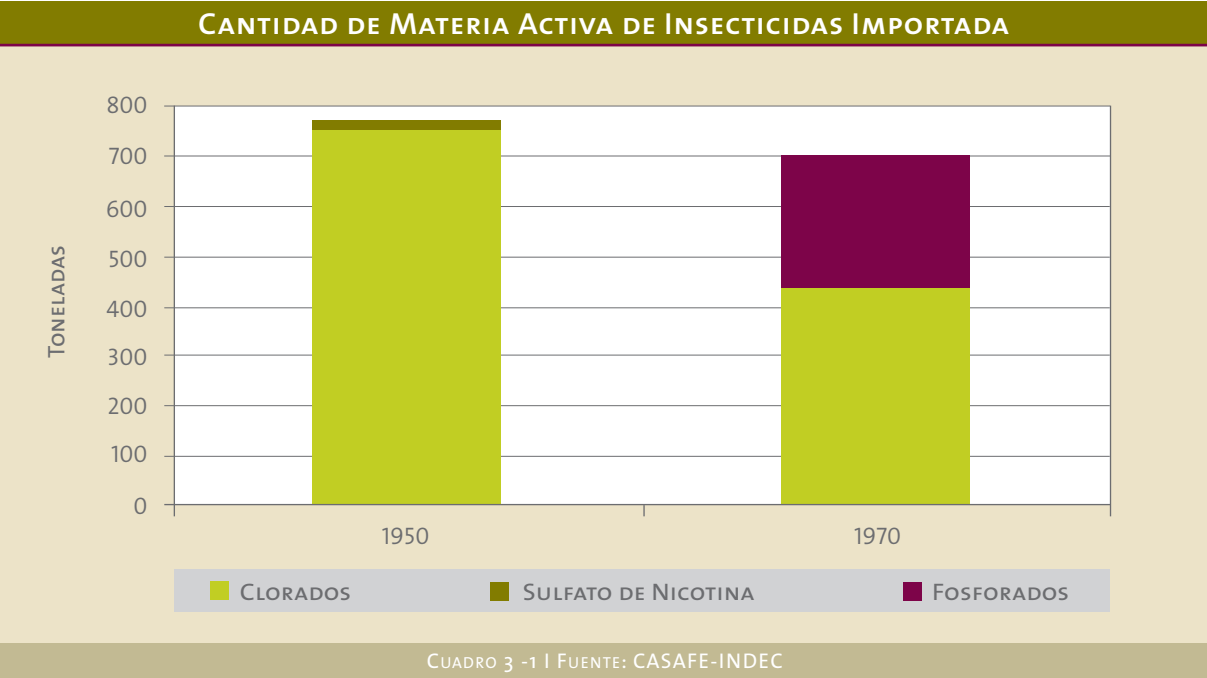
CUADRO 5 | FUENTE: SAGPyA

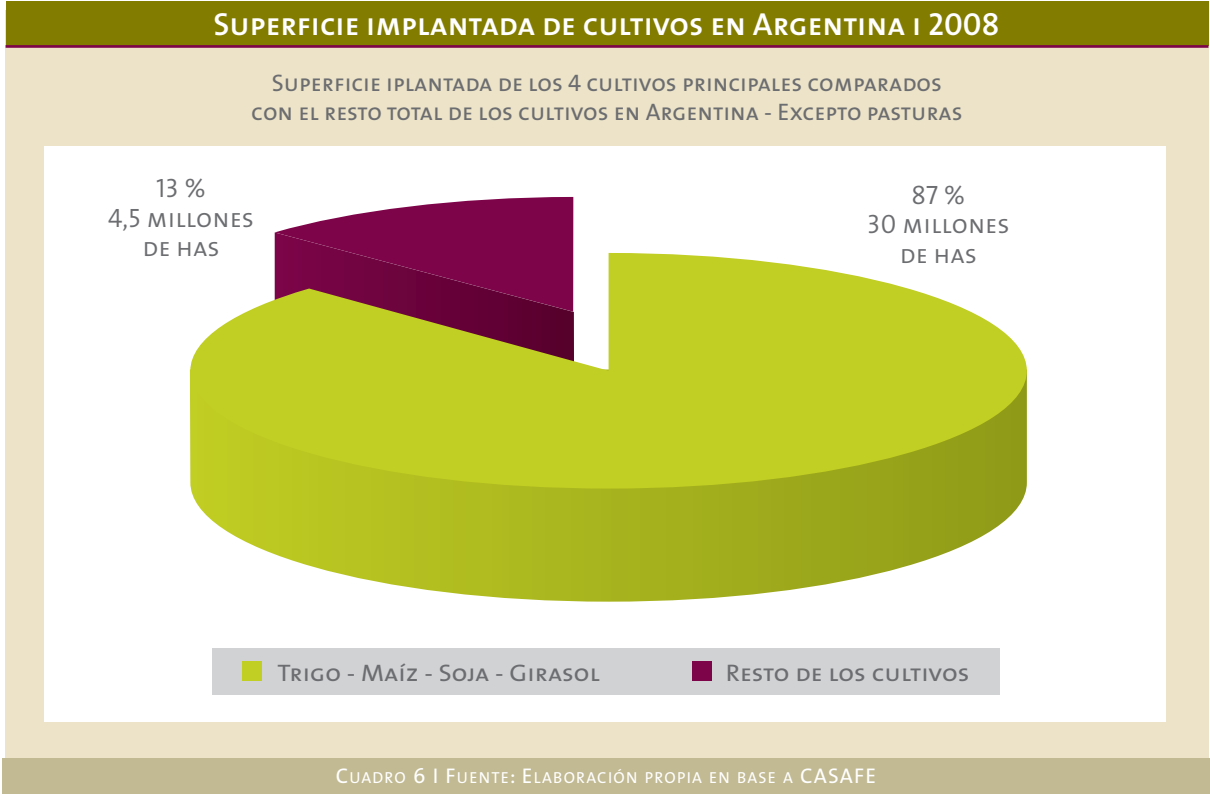
Tanto los *carbamatos* como los *fosforados* de mayor uso eran productos que ocupaban grandes volúmenes en los traslados para su aplicación. Al aparecer, los *piretroides* en el mercado cambiaron esta perspectiva por las dosis bajas (0,01 a 0,05 kg. i.a./ha) en las que eran efectivos estos nuevos insecticidas.²⁵ El primer *piretroide* ingresado en Argentina fue la alletrina, posiblemente entre 1958 y 1960 por parte de la entonces empresa Jabón Federal para su línea de insecticidas domésticos, especialmente espirales.²³ Los *piretroides* de uso agrícola recién aparecieron en el mercado argentino a principio de los años 70. Una planta de producción estaba instalada en San Luis (ICONA - Cururu), y formulaba cipermetrina. En 1977 se logró el registro de la permetrina por parte de FMC. Pasarían más de 10 años hasta la incorporación de la *decametrina* (*deltametrina*).²³ En estos años de agriculturización se consolidó la

tendencia del aumento de insumos insecticidas, que se vio reflejado en el número de productos disponibles en el mercado y el número de empresas que los comercializaban. (Cuadro 5)

LOS INSECTICIDAS DE HOY EN ARGENTINA.

La Argentina de hoy es la Argentina de la siembra directa. Este sistema de agricultura permitió un desarrollo potenciado de tecnología y un aumento de superficie cultivada. Sin menospreciar a las agriculturas regionales ni subestimarlas, los cultivos en siembra directa acapararon la atención de las empresas metalúrgicas, los servicios de siembra y cosecha, y las empresas de insumos, especialmente agroquímicos. Cuatro cultivos relacionados con esta tecnología (soja, trigo, maíz y en menor medida girasol) dominan la superficie sembrada de cultivos en Argentina, y los más demandantes son en insumos agroquímicos. (Fuente: SAGPyA) (Cuadro 6) La superficie de siembra directa se mantuvo baja durante el período de introducción de la tecnología (1997) hasta la irrupción de los materiales genéticamente modificados con tolerancia a herbicidas en soja. A partir de 1996-97, cuando empezó a ser

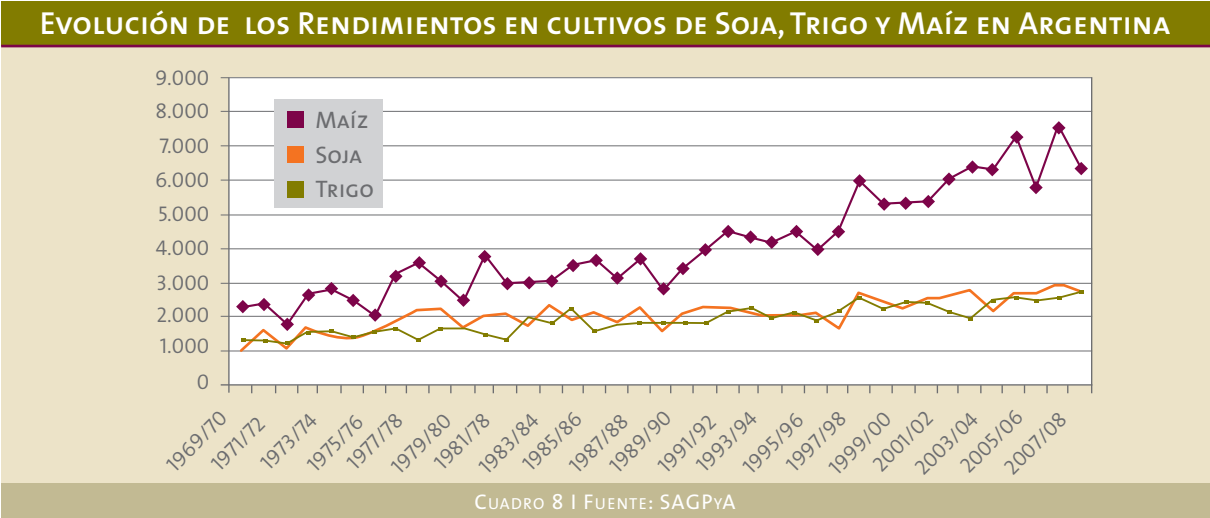
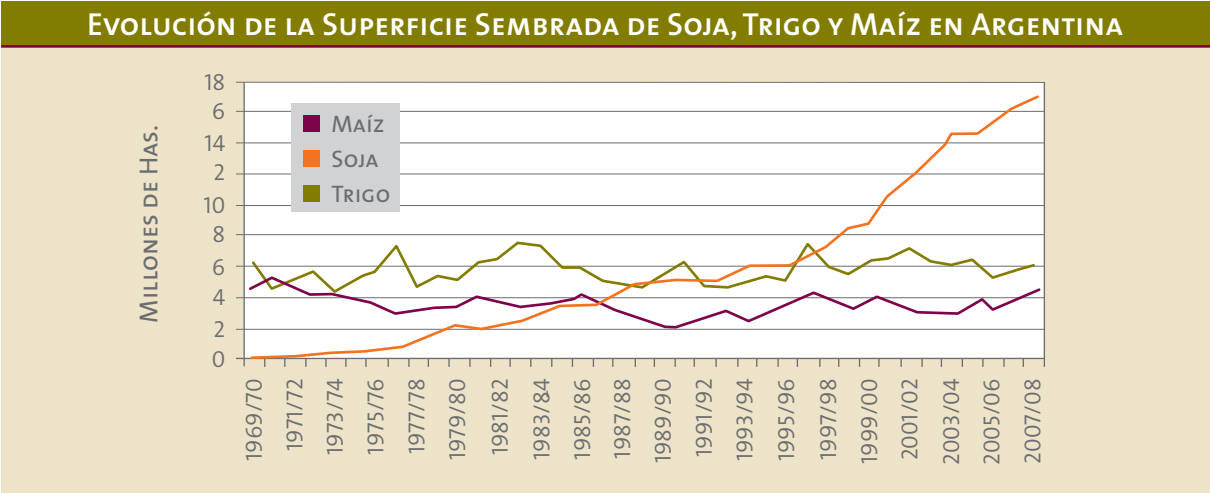




aceptada esta técnica, se pasó de 2 millones de hectáreas a 14 millones en la campaña 2001-02. (AAPRESID)

Surgieron entonces alternativas químicas de control y gran efectividad en los tucuras, entre ellos el fipronil. A pesar del aumento en la superficie total cultivada, los rendimientos no se han modificado sustancialmente en los cultivos de soja y trigo, mientras que el maíz muestra un claro progreso en producción con la introducción de tecnologías de fertilización y genética especialmente. Dentro de ésta última se destaca la introducción de genes que codifican proteínas tóxicas para el barrenador de la caña (*Diatraea saccharalis*).

Los materiales genéticamente modificados con resistencia a plagas han contribuido a la expansión del cultivo de maíz, especialmente en las zonas de alta infestación del barrenador de la caña. Esta tecnología, de gran importancia por la menor utilización de insecticidas en aplicaciones sobre los lotes, no ha sido cuidada como hubiera correspondido. Por diversas circunstancias (técnicas y económicas), los productores y técnicos de Argentina han descuidado los refugios, ya sea porque están mal hechos y no hechos, y ésta es una estrategia fundamental para prevenir la resistencia. Pero en el plano de los controles químicos esta estra-

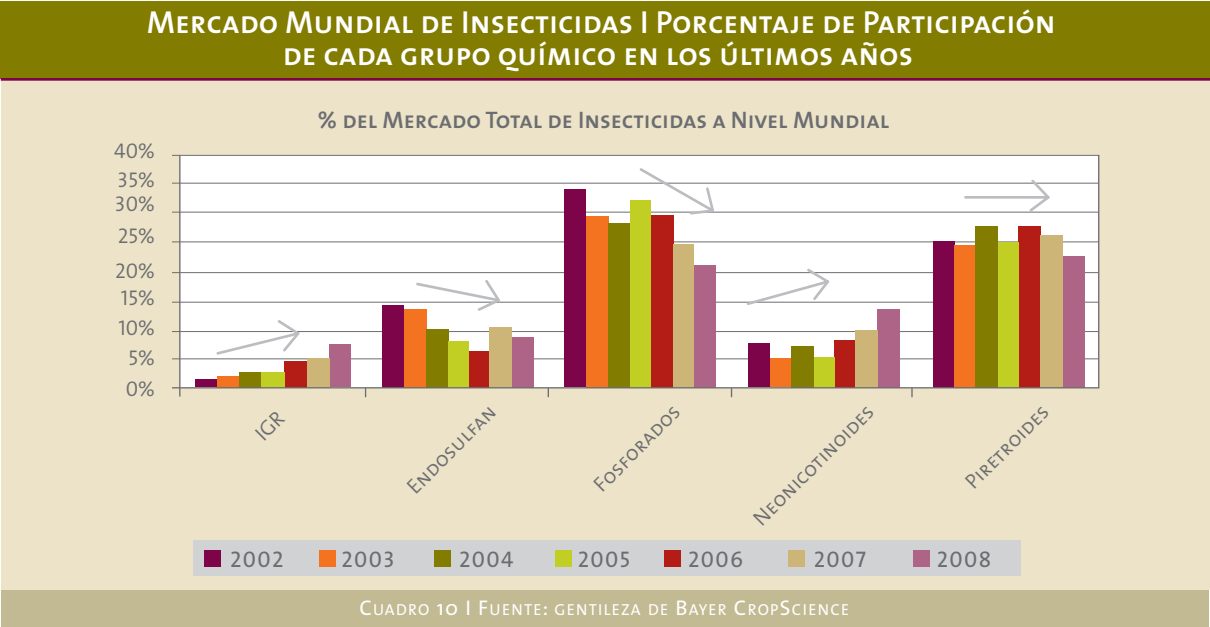
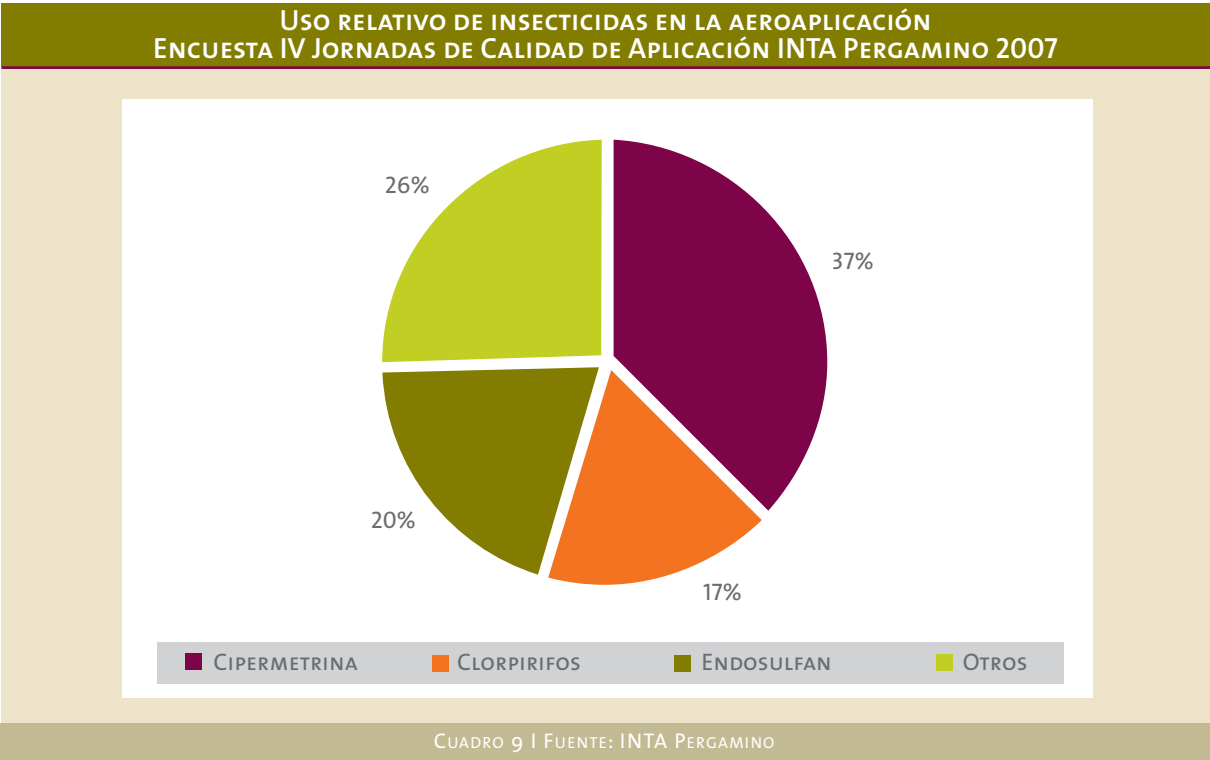


tegia de prevención a la resistencia de insectos a insecticidas tampoco se respetó durante mucho tiempo y continúa en la actualidad. Solo 3 insecticidas (*clorpirifos*, *cipermetrina* y *endosulfan*) son aplicados en casi el 75% del total de la superficie de los cultivos extensivos en Argentina. Esto puede observarse claramente en la encuesta efectuada a aeroplicadores de la región central durante las IV Jornadas en Calidad de Aplicación realizadas en el INTA Pergamino en 2007.¹⁸(Cuadro 9)

No obstante, en los últimos años, y a pesar de la tendencia mostrada previamente, han ingresado al mercado de insecticidas varios productos que empiezan a usarse con mayor frecuencia, como los *neonicotinoides* y los reguladores de crecimiento de insectos (IGR). Argentina está siguiendo la tendencia mundial, que se refleja en el Cuadro10.

El mercado de *fosforados* y *endosulfan* empieza a retroceder, los *piretroides* parecen mantenerse con una leve baja, en tanto que los *neonicotinoides* y los IGR muestran una clara tendencia al aumento de su uso.

La *cipermetrina* es sin lugar a dudas el insecticida más ampliamente utilizado en la actualidad. Hay dos cuestiones íntimamente relacionadas con este insecticida que lo posicionan en el primer lugar de volúmenes aplicados. La primera es su bajo costo comparado con otros insecticidas, y en situaciones ambientales normales es de buena efectividad. La segunda, y más preocupante, es el convencional uso “preventivo” de este insecticida en barbechos químicos acompañando a los herbicidas. Es una práctica barata y que brinda “seguridad” de no ocurrencia de plagas en las primeras etapas. Sin embargo, en los últimos años se han registrado innumerables “fallas” de esta estrategia, sobre todo cuando se utiliza sin conocimiento de las poblaciones presentes ni de su densidad. El uso de este primer “limpiador” de insectos del lote sin un monitoreo previo es una de las causas de los posteriores desequilibrios en los sistemas cultivados. La costumbre argentina, casi un procedimiento cultural, de aplicar insecticidas en forma preventiva es una conspiración a la sosten-



tabilidad de los sistemas agrícolas. Cada aplicación de *glifosato* va acompañada siempre por el clásico “chorrito” de *piretroides* (casi siempre *cipermetrina*). La mayoría de las veces es absolutamente innecesario y es la primera causa de disturbación del sistema productivo. Pero además de innecesario conlleva un gran impacto sobre la fauna no objeto del tratamiento. Decía el Ing. Agr. Javier Martilotti (Profesor titular de Zoología Agrícola en la Universidad Católica de Córdoba): “*aplicar insecticidas en sistemas de siembra directa junto con el glifosato por el solo hecho de prevenir situaciones de plaga que normalmente no ocurren tiene un impacto comparable al de arar un lote.*”

Muy probablemente debido a este manejo con muy pocas materias activas, sumado a la expansión de las fronteras agrícolas, el aumento de la superficie cultivada y las cuestiones climáticas relacionadas con períodos cada vez más comunes de sequía, es que en los últimos años ha ocurrido en el cultivo de soja un fenómeno esperable por todos los especialistas. Los insectos plaga se han incrementado en número de especies y en densidad de población. El mismo proceso que en muchas partes del mundo ocurrió con el algodón, empieza a manifestarse en el cultivo de soja. El aumento de dosis y mayor número de tratamien-

tos es la respuesta del productor. Las empresas han respondido a este proceso lanzando al mercado una gran cantidad de productos “mezclas” de distintos ingredientes activos. *Piretroides* con IGR, IGR con *fosforados* y *neonicotinoides* con *piretroides*, entre los más comunes, buscan mayor espectro de acción y mejor persistencia en el control ante este nuevo escenario de “algodonización” del cultivo de soja.¹² También es sabido que no manejar bien este escenario de insecticidas “mezclas” puede llevar a acortar el proceso de generación de resistencia combinada a los ingredientes activos de las formulaciones.

LOS INSECTICIDAS DEL MAÑANA.

Así como ocurrió con el *Verde de París*, el DDT, el *paration* y los *piretroides*, está por ocurrir un fenómeno similar con la aparición de un nuevo grupo de insecticidas que se lanza este año al mercado. Son los llamados *diamidas antranilínicas*. Este nuevo grupo, donde *Rynaxypyr* será la primera molécula en conocerse en Argentina, se caracteriza por dos aspectos fundamentales: la baja cantidad de materia activa por superficie para producir buenos

Este nuevo grupo, donde Rynaxypyr será la primera molécula en conocerse en Argentina, se caracteriza por dos aspectos fundamentales: la baja cantidad de materia activa por superficie para producir buenos controles de insectos y su bajísima toxicidad para el ser humano y la fauna.

controles de insectos y su bajísima toxicidad para el ser humano y la fauna no blanco. En este sentido se progresó mucho en toda la historia del control de plagas con el correr del tiempo. Si se tiene en cuenta y se compara la toxicidad de los productos más usados en cada época mediante un índice que incluya la dosis de i.a. por ha. y la DL50 oral aguda, puede observarse que se avanzó mucho a lo largo de la historia del control de plagas. El

| INDICE DE TOXICIDAD (DL50 ORAL AGUDA DEL I.A./DOSIS/HA) | |
|--|----------|
| VERDE DE PARÍS | 20000,00 |
| PARATION METIL | 2272,73 |
| CLORPIRIFOS | 222,22 |
| ENDOSULFAN | 230,77 |
| IMIDACLOPRID | 26,67 |
| LUFENURON | 5,00 |
| RNAXYPYR | 0,10 |

CUADRO 11 | FUENTE: FAO-OMS

índice marca cuántas veces la DL50 se aplica, a dosis normales, por hectárea en un tratamiento.

¿Cómo será el manejo de plagas en los próximos años?

El profesor Darío Fischetti de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Córdoba referió en la última clase del curso de Terapéutica Vegetal del año 1973: “A mediados del siglo XX se produjeron hechos revolucionarios en Terapéutica Vegetal iniciados con el DDT y los productos orgánicos de síntesis posteriores. Los beneficios obtenidos con estas proezas de la tecnología son muy grandes y permitieron resolver problemas sanitarios y los beneficios en vidas salvadas han sido enormes. Pero

junto con estos beneficios surgieron algunos serios problemas basados en ignorar los procesos biológicos y ecológicos sobre los que se asienta la Sanidad Vegetal. Ello hace imperativo un nuevo modo de encarar el problema. Toda persona relacionada con la protección de las plantas debe ser conciente de que los productos son herramientas que deben ser entrelazadas con los componentes que existen en el ambiente para lograr una menor destrucción del medio ecológico. El control integrado es la alternativa, basado en un profundo conocimiento de la ecología de la plaga.”¹⁰

Han pasado más de 35 años desde que se pronunciaron estas palabras. Hoy, un profesor de esta materia podría terminar su clase con el mismo discurso, palabra por palabra, y no estaría desactualizado. ¿Por qué el manejo integrado no ha podido ser consolidado? Seguramente hay responsabilidades compartidas. Las compañías han hecho su parte lanzando al mercado productos cada vez menos agresivos para el ambiente y el hombre. Pero no es suficiente. Se ha descuidado la parte educativa y de formación profesional, la aplicación de leyes y reglamentos es muy lenta y la vigilancia de su ejecución muy precaria. Sin embargo, hay esfuerzos aislados muy valiosos como las leyes de agroquímicos provinciales de Santa Fe y Córdoba. El manejo de plagas basado exclusivamente en el uso de productos químicos insecticidas es una solución parcial al problema. Andrew y Quezada (1989) grafican con mucho acierto el manejo de plagas en Latinoamérica como un techo apuntalado casi solamente por el control químico, con cimientos (conocimiento del sistema y la economía del cultivo) desorganizados y en blanco y con algunos soportes de baja influencia como el manejo de material genéticamente resistente.² La base del manejo integrado es la investigación y la extensión de estos conocimientos. A pesar de todo, no hay duda que la historia muestra que estamos avanzando hacia una agricultura

más segura y más amigable con el medio ambiente. En particular, en este año 2009 se abre una gran posibilidad con cifradas esperanzas en profundizar la compatibilidad del medio ambiente con la producción. Se lanza un programa muy pensado y estratégico con vistas a una producción y comercialización de soja más “limpia”, y no nace precisamente de los entes gubernamentales sino con énfasis desde Acsoja y AAPRESID. Es la agricultura con trazabilidad. Es la agricultura certificada que inevitablemente deberá “rendir cuentas” de cómo se manejan los problemas sanitarios en los cultivos. Tener que compatibilizar la comercialización de granos con el manejo que se hizo de esta producción durante todo el ciclo, desde la siembra hasta la cosecha, es la puerta más grande que se haya abierto a la posibilidad de aplicación de un sistema de manejo integrado de plagas. Entonces sí se podrán hacer prospectivas con mayor fundamento. Se generarán investigaciones más espe-

cíficas. La posibilidad de trabajar con biocontroladores como parte del manejo, sean naturales o comerciales, podrá instalarse en la producción. La ingeniería genética tendrá mayor peso en la consecución de materiales resistentes a las plagas, pero vigilados de cerca en cuanto a la ejecución de la tecnología. No es posible abstenerse del uso de los insecticidas en las actuales estructuras de producción. La modificación del ambiente con cultivos está ligada a un componente de respuesta ambiental, que se traduce en poblaciones animales adaptadas al nuevo sistema. Cuando las densidades de estas poblaciones perjudican económicamente al cultivo debe actuarse de la manera menos disruptiva posible. Ése es el objetivo del manejo integrado de plagas, usando los métodos disponibles, químicos y no químicos, en forma inteligente y ética. La orientación es ésa, el camino está marcado, sólo “hay que andarlo de puntillas para no romper el hechizo”. (J. M. Serrat).

AGRADECIMIENTOS.

A Rubén Meoni de Bayer CropScience, a Matías Balsa de Syngenta y a Fernando Cabona de CASAFE por el aporte del material estadístico que se muestra en este capítulo.
A Ernesto Jalil Maluf por su desinteresada y siempre

solicita colaboración en cuanto a conseguir la ya agotada publicación de Simón Tolchinsky “Dinosaurios que desarrollaron los agroquímicos en Argentina”.
A Adriana Viglianco por su paciente trabajo de corrección de los originales.

BIBLIOGRAFÍA

> 1. ALVAREZ, NÉSTOR. “PRODUCTOS FITOSANITARIOS. SU EVOLUCIÓN EN LA ARGENTINA”. EN DUPONT AGROSOLUCIONES. CASAFA. 1988.

> 2. ANDREW K.L. Y J.R. QUEZADA. “MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS INSECTILES EN LA AGRICULTURA: ESTADO ACTUAL Y FUTURO”. ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO. HONDURAS . 1989.

> 3. AVERY, DENNIS T. “SALVANDO AL MUNDO CON PLAGUICIDAS Y PLÁSTICOS”. HUDSON INSTITUTE. INDIANA, EE. UU. 2 EDICIÓN. 318 PP. 1995.

> 4. BADIO M. Y S. VARELA. “INSECTICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE”. CUICYT. TOXICOLOGÍA DE INSECTICIDAS. TAMAULIPAS, MÉXICO. AÑO 2 Nº 28. 2008.

> 5. COLIN BAIRD, RAYMOND B. SEYMOUR Y CHARLES E. CARRAHER. “QUÍMICA AMBIENTAL”. ED. REVERTRE S.A. 622 PP. 2001.

>6. CONTE, A.S., M. ETCHEPAREBORDA, M. MARINO Y F.ROBERE VAZQUEZ. 2007. “LA OLEAGINIZACIÓN DE LA AGRICULTURA ARGENTINA.” V JORNADAS INTERDISCIPLINARIAS DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AGROINDUSTRIALES. BS. AS., NOVIEMBRE DE 2007.

> 7. COVARRUBIAS S. DE. “TESORO DE LA LENGUA CASTELLANA O ESPAÑOLA”. 1611. ED. RIQUEZ. CITADO POR GUTIERREZ, CESAR RAMÓN, “LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL Y EL CONTROL DE LAS PLAGAS DE LANGOSTAS EN ALBACETE A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVIII”. UNIV. DE CASTILLA. 1943.

> 8. CHIESA MOLINARI O. “ TERAPÉUTICA VEGETAL”. TOMO I. 427 PP. SALVAT EDITORES. BUENOS AIRES. 1963.

> 9. DI SILVERSTRO ROGER. “POISON IN THE PAMPAS - WHAT’S KILLING THE SWAINSON’S HAWKS?” INTERNATIONAL WILDLIFE. VOL. 26 Nº 3. 1996.

> 10.FICHETTI, LUIS DARÍO. “APUNTES DE TERAPÉUTICA VEGETAL”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. V EDICIÓN. 1973.

> 11. HERCE, PEDRO. “ANÁLISIS DE INSECTICIDAS”. INIA. ED. ALAMEDA.163 PP. MADRID, ESPAÑA. 1945.

> 12. IGARZÁBAL, DANIEL. “MANEJO DE PLAGAS EN SOJA EN SITUACIONES DE SEQUÍA”. REVISTA HORIZONTE A. Nº 37. 2008.

> 13. IOLSTER P. Y S. KRAPOVICKAS. “LOS PLAGUICIDAS EN USO EN LA ARGENTINA: RIESGOS PARA LAS AVES SILVESTRES”. TEMAS DE NATURALEZA Y CONSERVACIÓN Nº 2. MONOGRAFÍA TÉCNICA. ASOCIACIÓN ORNITOLÓGICA DEL PLATA. 1999.

>14. LITMANS, BRIAN AND JEFF MILLER. “SILENT SPRING REVISITED: PESTICIDE USE AND ENDANGERED SPECIES”. 67 PP. DIANE PUBLISHING CO. 2004.

> 15. MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN. DEPARTAMENTO DE SALUD AMBIENTAL. “PROGRAMA NACIONAL DE RIESGOS QUÍMICOS. SUSTANCIAS Y COMPUESTOS QUÍMICOS PROHIBIDOS Y RESTRINGIDOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA”. BUENOS AIRES. 2008.

> 16.NOBEL FOUNDATION. “PAUL MÜLLER THE NOBEL PRIZE IN PHYSIOLOGY OR MEDICINE 1948”. 2008. WWW.NOBELPRIZE.ORG/NOBEL_PRIZES.

> 17. ONU. “OMS ANUNCIA QUE VOLVERÁ A USAR DDT EN CAMPAÑAS CONTRA LA MALARIA”. CENTRO DE NOTICIAS. PÁGINA PRINCIPAL. WWW.UN.ORG/SPANISH/NEWS. 2006.

> 18.PERALTA R. Y D. IGARZÁBAL. “ENCUESTAS SOBRE APLICACIÓN AÉREA”. IV JORNADAS EN CALIDAD DE APLICACIÓN. INTA PERGAMINO. 2007.

> 19.PERIS FELIPO FRANCISCO JAVIER. “APUNTES SOBRE LA LUCHA CONTRA LA PLAGA DE LANGOSTA EN LOS ESCRITOS DE LOS SIGLOS MODERNOS”. TIEMPOS MODERNOS. REV. ELECTRÓNICA DE HIST. MODERNA. UNIV. DE VALENCIA. VOL. 6, Nº 17. 2008.

> 20.QUINTANILLA R.H.. “ZOOLOGÍA AGRÍCOLA”. 2 EDICIÓN. EL ATENEO. BUENOS AIRES. 774 PP. 1958.

> 21. REAL ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA. DISCURSOS: D. LUIS BLAS ALVAREZ “INFLUENCIA DE ALGUNOS TÓXICOS EN LA HISTORIA”. WWW.RANF.COM. ESPAÑA. 2009.

> 22.SEOANES CALVO MARIANO.“TRATADO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA”. 1111 PP. ED. MUNDIPRENSA. ESPAÑA. 2004.

> 23.TOLCHINSKY SIMÓN. “DINOSAURIOS QUE DESARROLLARON LOS AGROQUÍMICOS EN ARGENTINA”. 55 PP. BS. AS. 2005.

> 24.USDA AGRICULTURAL RESEARH SERVICE. “CHRONOLOGICAL HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF INSECTICIDES AND CONTROL EQUIPMENT FROM 1854 THROUGH 1954”. 2003.

> 25.WARE, G.. “COMPLETE GUIDE TO PEST CONTROL.” 2ND ED. THOMSON PUBLICATIONS. OHIO, EE. UU. .1998.

> 26.WARE, G.W. AND D. WHITACRE. “THE PESTICIDE BOOK”. 6TH EDITION. MEISTER MEDIA. WILLOUGHBY, OHIO. 2004.

FUNGICIDAS.
DESARROLLO, EVOLUCIÓN Y FUTURO
DE LOS FUNGICIDAS.
IMPACTOS EN LA AGRICULTURA.

AUTOR

ING. MARCELO CARMONA

INTA

INTRODUCCIÓN.

DESDE LOS COMIENZOS DE LA AGRICULTURA, LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SE VIO AMENAZADA POR LAS ENFERMEDADES FÚNGICAS, Y POR ESO EXISTE SIEMPRE ENTRE LOS PRODUCTORES LA PREOCUPACIÓN ACERCA DE LOS MÉTODOS PARA SU CONTROL. SI BIEN LA RESISTENCIA GENÉTICA HA CONTRIBUIDO SIGNIFICATIVAMENTE EN LA DEFENSA DE LAS PLANTAS A LOS HONGOS, NO TODAS LAS ENFERMEDADES PUDIERON MANEJARSE CON CULTIVARES RESISTENTES E INCLUSO MUCHOS LOGROS GENÉTICOS NO RESULTARON DURADEROS. EL DESARROLLO Y USO DE FUNGICIDAS EN LOS CULTIVOS REPRESENTA UNA IMPORTANTE MEDIDA DENTRO DEL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES.

LOS FUNGICIDAS HAN DEMOSTRADO QUE LOS CULTIVOS PUEDEN EXPRESAR MEJOR SU POTENCIAL Y MEJORAR LA CALIDAD DE LO PRODUCIDO. LA APARICIÓN DE MOLÉCULAS FUNGICIDAS Y LA HISTORIA DE SU EVOLUCIÓN MARCAN IMPORTANTES HITOS RELACIONADOS CON EL AUMENTO DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS QUE NO PUEDEN SOSLAYARSE EN LA HISTORIA DE NUESTRA AGRICULTURA. ESTE CAPÍTULO ABORDA CONCEPTOS GENERALES SOBRE FUNGICIDAS, SU HISTORIA, DESARROLLO Y FUTURO, Y DESTACA LOS HITOS MÁS IMPORTANTES QUE HAN IMPACTADO CONSIDERABLEMENTE EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.

A MEDIDA QUE AUMENTA LA POBLACIÓN HUMANA, SE INCREMENTA PARALELAMENTE LA DEMANDA DE ALIMENTOS. MÁS DE 6.000 MILLONES DE PERSONAS DEPENDEN DEL ALIMENTO QUE SE CULTIVA EN EL 11% DE LA SUPERFICIE DEL PLANETA. UNA ESTIMACIÓN SUGIERE QUE EN EL 2030 HABRÁ 8.300 MILLONES DE PERSONAS EN EL PLANETA, POR LO QUE LOS AGRICULTORES DEBERÁN PRODUCIR AL MENOS 30% MÁS DE GRANOS (MANN, 2008). PARA SATISFACER ESTAS NECESIDADES CRECIENTES, ES INDISPENSABLE EL AUMENTO NO SÓLO DEL ÁREA CULTIVADA, SINO PRINCIPALMENTE DE LA PRODUCTIVIDAD. LAS PLANTAS CULTIVADAS REPRESENTAN LA PRINCIPAL FUENTE NUTRICIONAL DEL HOMBRE, ASÍ COMO TAMBIÉN PARA LOS FITOPATÓGENOS CAUSANTES DE ENFERMEDADES. POR LO TANTO, CUANTO MAYOR SEA LA POBLACIÓN DE UNA ESPECIE Y MAYOR SU ÁREA CULTIVADA, MAYOR SERÁ EL RIESGO DE OCURRENCIA DE EPIDEMIAS EN LOS CULTIVOS. EN ESTE CONTEXTO, EL FUTURO AGRÍCOLA NECESITARÁ CADA VEZ MÁS DE LA PROTECCIÓN VEGETAL.

DESDE HACE ALGUNOS AÑOS, LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LAS ENFERMEDADES SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LOS CULTIVOS SE HAN INCREMENTADO CONSIDERABLEMENTE. LA EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA PERO SIN ROTACIÓN DE CULTIVOS (MONOCULTIVO), LA DIFUSIÓN DE GENOTIPOS SUSCEPTIBLES, EL USO DE SEMILLAS INFECTADAS, LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS Y LA POCA DIVERSIDAD DE CULTIVARES SEMBRADOS EN TODOS LOS CULTIVOS, PROBABLEMENTE CONTRIBUYERON AL AUMENTO DE LA OCURRENCIA E INTENSIDAD DE LAS ENFERMEDADES. DE ESTA MANERA, VIEJAS Y CONOCIDAS ENFERMEDADES AUMENTARON SU INTENSIDAD, MIENTRAS QUE OTRAS EXÓTICAS Y NUEVAS EMERGIERON MOSTRANDO UN POTENCIAL DE DESTRUCCIÓN QUE AMENAZA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. EL DESARROLLO Y USO DE FUNGICIDAS EN LOS CULTIVOS REPRESENTA UNA IMPORTANTE MEDIDA DENTRO DEL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES (MIE). LOS CULTIVOS COMO TRIGO, CEBADA, MIJO, MANÍ, AJO, CEBOLLA, MEMBRILLERO, FRUTILLA, VID, PERAL, DURAZNERO, TOMATE, ZANAHORIA, BANANA, PAPA, SOJA, ETCÉTERA, DE ALTA IMPORTANCIA ECONÓMICA SON DEBIDAMENTE PROTEGIDOS CON PRODUCTOS QUÍMICOS. EN CASO DE NO SER TRATADOS, DIFÍCILMENTE LOGREN UNA PRODUCCIÓN RENTABLE, SI LAS CONDICIONES AMBIENTALES FAVORECEN LA OCURRENCIA DE ENFERMEDADES.

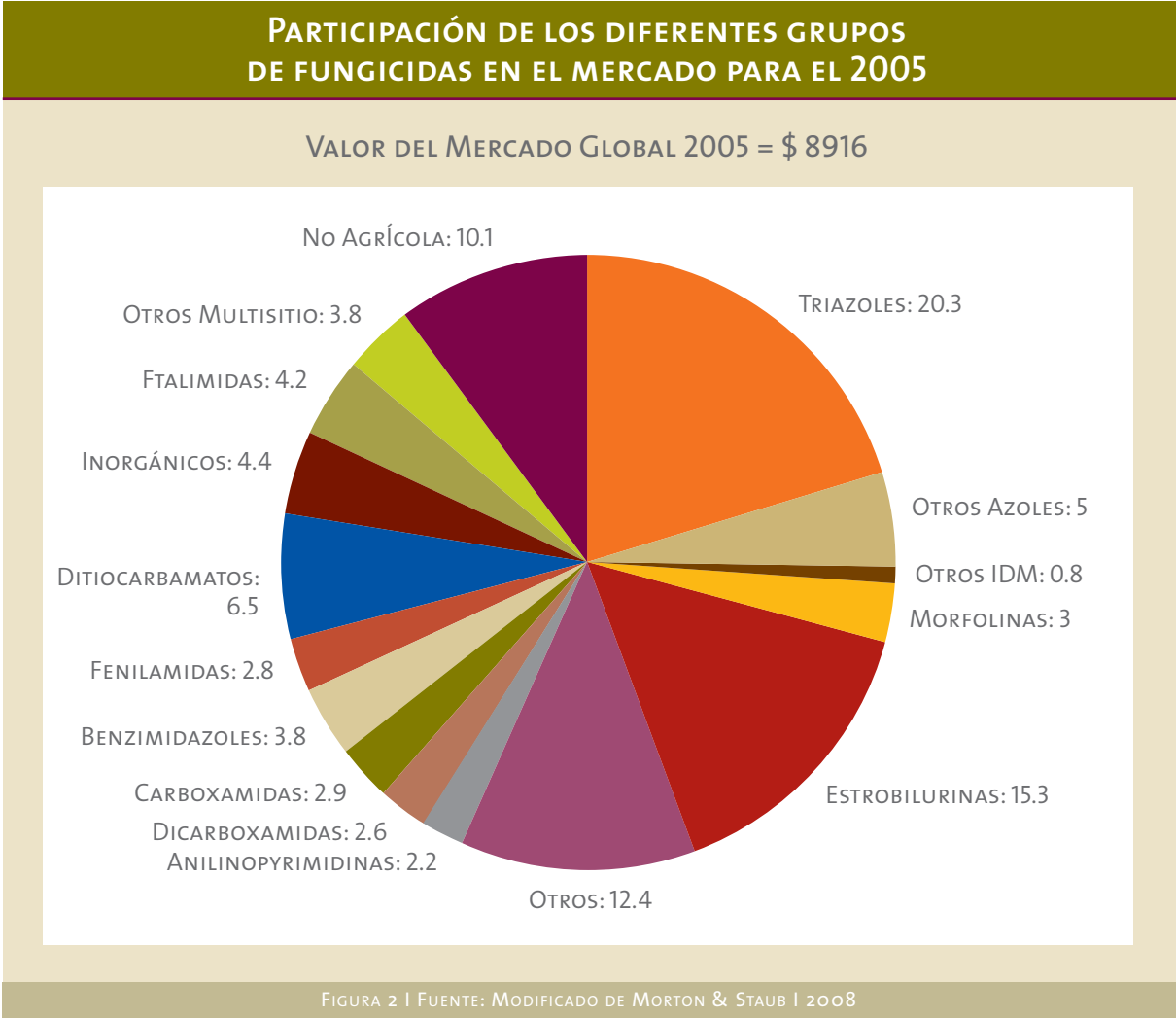
SI BIEN LOS FUNGICIDAS COMO GRUPO NO REPRESENTAN UN POTENCIAL DE TOXICIDAD AGUDA TAN SERIO COMO LOS INSECTICIDAS, DE IGUAL MANERA DEBEN SER CORRECTAMENTE UTILIZADOS PROCURANDO MANTENER EL EQUILIBRIO ENTRE SUSTENTABILIDAD, SALUD HUMANA, AMBIENTE, PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD.

MERCADO MUNDIAL DE FUNGICIDAS.

En la *Figura 1* se muestra el mercado mundial de fungicida por cultivo o grupos de cultivos para el año 2005. Como se observa, es en el grupo de los cultivos de cereales donde la participación de los fungicidas es significativamente mayor, en especial las aplicaciones foliares. Este mercado de fungicidas en cereales es relativamente nuevo (1960-1970) y se originó principalmente por el aumento de tecnología y mejora en la productividad de estos cultivos en Europa. El mercado de fungicidas en soja hace pocos años atrás era casi insignificante, hasta la aparición de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) en America del sur y del Norte, que

generó una demanda rápida e importante de fungicidas. Al analizar la participación de los principales grupos químicos de fungicidas para el 2005 (incluido el uso en cultivos no agrícolas como los campos de golf y otros), se observa que los triazoles son el principal grupo en el mercado. Las *estrobilurinas* lanzadas oficialmente al mercado desde 1996 ocupan el segundo lugar, y han desplazado al resto de las moléculas en muy pocos años. Si bien este grupo químico es usado en numerosos cultivos, en los cereales y más recientemente en la soja es donde su uso se ha incrementado considerablemente. Este crecimiento significativo se vio dificultado en los últimos años por la aparición de razas o cepas de



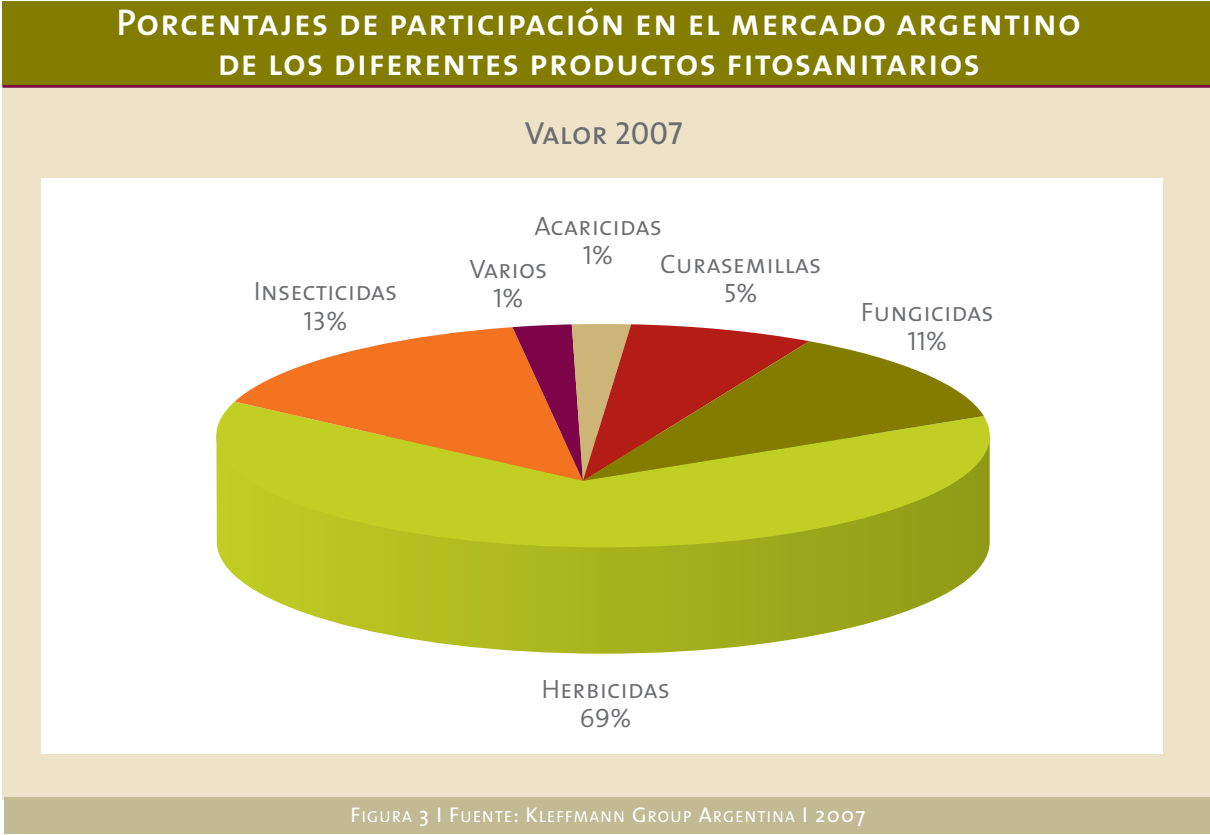


hongos insensibles a estas moléculas, lo que genera la necesidad de su recomendación de uso en mezclas con otros principios, como por ejemplo los triazoles para desarrollar estrategias anti-resistencia (Figura 2).

MERCADO ARGENTINO DE FUNGICIDAS.

En 2007, el mercado de fitosanitarios en general alcanzó un valor cercano a los 1.400 millones de dólares, lo que significó un consumo de 277 mil toneladas. Asimismo, 75% de las ventas (en dólares) correspondieron a la producción nacional (CER,2008).

De acuerdo con un estudio realizado por Kleffmann Goup Argentina (2007), el segmento que más se incrementó en este último período es el de Fungicidas (+81%), que en 2007 volvió a incorporarse y representar un 11% del mercado en valor (históricamente es el 9% y solo superó el 11% en 2004 con la entrada de la roya, cuando llegó a representar 14%). Está ampliamente representado por un aumento de volumen (+82%) y precios (+21%) de los fungicidas mezclas de ingredientes activos de los grupos químicos de los Triazoles y las Estrobirulinas, principalmente, entre otros. De acuerdo con este informe, los fungicidas repre-

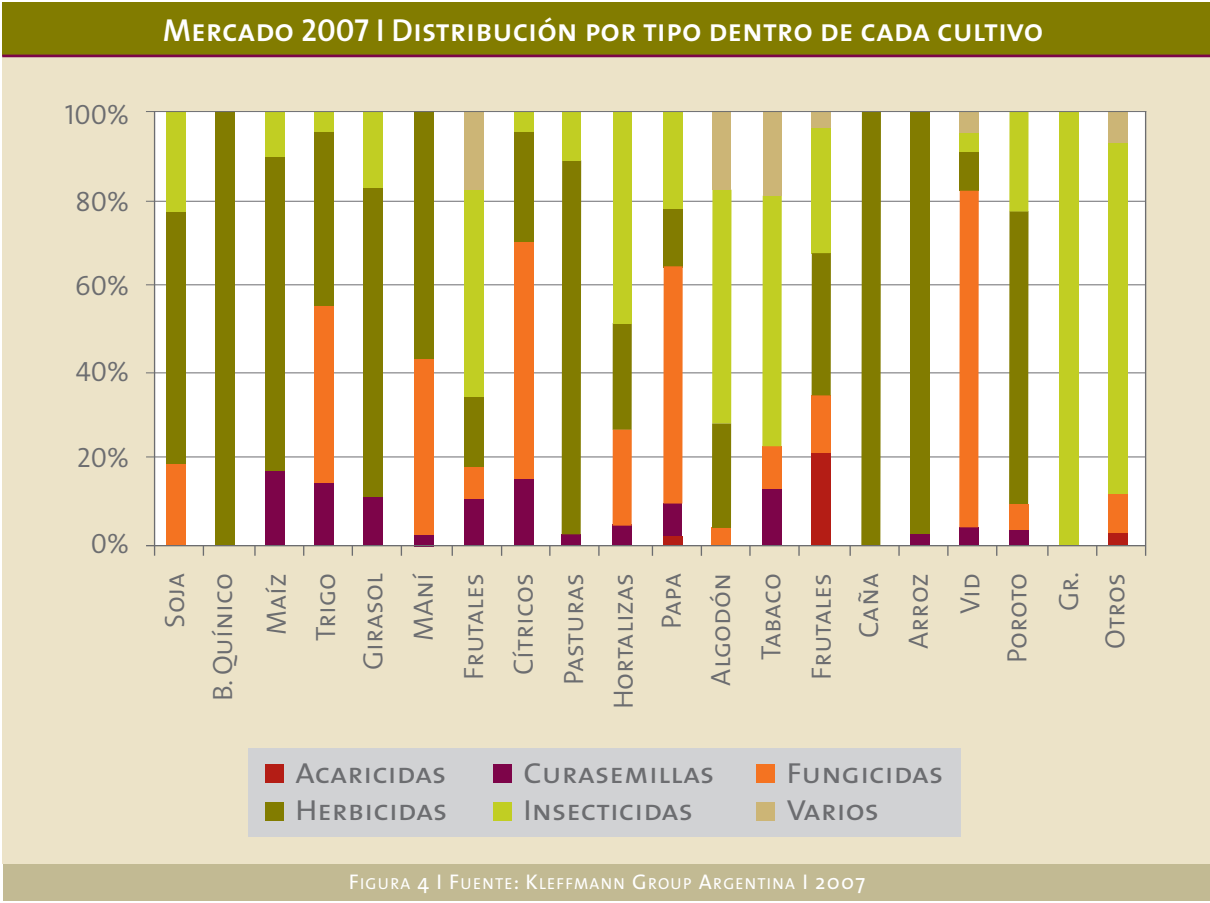


sentan dentro de los productos fitosanitarios, un grupo importante en crecimiento y expansión (Figura 3). En relación con la distribución de los productos fitosanitarios dentro de cada cultivo, la Figura 4 muestra cómo los cultivos de soja, trigo, maní, cítricos, papa y vid son en los que más se utilizan fungicidas.

CONCEPTO DE FUNGICIDA.

Los fungicidas son sustancias químicas que, aplicadas a las plantas, protegen de la penetración y/o posterior desarrollo de hongos patógenos en sus tejidos (Fungicida: del latín, *fungus* = hongo + caedo = matar; sustancia química que mata hongos). La palabra fungicida puede sugerir que estos compuestos químicos matan todos los tipos de hongos con mayor o menor selectividad. Sin embargo, eso no

es correcto, porque todavía no se dispone de un único fungicida que mate a todos los hongos indistintamente de sus clasificaciones taxonómicas. Además, una sustancia química para ser fungicida no necesita matar al hongo. Algunas controlan enfermedades inhibiendo el crecimiento miceliano o su esporulación. Éstas son llamadas sustancias fungistáticas y antiesporulantes. El concepto de fungicida ha sido ampliado con el advenimiento de nuevas sustancias químicas que controlan enfermedades causadas por hongos pero que, sin embargo, no actúan directamente sobre el agente causal. Sirven de ejemplos los principios activos que, aplicados a las plantas, activan un sistema de auto-defensa tal como el *fosetil aluminio* y el *aciben-zolar metílico*. Estas sustancias químicas no presentan acción fungicida *in vitro*, sino solo *in vivo* por actuar como activadores de mecanismos de defensa de las plantas.



HISTORIA MUNDIAL DEL DESARROLLO DE LOS FUNGICIDAS.

El primer “descubrimiento” acerca de los “fungicidas” fue en la mitad del siglo XVII, luego de rescatar semillas de trigo de un barco que naufragó. Estas semillas rescatadas estaban libres de carbón y sirvieron de base para analizar las propiedades que podían tener las soluciones salinas como tratamiento de semillas.

El primer fungicida desarrollado por el hombre fue el caldo bordelés. Fue descubierto accidentalmente en Francia, en la ciudad de Bordeaux, por el químico Millardet. Fue el primer paso en el control químico de enfermedades de las plantas, como el mildiu de la vid, causado por *Plasmopara viticola*, que diezmo los viñedos europeos en el año 1882. Ese descu-

brimiento se tornó muy importante en el marco de la fitopatología, si se tiene en cuenta que éste, de preparación casera, aún hoy es muy usado en el control de esta enfermedad en varios países.

Algunas sustancias químicas con propiedades fungicidas han sido usadas por el hombre desde mucho tiempo atrás, tanto por los griegos como por los romanos.

A continuación, se presenta un resumen de los principales personajes, así como los hechos históricos relacionados con el desarrollo de los fungicidas modernos.

1000 A.C. Homero, poeta griego, mencionó el azufre en relación con sus propiedades en el control de enfermedades.

SIGLOS XVII Y XVIII.

1637. Remant mencionó el uso del cloruro de sodio en el tratamiento de semillas contra la caries del trigo.

1705. Homberg recomendó el cloruro de mercurio como preservante de maderas.

1761. Schulthess fue el primero en sugerir el uso del sulfato de cobre en el tratamiento de semillas de trigo contra las caries.

SIGLO XIX.

1807. Prevost, en Francia, demostró la eficiencia del sulfato de cobre en el control de la caries del trigo, así como su efecto sobre la germinación de esporas del hongo agente causal de la enfermedad.

muy importante. Recibió el nombre de Bouille Bordelaise (Mezcla de Bordeaux). En el inicio se trató de una pasta aplicada con pincel y posteriormente se diluyó en 1 kg de sulfato de cobre + 1 kg de cal virgen, de lo que se obtiene un volumen final de 100 l con agua. El caldo bordelés es considerado el primer fungicida desarrollado por el hombre.

1888. Trillat relató las propiedades fungicidas del formaldehído (formol).

1894. Saunders, S. Bedford y Mackay iniciaron el camino de la protección de semillas con químicos.

1897. Bolley fue el primero en usar formaldehído en el control del carbón del trigo.

SIGLO XX.

1913. Reihm, en Alemania, introdujo los fungicidas

Algunas sustancias químicas con propiedades fungicidas han sido usadas por el hombre desde mucho tiempo atrás, tanto por los griegos como por los romanos.

1833. Kendrick, en Estados Unidos, propuso el uso del caldo sulfocálcico en el control del mildiu de la vid.

1882. Millardet, en Francia, observó accidentalmente la eficiencia del sulfato de cobre contra el mildiu de la vid causado por *Plasmopara viticola*. Este químico notó que los parrales de las vías de los ferrocarriles, en la localidad de Medoc, en Gironde, Francia, retenían las hojas hasta finales de octubre, mientras que los demás parrales ya se encontraban defoliados a causa de la enfermedad. Esto se debía a la costumbre de los productores de aplicarles a los parrales próximos a las vías del ferrocarril una pasta de sulfato de cobre y cal para evitar el robo de uvas. Al año siguiente, Millardet y David confirmaron la utilidad práctica de la mezcla en el control de la enfermedad. Posteriormente, en 1885, fueron realizados experimentos con la supervisión de Millardet y de Gayon, profesores de la Universidad de Bordeaux. Alrededor de 1887, el uso de la mezcla en el control de la enfermedad en Francia tuvo un éxito

órgano-mercúriales para el tratamiento de semillas de trigo contra el carbón.

1932. Surgieron sustitutos del caldo bordelés basados en compuestos cúpricos menos solubles. Surgieron el óxido de cobre y el óxido cuproso.

1934. Tisdale y Williams relataron la actividad fungicida de los ditiocarbamatos, y marcaron el inicio de los fungicidas orgánicos. De 1934 a 1940 fueron numerosos los trabajos con los ditiocarbamatos.

1940. Surgió el ziram y el PCNB.

1942. Se desarrolló el thiram.

1943. Dimond y colaboradores introdujeron los fungicidas etileno-ditiocarbamatos en el mercado.

1952. Kiteson introdujo el *captam* como fungicida de mayor espectro. En la misma época surgió el *folpet*.

1954. Surgieron los fungicidas derivados del estaño.

1964. Turner reportó las propiedades del *clorotalonil*.

1965-1966. Surgieron la *carboxina* y la *oxicarboxina* para el tratamiento de semillas. Comenzó la era de los fungicidas sistémicos.

1968. Primer informe de la actividad sistémica del fungicida benomil, por Du Pont, en los Estados Unidos. También se presentó la guazatina para el tratamiento de semilla de cereales de invierno.

1970-80. Se introdujeron el *iprodione*, *vinclozolin* e *imazalil*.

1973. Se introdujeron los fungicidas del grupo de los *triazoles* en el mercado. El *triadimefón* fue el primero de la serie.

1978. Se observó la translocación de fungicida sistémico *fosetil* aluminio vía floema.

1981. Se creó el Comité de Acción de Resistencia de Hongos a Fungicidas (FRAC-Fungicide Resistance Action Committee, por sus siglas en inglés).

1992-1993. Surgieron las *estrobilurinas* como fungicidas de uso agrícola.

APARICIÓN DE LOS FUNGICIDAS SISTÉMICOS.

Fungicidas sistémicos (concepto): Son aquellas sustancias absorbidas por las raíces y por las hojas, y posteriormente son translocadas por el sistema conductor de la planta, el xilema o el floema. Translocación es el movimiento del compuesto químico dentro del cuerpo de la planta hacia tejidos distantes del punto de aplicación. La translocación vía xilema o acropetal es la más común, como ocurre con los *benzimidazoles* y *triazoles*. Los *triazoles* se translocan principalmente vía xilema, pero presentan una translocación parcial vía floema. El movimiento vía floema o basipetal es más difícil, y solamente el compuesto fosetil aluminio presenta esta propiedad. Por eso, los fungicidas sistémicos difieren de los no sistémicos, por su habilidad de ser redistribuidos dentro de los órganos tratados, principalmente en las hojas.

De acuerdo con Kirby (1972), los fungicidas sistémicos se caracterizan por presentar fungitoxicidad directa, son compuestos penetrantes vía ascendente, no pueden llegar a órganos que no transpiren, y poseen un amplio espectro de acción.

Desde los finales de la década del 60 y con el uso de carboxin y el benomil entre otros, comenzó una era tecnológica e industrial de importantes consecuencias. Según Azevedo (2008), la historia de los fungicidas sistémicos en el mercado puede ser dividida basada en el mecanismo de acción de esos productos en varias etapas.

De esta manera, de 1965 a 1975 se introdujeron diversos grupos químicos, como por ejemplo: *carboxinilidas*, *bencimidazoles*, *acetamidas*, *fenilaminas* y *carbamatos*, entre otros. De 1970 a 1980 surgieron varios fungicidas no sólo sistémicos sino también protectores e incluso mezclas.

Como ejemplos de fungicidas sistémicos merecen destacarse *triadimefon*, *metalaxil* y *propiconazole*. De acuerdo con diversos autores, la década del 70 es considerada la principal década de los fungicidas sistémicos y se caracterizó por una alta tasa de descubrimiento y desarrollo de fungicidas.

De 1975 a 1990, ocurrió una importante generación de moléculas, entre las que se pueden mencionar numerosos *triazoles*, *imidazoles*, *morfolinas*, etcétera. Esta etapa es la que caracterizó el desarrollo y la

expansión de los *triazoles*. Desde 1990 hasta la actualidad han surgido nuevos mecanismos de acción. Los principales son las *estrobilurinas* (naturales, penetrantes y mesostémicos), que junto con la aparición de nuevas generaciones de *triazoles* y por el desarrollo de inductores o activadores de la resistencia de las plantas (por ejemplo, Acibenzolar-S-metil, BION) caracterizan a esta última etapa como la de origen “natural”.

IMPACTO EN LA AGRICULTURA DE LOS FUNGICIDAS SISTÉMICOS.

La aparición de compuestos sistémicos representó una verdadera revolución no solo en la producción agrícola sino también en el descubrimiento y desarrollo industrial de los fungicidas. Desde entonces, se plantearon nuevos desafíos para controlar las enfermedades en numerosos cultivos. Tal es el caso

pareció ser siempre el principal componente de manejo sanitario durante muchos años, lo que no permitía pensar en la utilización de fungicidas como herramienta complementaria de control. La aparición de variedades más susceptibles pero de alto potencial, la combinación de la siembra directa y el monocultivo podrían explicar un mayor crecimiento epidémico con la necesaria búsqueda de alternativas de manejo más allá de la resistencia genética.

El *tebuconazole* fue la molécula pionera en Argentina para desarrollar el mercado de fungicidas en trigo. Su uso masivo comenzó desde aquella epidemia de fusariosis del año 1993, que estimuló su uso. Desde entonces y luego de unos años en simultaneidad con la aparición y adopción de trigos de origen francés y otros cultivares susceptibles a roya naranja y a mancha amarilla, el uso de fungicidas en trigo ha experimentado un crecimiento consistente y actualmente forma una parte decisiva de las decisiones de manejo del productor. A partir del año

De acuerdo con diversos autores, la década del 70 es considerada la principal década de los fungicidas sistémicos y se caracterizó por una alta tasa de descubrimiento y desarrollo de fungicidas.

de las enfermedades del trigo y la cebada europeos, que si bien las variedades resistentes o tolerantes disminuían los daños ocasionados por estas enfermedades, la demostración en campos y ensayos del impacto positivo sobre los rendimientos mediante el uso de fungicidas sistémicos generó un nuevo escenario de desafíos tecnológicos. De acuerdo con Hewet (1998), los incrementos en la producción de cereales fueron extraordinarios, y se exploraron nuevos rendimientos potenciales con una impactante combinación de fertilizantes con fungicidas sistémicos. En Brasil y Argentina este proceso fue similar al europeo, pero en diferentes épocas. Brasil comenzó su historia con el uso de sistémicos en cereales mucho más temprano que la Argentina, y el propiconazole y el tebuconazole fueron los ejemplos más claros del uso de triazoles en Brasil para la cebada y el trigo. La aplicación y el mercado de fungicidas en Argentina para los cereales de invierno tiene una historia relativamente corta. El uso de variedades resistentes

2001, junto con el incremento en el área sembrada y el mayor consumo de las principales moléculas, los fungicidas se convirtieron en el producto de mayor importancia para el cultivo de trigo, y representaban aproximadamente entre el 40 % y el 50% del mercado argentino.

En el cultivo de soja parece que la evolución mundial no fue semejante a lo acontecido en los cereales de invierno ya que el control químico en soja al principio fue dirigido a mejorar solo la calidad de las semillas. Sin embargo, y principalmente por la aparición de la roya asiática en el Cono Sur, el uso de fungicidas sistémicos triazoles o sus mezclas con otras moléculas registraron un significativo aumento si se consideran los últimos 7 años.

La aparición de los fungicidas sistémicos también amplió el espectro de acción y mejoró el control de numerosas enfermedades foliares (manchas, royas, oídros), y de varios patógenos de semilla. No resulta exagerado afirmar que los daños, las pérdidas en

DE ACUERDO CON ESTA RESUMIDA HISTORIA DEL DESCUBRIMIENTO Y DESARROLLO EXISTIERON ALGUNOS HITOS QUE MERECEN UN ANÁLISIS PARTICULAR POR SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA:

1. LA APARICIÓN DE LOS FUNGICIDAS SISTÉMICOS.
2. LAS NUEVAS MOLÉCULAS CONTRA LOS OOMYCETES.
3. LOS FUNGICIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE SEMILLAS.
4. LA APARICIÓN DE LAS *ESTROBILURINAS* SON AL MENOS 4 DE LOS ACONTECIMIENTOS MAS ÍNTIMAMENTE VINCULADOS CON EL CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.

numerosos cultivos y sus consecuentes impactos sociales pudieron, en gran parte, ser evitados o limitados mediante el uso de estas moléculas. Incluso al analizar el uso de toneladas o litros de algunos fungicidas en el mundo se observa una reducción de sus volúmenes por hectárea, especialmente por la aparición de nuevas moléculas, más efectivas, de mayor selectividad y movimiento que fueron usadas a menores tasas o dosis.

De manera general, las nuevas moléculas “móviles” mejoraron significativamente la eficiencia y el espectro de control, y la residualidad de las aplicaciones en varios cultivos. De esta forma, los productores obtuvieron mayores beneficios y una mayor flexibilidad en las pulverizaciones. Estos atributos “a campo” fueron acompañados por inversiones de las industrias para la fabricación y el desarrollo de nuevos productos. En forma simultánea, se generó un nuevo mercado mundial con estrategias comerciales basadas en estas nuevas moléculas.

Finalmente, la posibilidad de realizar mezclas de moléculas sistémicas entre sí o sistémicas y no sistémicas con diferentes modos y mecanismos de acción representó un avance para el lograr sinergismo, mejorar el espectro de acción, y disminuir el riesgo de la resistencia de hongos.

NUEVAS MOLÉCULAS: UN APORTE CONTRA LOS OOMYCETES.

Las enfermedades causadas por los “ex hongos” *Oomycetes* del orden *Peronosporales* siempre presentaron una gran importancia sobre los cultivos. Este grupo de microorganismos actualmente clasificado como Cromistas fue diferenciado de los hongos “verdaderos” por varias características, entre ellas el tipo y resultado de su reproducción, y la presencia de *betaglukanos* y celulosa en la pared de los *Oomycetes*, que están prácticamente ausentes en los hongos verdaderos.

Entre las enfermedades causadas por este grupo de microorganismos, deben destacarse el tizón tardío de la papa causada por *Phytophthora infestans* y el mildiú de la vid, causada por *Plasmopara viticola*, además de los numerosos tizones, mildius en cereales y cultivos frutícolas, ornamentales y hortícolas.

Los daños del tizón de la papa fueron tan graves que alrededor de 1840 se generaron hambrunas que afectaron a poblaciones enteras de Europa. Cerca de 1.000.000 de personas murieron y 1.500.000 debieron emigrar de Irlanda, solo para ejemplificar la gravedad del impacto social que provocó esta enfermedad.

Los géneros *Pythium* y *Phytophthora* están distribuidos mundialmente y son responsables de numerosos daños. Causan pudriciones de raíces y tallos de numerosos cultivos y también afectan frutos antes y después de la cosecha.

Durante muchos años, el control de estos patógenos fue muy limitado. La frecuencia y el número de aplicaciones de fungicidas protectores no sistémicos en varios cultivos como la papa o la vid aumentaban considerablemente año tras año. Además, los hongos de suelo patógenos de plantas no eran eficientemente controlados, lo que generaba una importante limitante en la producción. Hacia mediados de los 70, el descubrimiento de fungicidas sistémicos con alta eficiencia de control de los Oomycetes significó un cambio importante para lograr su manejo (Cohen y Coffey, 1986).

Fungicidas como el *metalaxyl* (registrado en EE.UU. en 1979) o el *fosetil* aluminio, entre otros, fortalecieron las posibilidades de control de este grupo de patógenos, lo que significó un aporte muy valioso para la producción agrícola.

La importancia de la aparición de estos fungicidas específicos fue de tal magnitud que hasta el presente en gran parte del mundo como en la Argentina son utilizados en varios cultivos y también como tratamiento de semillas en los principales semilleros de soja y/o maíz. Sin embargo, a medida que se fue utilizando en frecuencia y cantidad surgieron inconvenientes de aparición de cepas o razas resistentes, como por ejemplo el *metalaxyl*. Por ello, en la actualidad, la recomendación es utilizar este principio activo en mezclas con otras moléculas para evitar estrategias de resistencia de hongos.

FUNGICIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE SEMILLAS.

Los principales objetivos del tratamiento de semilla

con fungicida es controlar los patógenos vehiculizados por la semilla, protegerla del ataque de hongos de suelo patógenos de cultivo, y garantizar el vigor y establecimiento de las plántulas.

Las moléculas fungicidas que son usadas en semillas han cumplido una función significativa en la historia de la producción agrícola ya que han permitido y promovido la sanidad desde la germinación de innumerables cultivos.

Los romanos fueron los primeros que utilizaron el tratamiento de semilla con la savia de la cebolla. Luego se comenzaron a usar soluciones salinas y cloradas, arsénico, se pasó por tratamientos físicos (calor) hasta el advenimiento de la última etapa de los fungicidas protectores y sistémicos.

De acuerdo con la Federación Internacional de Semillas (1999), existieron dos hitos en la historia de los tratamientos modernos de semillas:

1. La introducción y posterior prohibición del arsénico (utilizado desde 1740 hasta 1808), y

2. La introducción y prohibición del mercurio (usado desde 1915 hasta 1982). Hasta la aparición de los fungicidas sistémicos (años 60), con el tratamiento de semillas se buscaba una forma de “esterilización” que en algunos casos además de generar contaminación y daño a la salud humana afectaban la germinación. Desde la aparición de las moléculas modernas, y principalmente desde 1990, el tratamiento de semillas fue replanteado en sus objetivos y diversas moléculas sistémicas modernas comenzaron a difundirse en varios cultivos para el control de numerosos patógenos, y así se obtuvieron más y mejores resultados. En la *Tabla 1* se muestra la evolución de los diferentes tratamientos de semilla.

Entre los logros obtenidos en la agricultura por la utilización de las modernas moléculas de fungicidas en semilla pueden destacarse:

1. Seguridad para los productores.
2. Mayor eficacia de control (dependiendo de la fungitoxicidad y la dosis).
3. Sistemía y residualidad.
4. Mayor espectro de control.
5. Seguridad para el medio ambiente, menor riesgo de contaminación por la baja dosis de principio utilizada por hectárea.

En Argentina, el tratamiento de semilla con fungicidas ha evolucionado también significativamente, lo que ha generado importantes beneficios para los cultivos cuyos rendimientos se vieron considerablemente mejorados. A modo de ejemplo, en horticultura o en cultivos extensivos, el uso actual de fungicidas en semillas va en continuo aumento. En los cereales de invierno como el trigo o la cebada, el impacto del uso de fungicidas sistémicos que pudieron controlar al carbón volador (*Ustilago nuda*) significó un aporte extraordinario, lo que hizo que esta enfermedad dejara de ser importante en pocos años. Esta enfermedad de los cereales tenía muy preocupados a los productores y a las industrias, y hoy es posible afirmar que el control realizado por los *triazoles* en

| EVOLUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS (FUNGICIDAS E INSECTICIDAS) DE SEMILLAS | |
|---|---|
| APROX. ENTRE 2000 A.C. - 100 D.C. | PRIMERA TÉCNICA DE TRATAMIENTO DE SEMILLAS: UTILIZACIÓN DE SAVIA DE CEBOLLA O CIPRÉS (EGIPTO, ROMA) |
| EDAD MEDIA | TRATAMIENTO CON SALES DE CLORO Y ESTÍRCOL |
| SIGLO XVII | TRATAMIENTO CON AGUA SALADA |
| MEDIADOS DEL SIGLO XVIII | INTRODUCCIÓN DE SALES DE COBRE |
| 1740 | INTRODUCCIÓN DEL ARSÉNICO |
| 1765 | TRATAMIENTOS EN AGUA CALIENTE (ALEMANIA) |
| 1808 | PROHIBICIÓN DEL ARSÉNICO |
| 1915 | INTRODUCCIÓN DE ÓRGANO-MERCURIALES |
| AÑOS 60 | INTRODUCCIÓN DEL PRIMER FUNGICIDA SISTÉMICO |
| AÑOS 70 | PRIMER FUNGICIDA SISTÉMICO CONTRA PATÓGENOS FOLIARES |
| 1982 | PROHIBICIÓN DE LOS ÓRGANO-MERCURIALES EN EUROPA |
| AÑOS 90 | INTRODUCCIÓN DE NUEVOS FUNGICIDAS E INSECTICIDAS MODERNOS |
| TABLA 1 FUENTE: FIS I 1999 | |

la semilla constituye un claro ejemplo de la eliminación del patógeno en los lotes, siempre que hayan sido bien curados (uniformidad y dosis correcta). Con el crecimiento de la siembra directa nuevos patógenos irrumpieron en el país y causaron severos daños. La mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) y la mancha en red (*Drechslera teres*) actualmente son importantes manchas foliares en los cultivos de trigo y cebada, respectivamente, y por su capacidad de extraer nutrientes de tejidos muertos (necrotrófico) permitieron conquistar exitosa y rápidamente los rastrojos de trigo y cebada que quedaban luego de la cosecha. La mancha en red ya había sido citada hace muchos años en el país, mientras que la mancha amarilla era considerada una enfermedad relativamente nueva (fines de los años 80 y principios de los años 90).

Hace muy pocos años se demostró y corroboró que estos patógenos son hongos llevados por la semilla y que seguramente fue por esta vía que se produjo la introducción y diseminación de éstos en el país (Reis et al, 1999; Carmona et al, 1999; 2006 y 2008).

Mientras que desde 1980 hasta casi el 2000 los productores y semilleros priorizaban el control de carbones en semillas de trigo y cebada por el simple hecho de ser el patógeno de semilla más conocido en el campo y con más frecuencia detectado en los laboratorios de detección, *D. tritici-repentis* y *D. teres* (insensibles a varios triazoles y/o sus dosis usados en carbones) se introdujeron “silenciosamente” en numerosos campos vía semilla. El éxito logrado con el control casi total de los carbones y la percepción de que ellos eran los hongos en semilla más importantes paradójicamente impidió o retrasó las investigaciones sobre el control de *D. tritici-repentis* en semillas de trigo y de *D. teres* en cebada. A partir de 1999 (Carmona et al 1999) comenzaron las investigaciones en Argentina acerca del género *Drechslera* en los cereales de invierno y una vez más, el tratamiento de semillas nuevamente ofreció una importante solución para su control en semilla. De esta forma, deferentes moléculas fueron recomendadas y la industria comenzó a crear nuevas generaciones de triazoles o modificar dosis con mayor eficacia de control ya no solo contra los carbones sino también contra las manchas foliares causadas por varias especies de *Drechslera*.

En la actualidad, el productor cuenta con varios productos que controlan eficientemente los hongos causantes de manchas foliares y les permiten agregarles valor a sus semillas, especialmente cuando son sembradas bajo rotación de cultivos.

APARICIÓN DE LAS ESTROBILURINAS.

La historia de las estrobilurinas tiene sus orígenes en el trabajo realizado por el investigador checo Vladimir Musilek en 1960, al observar la ocurrencia natural de un compuesto con acción fungicida (Estrobilurina) en madera podrida por el hongo *basidiomicete Strobilurus tenacellus*. Este compuesto fue utilizado como fungicida para hongos de la piel. Más tarde, otro metabolito antifúngico fue descubierto en otro *basidiomicete Oudemansiella mucida* (*Oudemansina*). La industria química mejoró estas sustancias naturales y las volvió más estables a la fotodescomposición y menos volátiles. Del primer hongo fue desarrollado el fungicida kresoxim metílico y del segundo la azoxistrobina. Por haber sido desarrollados a partir de un metabolito del hongo *Strobilurus*, el grupo fungicida se denomina “estrobilurina”, la clase más reciente de fungicidas. Son sustancias consideradas de bajo riesgo ambiental. El término mesostémico es relativamente nuevo y fue creado para incluir al nuevo grupo de moléculas de las estrobilurinas. Una sustancia química es mesostémica cuando presenta afinidad con la superficie foliar y puede ser absorbida por la capa de cera, formando un depósito en la superficie del órgano susceptible. Posteriormente, el producto puede ser redistribuido en la superficie de la planta por su fase de vapor. La sustancia mesostémica penetra los tejidos y presenta actividad translaminar, pero con translocación vascular (vía xilema o floema) mínima o inexistente. Si bien la mayoría presenta poca o nula movilidad una vez que ingresa a la planta, algunas de ellas, como la azoxistrobina, además tienen propiedades de translocación xilemática. Las estrobilurinas en general son moléculas altamente eficaces con un amplio espectro de control y residualidad en numerosos cultivos que han marcado luego de los triazoles, una verdadera revolución científica y tecnológica, lo que inicia una nueva era.

El principal inconveniente de estos principios activos es el alto riesgo de generar resistencia en los hongos cuando se usan frecuentemente, a bajas dosis y en forma individual (sin mezclas). Su uso generalizado y frecuente en Europa generó la aparición rápida de razas o cepas de hongos que se tornaron insensibles a las estrobilurinas, como ocurrió con el agente causal de oídio de los cereales (*Blumeria graminis f. sp. tritici*) o de la septoriosis del trigo (*Septoria tritici*). Con la aparición de las estrobilurinas se generaron cambios significativos en el manejo de enfermedades de numerosos cultivos, y en muy poco tiempo se conquistó entre un 15-20% el mercado de fungicidas. Los principales fungicidas mesostémicos (estrobilurinas) son: azoxistrobina, kresoxim metílico, piraclostrobina, picoxistrobina y trifloxistrobina. Actualmente, varias compañías tienen en proceso la elaboración y el patentamiento de numerosas estrobilurinas.

Otros de los atributos vinculados con las estrobilurinas fueron los efectos fisiológicos logrados en muchos cultivos. Entre los efectos fisiológicos pueden mencionarse la disminución de la concentración de etileno (retrasando y disminuyendo la senescencia de las plantas), el aumento de la eficiencia fotosintética, y el mejoramiento del proceso respiratorio. Estos efectos complementarios de las estrobilurinas contribuyen al mantenimiento del área foliar activa verde de las plantas, y otorgan mayor y mejor capacidad de interceptación de la radiación solar impactando, conjuntamente con su acción fungicida, en los rendimientos.

LAS MEZCLAS ESTROBILURINAS-TRIAZOLES.

Con la necesidad de combinar diferentes mecanismos y modos de acción, aumentar el espectro de acción y resolver la posibilidad de resistencia de hongos a las estrobilurinas, la utilización de las estrobilurinas asociadas con los triazoles marcó un nuevo concepto en la protección química de los cultivos. Mediante esta mezcla se logró aumentar no sólo el espectro de acción sino también el período de protección (la residualidad) en numerosos y variados cultivos.

Las mezclas se usan actualmente en una diversidad de cultivos para prevenir, curar y erradicar los

principales patógenos. Estas mezclas representan una evolución en el uso de fungicidas y se supo combinar diferentes movimientos de las moléculas en la planta con diferentes formas bioquímicas de acción sobre los hongos. Hoy, las recomendaciones para usar mezclas se generalizan año tras año, ya que el uso de triazoles solos o de estrobilurinas solas ha demostrado que han perdido efectividad para el control de algunas enfermedades.

IMPACTO DE LOS FUNGICIDAS EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS.

Resulta difícil cuantificar con precisión y en números el impacto que ha significado el uso de fungicidas en los principales cultivos. Ciertamente, algunos de ellos no serían productivos o no serían rentables sin los fungicidas. Tal es el caso del cultivo de la vid o de la papa, que necesariamente deben ser protegidos con frecuencia ya que el ataque de las enfermedades fúngicas disminuiría drásticamente los rendimientos. En otros cultivos como el trigo, la soja y la cebada, el impacto en Argentina asciende en promedio entre un 10 al 15% de aumento en los rendimientos. Estas cifras se derivan de numerosos años de ensayos de moléculas de fungicidas para controlar las principales enfermedades donde se comparaban los tratados frente a los testigos sin tratar, bajo diseños experimentales estadísticos (Carmona, 2000; Carmona, 2005; Carmona, 2006; Carmona et al 2004; Kantolic & Carmona, 2006). Para el caso de la soja, como es sabido, nuestro país no presenta epidemias severas de la roya de la soja en las principales zonas sojeras de producción, por lo que el impacto sólo se refiere al control de las enfermedades de fin de ciclo (EFC). En otros países como Brasil, sería imposible imaginarse producciones rentables de banana, soja o trigo sin el uso de fungicidas. Aquí el impacto está directamente asociado a la realización o no de estos cultivos.

LA SOJA Y LOS FUNGICIDAS. UN MERCADO EN EXPANSIÓN.

La aparición de las moléculas sistémicas, el carben-

dazim y el benomyl significó el comienzo del uso de fungicidas en soja a nivel mundial, pero su principal objetivo fue proteger las vainas y semillas procurando obtener una mejor calidad sanitaria de los granos. De esta forma, el control sólo estaba pensado para evitar la infección de *Phomopsis*, *Cercospora* y *Colletotrichum* en vainas y semillas. A medida que el cultivo de soja fue conquistando tierras, el advenimiento de los genotipos transgénicos resistentes al glifosato, la siembra directa y la continuidad del cultivo en el mismo lote todos los años (monocultivo) generaron un nuevo escenario sanitario gobernado por las llamadas enfermedades de fin de ciclo EFC. A este nuevo escenario fue necesario agregarle la intempestiva aparición de la roya asiática de la soja, especialmente en Bolivia, Brasil, Paraguay, y aunque con menores daños, en Argentina. Por lo tanto, desde la década del 90, el cultivo fue cambiando estructuralmente en su manejo y en sus adversidades.

De esta forma, el uso de fungicidas para la soja en Brasil aumentó significativamente en los últimos 7 años, en especial para evitar los daños de la roya asiática y de las EFC. El promedio de aplicaciones de fungicidas en todos los cultivos de soja brasileños (21,3 millones de ha) ronda las 3 aplicaciones por hectárea. En Argentina, si bien la roya asiática ocurre todos los años, la magnitud de sus daños y pérdidas no es significativa en comparación con lo que sucede en Brasil.

Sin embargo, las EFC se convirtieron en nuestro país en los últimos 7 años en las enfermedades de mayor crecimiento, daño y mayores pérdidas en el cultivo de soja, favorecidas por la siembra directa y el monocultivo. Constituyen el principal objeto de control, aunque la adopción de fungicidas para este cultivo en la actualidad solo alcance el 30-35% del área sembrada.

Numerosas publicaciones informan acerca de los daños y las pérdidas causados por las EFC. Aproximadamente, del 10 al 30% de disminución de rendimiento puede atribuirse a estas enfermedades (Wrather & Sciumbato, 1995; Carmona, 2003; 2006).

Se entiende por EFC a un grupo de enfermedades cuyos síntomas se manifiestan en estados reproductivos intermedios y avanzados.

Uno de los aspectos más destacables de las EFC es que muchas presentan períodos de incubación y latencia largos (desde la infección hasta la aparición de síntomas y fructificaciones pasan varios días), es decir, hay infecciones previas que no son visualizadas por los productores y asesores como sí ocurre con otras enfermedades, lo cual dificulta la decisión de efectuar el control químico.

Probablemente, este hecho de retraso visual ocasione que los productores no la consideren tan importante como otras enfermedades en otros cultivos, y eso haya provocado que el uso y el mercado de fungicidas en soja aún no haya tenido una evolución semejante a lo ocurrido en los cereales de invierno. En mi opinión personal, la falta de métodos técnicos para el abordaje de este tipo de adversidad que se esconde (latente) contribuye significativamente a la falta de manejo de estas enfermedades en numerosas hectáreas que requerirían control para evitar al menos 10% de daños.

Este panorama posiciona al cultivo de soja con varios millones de hectárea sembradas en el mundo como una permanente oportunidad para mejorar los rendimientos y, por lo tanto, la productividad. Solo a modo de ejemplo, en Argentina el cultivo de soja constituye el más importante del país.

El área sojera en la campaña 2007/08 ascendió a casi 17 millones de hectáreas, con una producción aproximada de 47 millones de toneladas, constituyéndose en la mayor superficie sembrada en la historia del país con esta oleaginosa.

Si se considera que solo el 35% del área está tratada con fungicidas, quedan más de 11 millones sin pulverizar.

Si consideramos una estimación “bondadosa” que el 50% de ello presenta epidemias de EFC con un daño promedio del 10%, el resultado arroja (con un promedio nacional de 3 Tn/ ha) que existen 1.650.000 Tn de daños que significarían un verdadero aumento potencial para incrementar la producción de soja en la misma superficie sembrada.

A decir verdad, esta hipótesis de daños podría aplicarse sobre más allá del 50% del área, ya que la mayoría de la soja en el país ha crecido en forma conjunta con la superficie bajo siembra directa (SD) y monocultivo, lo que favorece significativamente a las EFC.

EL FUTURO Y LOS FUNGICIDAS.

El uso de fungicidas es una herramienta de uso confiable y seguro para la producción agrícola. La evolución de las moléculas y sus propiedades acompañaron considerablemente la producción y productividad, y es por ello que sin dudas los fungicidas han contribuido al necesario crecimiento de los alimentos.

La historia nos muestra que no fue posible imaginar soluciones eficientes para manejar el impacto tan dramático en la producción agrícola de algunas epidemias, sin incluir a los fungicidas. Sólo por nombrar un ejemplo reciente, las epidemias de roya asiática de la soja significaron millones de dólares de pérdida en el Brasil. ¿Es posible imaginar qué hubiera sido de producción de soja sin el uso de fungicidas? ¿Cuáles hubieran sido los impactos sociales y económicos de la economía brasileña? Aun así se han producido importantes pérdidas,

sorgho), que en un futuro cercano serán adversidades que deberán ser atendidas complementariamente con los fungicidas foliares.

Dentro del manejo integrado de enfermedades es seguro que la combinación de sistemas de monitoreo y de predicción en conjunto con el uso de fungicidas establecerán una meta muy próxima para hacer más eficiente el control de los patógenos respetando el ambiente y haciendo más sustentable la producción. Los productores están preocupados por el aumento del costo de control químico y por determinar el mejor momento de aplicación, y a su vez los consumidores están atentos respecto de los efectos negativos del uso de fungicidas en el ambiente. Los sistemas de predicción ayudarán a eliminar o acortar la incertidumbre sobre la necesidad de la aplicación química. Para ello, también será necesario un nuevo concepto de capacitación y formación de recursos humanos en protección química con capacidad de integrar tácticas que sean capaces

La resistencia genética con sus nuevos abordajes desde la biotecnología en combinación con los fungicidas permitirá un manejo complementario procurando mejorar la cantidad y calidad de lo producido.

probablemente por la falta de capacitación para manejar este nuevo patógeno y por la dificultad en la tecnología de aplicación y logística operacional. El mercado de fungicidas nos muestra cómo la intensificación de la producción de algunos cultivos (por ejemplo, cereales desde 1960-1970) o la aparición de nuevas enfermedades (por ejemplo, la roya asiática en América) pueden generar cambios en el uso de fungicidas y producir variaciones estructurales. Para un futuro con una posible demanda de granos para alimentos y para combustibles alternativos (biocombustibles), se espera que puedan intensificarse aún más algunos grupos de cultivos y que por ello generen mayor demanda de uso de fungicidas. Sirven como ejemplos el cultivo de soja y maíz. En el cultivo de soja ya se expresó y analizó la expansión y el futuro del uso de fungicidas. Particularmente para el cultivo de maíz, se destaca el avance de algunas enfermedades como el tizón (*Exserohilum turcicum*) y la roya común (*Puccinia*

de elaborar e implementar programas de manejo integrado.

La resistencia genética con sus nuevos abordajes desde la biotecnología en combinación con los fungicidas permitirá un manejo complementario procurando mejorar la cantidad y calidad de lo producido.

En relación con el desarrollo de nuevas moléculas, en la actualidad muchos esfuerzos están dedicados a obtener nuevas moléculas con diferentes mecanismos de acción pero fundamentalmente con diferente movilidad (bidireccional) y mínima toxicidad para el ambiente. Algunas industrias están invirtiendo en investigación y desarrollo de principios activos que sean capaces de aumentar los mecanismos de defensa de las plantas o de inducir resistencia frente a patógenos. Este proceso de control de patógenos escapa al concepto tradicional de fungicida ya que estos compuestos no actúan directamente sobre el hongo sino a través de su inducción de las defensas de la planta. Es esperable la aparición y el fortale-

cimiento del desarrollo de este tipo de moléculas. Lo mismo sucederá con los compuestos de control biológico que hoy representan tan sólo un muy pequeño porcentaje del mercado de fungicidas (1%). En definitiva, hoy una de las principales preocupaciones de las compañías como resultado de la demanda social es la de disminuir los riesgos de toxicidad ambiental y la de disminuir las dosis de uso. En ese camino, el tratamiento de semillas con fungicidas para semilla será un gran desafío para el futuro ya que se descubrirán nuevas moléculas

serán más numerosos y se intensificarán, buscando lograr moléculas o métodos de control que aseguren además del control de las enfermedades, interacciones metabólicas para detoxificar las micotoxinas de algunos patógenos (por ejemplo, especies de *Fusarium*) y disminuir consecuentemente su riesgo. La posibilidad concreta de resistencia de hongos a varias moléculas es considerada otras de las preocupaciones importantes para atender en el futuro. Algunas moléculas, ya sean antiguas o nuevas, presentan alto riesgo de generar resistencia a los

En último lugar, la tecnología de aplicación asociada al uso de fungicidas también será una disciplina que deberá ser abordada desde una nueva visión que integre específicamente la epidemiología de la enfermedad con la ingeniería de la pulverización.

específicas o se combinarán algunas ya existentes. Es sabido que la dosis, la manipulación, el riesgo ambiental y toxicológico, y los residuos de los fungicidas usados en semillas tienen menor impacto en la agricultura en general y por ello son actualmente una prioridad dentro de las compañías. Asimismo, existe una importante dedicación para intentar disminuir la micotoxinas producidas por algunos hongos. Hay programas que en el futuro

hongos cuando son usadas indiscriminadamente. Esta vulnerabilidad debe ser atendida planificadamente con estudios de laboratorio y de campo para anticiparse a la aparición de estas razas insensibles. En último lugar, la tecnología de aplicación asociada al uso de fungicidas también será una disciplina que deberá ser abordada desde una nueva visión que integre específicamente la epidemiología de la enfermedad con la ingeniería de la pulverización.

BIBLIOGRAFÍA

> CARMONA, M.; BARRETO, D.; Y REIS, E. M. 1999. DETECTION, TRANSMISSION AND CONTROL OF DRECHSLERA TERES IN BARLEY SEED. CARMONA. SEED SCI. & TECHNOL., 27, 761-769.

> CARMONA, M. 2000. ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA LAS ENFERMEDADES DE LOS CEREALES DE INVIERNO BAJO SIEMBRA DIRECTA EN ARGENTINA. PROCEEDINGS WORKSHOP EN DOENCAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO CON ENFASE EM MANCHA FOLIAR E GIBERELA, ORGANIZADO POR EMBRAPA -TRIGO, PROCISUR - IICA, PASSO FUNDO, RIO GRANDE DO SUL, 6-8 DE JUNIO, BRASIL 2000.

> CARMONA, M. 2003. DAÑOS Y PÉRDIDAS CAUSADOS POR ENFERMEDADES. IMPORTANCIA DEL MANEJO INTEGRADO. UBICACIÓN ESTRATÉGICA DE FUNGICIDAS FOLIARES. ACTAS JORNADAS TÉCNICAS DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES EN CULTIVOS EXTENSIVOS, PP. 10- 15, LA RURAL, BS. AS., 16 Y 17 DE SETIEMBRE DE 2003.

> CARMONA, M.; SUGIA, V.; JAEggi, E. Y REIS, E.M. 2004. ROYA DE LA HOJA DE TRIGO (PUCCINIA TRITICINA): ESTIMACIÓN DE DAÑOS Y PÉRDIDAS, Y SU RELACIÓN CON EL CONTROL QUÍMICO COMO ESTRATEGIA RACIONAL Y ECONÓMICA. FITOPATOLOGÍA BRASILEÑA, VOL. 29, P. 90.

> CARMONA, M. 2005. MANEJO INTEGRADO DE LAS ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE TRIGO. P. 40. ISBN: 987-43-3784-2.

> CARMONA M., GALLY M. Y LÓPEZ S. 2005. ASIAN SOYBEAN RUST: INCIDENCE, SEVERITY AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF PHAKOPSORA PACHYRHIZI (UREDINIA AND TELIA) IN ARGENTINA. PLANT DISEASE 89: 109.

> CARMONA, M.; FERRAZINI, M. AND BARRETO, D. E. 2006. TAN SPOT OF WHEAT CAUSED BY DRECHSLERA TRITICI REPENTIS: DETECTION, TRANSMISSION AND CONTROL IN WHEAT SEED. CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS, VOL. 34, 2-3 1043-1049.

> CARMONA M. 2006. IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES DE FIN DE CICLO: SU RELACIÓN CON LA ECOFISIOLOGÍA Y EL USO ESTRATÉGICO DE FUNGICIDAS EN EL CULTIVO DE SOJA. WORKSHOP DE ENFERMEDADES DE HOJA, TALLO Y RAÍZ. MERCOSOJA 2006, 3ER. CONGRESO DE SOJA DEL MERCOSUR, ROSARIO, 27 AL 30 DE JUNIO DE 2006: 321-324.

> CARMONA M., GALLY M. Y LÓPEZ S. 2007. STUDIES OF ASIAN SOYBEAN RUST (PHAKOPSORA PACHYRHIZI) IN ARGENTINA. FITOPATOLOGÍA 42 PP.25-30.

> CARMONA, M.; BARRETO, D., MOSCHINI, R. Y REIS, E. M. 2008. EPIDEMIOLOGY AND CONTROL OF SEED-BORNE DRECHSLERA TERES ON BARLEY CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS 36 (4), PP. 637-645.

> CASAFE. 2009. ESTADÍSTICAS. WWW.CASAFE.ORG. CAPTURADO EN FEBRERO DE 2009.

> CEP CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PRODUCCIÓN, SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y PYME. MINISTERIO DE ECONOMÍA Y PRODUCCIÓN, MAYO DE 2008.

> COHEN, Y. AND M D COFFEY. 1986. SYSTEMIC FUNGICIDES AND THE CONTROL OF OOMYCETES. ANNUAL REVIEW OF PHYTOPATHOLOGY VOL. 24: 311-338.

> FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE SEMILLAS. 1999. EL TRATAMIENTO DE SEMILLAS. UNA HERRAMIENTA PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE. ELABORADO POR EL COMITÉ DE MEDIO AMBIENTE Y TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE LA (FIS). 1999. FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU COMMERCE DES SEMENCES. CHEMIN DU REPOSOIR 7 CH-1260 NYON/SUIZA.

> HEWITT, H.G. 1998. FUNGICIDES IN CROP PROTECTION. CAB INTERNATIONAL, P. 220.

> KANTOLIC, A. Y CARMONA, MARCELO A. 2006. BASES ECOFISIOLÓGICAS DE LA GENERACIÓN DE RENDIMIENTO: RELACIÓN CON EL EFECTO DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES Y EL USO DE FUNGICIDAS EN EL CULTIVO DE SOJA. P. 22. ED. FAUBA- PRODUCCIONES GRÁFICAS.

> KIRBY, A. H. 1972. PROGRESS TOWARDS SYSTEMIC FUNGICIDES

PANS VOL. 18, N 1-33.

> KLEFFMANN GROUP ARGENTINA. MERCADO ARGENTINO 2007 DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS PREPARADO POR: WWW.CASAFE.ORG.AR/ESTAD/M2007.HTM

> MANN CH. 2008. NUESTRA BUENA TIERRA. NATIONAL GEOGRAPHIC.

> REIS, E. M, REIS, A, Y CARMONA M. 2007. DOENCAS DA SOJA 1 FERRUGEM DA SOJA. EDITORIAL UNIVERSIDADDE DE PASSO FUNDO, PASSO FUNDO, BRASIL. P. 48.

> REIS E.M. Y CARMONA M. 2009. MANUAL DE FUNGICIDAS. P. 120. INÉDITO.

> REIS, E. M. BARRETO, D. Y CARMONA, M. 1999. PATÓGENOS DE SEMILLAS DE CEREALES DE INVIERNO. P. 100. ISBN 987-43-0481-2.

> SIQUEIRA DE AZEVEDO LUIS. A. 2007. FUNGICIDA SISTEMICOS TEORIA E PRATICA. P. 284.

> VINCE MORTON AND THEODOR STAUB. 2008. A SHORT HISTORY OF FUNGICIDES APS ONLINE WWW.APSNET.ORG WWW.APSNET.ORG/ONLINE/FEATURE/FUNGI CAPTURADO EN FEBRERO DE 2008.

> WRATHER, J.A. & SCIUMBATO, G.L. 1995. SOYBEAN DISEASE LOSS ESTIMATES FOR THE SOUTHERN UNITED STATES DURING 1992 AND 1993. PLANT DISEASE 79:84-85.

HERBICIDAS.
LA AGRICULTURA Y EL MANEJO DE LAS
MALEZAS EN LA REGIÓN PAMPEANA.

AUTOR

DR. EDUARDO S. LEGUIZAMÓN

UNIVERSIDAD DE ROSARIO

INTRODUCCIÓN.

SE PRESENTA UNA REVISIÓN DEL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA EN LA ARGENTINA Y DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DE MALEZAS QUE DEBIERON ENFRENTARSE PRINCIPALMENTE EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX EN EL ÁREA PAMPEANA. SE DESCRIBEN EN FORMA SIMULTÁNEA LOS PRINCIPALES PRINCIPIOS ACTIVOS QUE FUERON APARECIENDO. LA DIFUSIÓN DEL CULTIVO DE SOJA Y LA POSTERIOR UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE SIEMBRA DIRECTA SE DESARROLLA EN EL MARCO DE UN LISTADO DE LA CONSTANCIA DE LAS PRINCIPALES MALEZAS

NO SÓLO EN LAS CUATRO ECOREGIONES DEL ÁREA PAMPEANA, SINO TAMBIÉN EN EL LITORAL URUGUAYO. CON EL FIN DE CONTRIBUIR AL MANEJO SUSTENTABLE DE PLANTAS ESPONTÁNEAS EN AGROE-COSISTEMAS, EL CAPÍTULO CULMINA CON EL LISTADO DE UNA SERIE DE ASPECTOS O ACCIONES QUE DEBIERAN TENERSE EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE POLÍTICAS DE ESTADO Y/O PROYECTOS DE DISTINTAS ORGANIZACIONES O CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DISEMINACIÓN DE CONOCIMIENTOS.

LA AGRICULTURA DESDE LA ÉPOCA COLONIAL HASTA PRINCIPIOS DEL SIGLO XX.

La transformación de las tribus nómades en pueblos sedentarios originó un cambio gigantesco en el modelo de la sociedad que hoy conocemos. Hace 11.000 años, el pilar fundamental de estas sociedades era la agricultura, como en los casos paradigmáticos de los sumerios y acadios en la medialuna de las tierras fértiles en los que hoy es Irak-Irán, como así también en China y posteriormente en América. La historia agrícola de la Argentina no difiere de la ocurrida en otros puntos del planeta. A los fines de esta reseña, podría dividirse en dos grandes períodos: el primero, hasta mediados del siglo XIX y el segundo, desde entonces hasta nuestros días.

El período inicial está caracterizado por sociedades agrícolas de tribus nativas con diferente nivel de desarrollo, principalmente fuera de la región pampeana y cuya producción estaba fundamentalmente orientada al consumo interno. Luego del descubrimiento de América, los primeros asentamientos introdujeron cultivos traídos por los españoles, que incluyeron el algodón y la caña de azúcar en Tucumán, y la vid, introducida desde la Capitanía General de Chile a Mendoza, a fines del siglo XVI. En la región pampeana, hacia 1580 se inició el reparto de solares en Buenos Aires y su área circundante. Ese reparto permitía delimitar las ciudades y

separar las áreas urbanas de las correspondientes a sembradíos y pastoreo de animales. La tarea se hizo siguiendo las leyes de Indias, con trazados geométricos que delimitaban áreas rectangulares separadas, al comienzo, por zanjas y cercos y más tarde por alambrados y caminos aún visibles hoy. Muchas especies utilizadas para delimitar fueron el añapindá (*Acacia bonariensis*), el tala (*Celtis tala*) o la cina-cina (*Parkinsonia sp.*), los primeros árboles plantados en el ambiente pampeano. Esas introducciones de especies leñosas se fueron extendiendo con los asentamientos coloniales y el avance de la frontera en territorio indígena. Las especies de los cercos, muchas nativas de zonas aledañas, como las estepas arbustivas y el bosque xerófilo que rodean los pastizales pampeanos, provocaron la lenta llegada y el gradual asentamiento de aves, que a su vez reforzaron la difusión de los árboles. Este proceso ha continuado hasta el presente, como es el caso del ligustro (*Ligustrum lucidum*). La dispersión de especies arbóreas fue promovida por los incendios, el pastoreo y la dispersión de semillas por parte de los animales domésticos. Los flujos comerciales entre colonos e indígenas y el crecimiento del área ocupada por los animales traídos de Europa también promovieron la dispersión de especies espontáneas de otros continentes, como los abrojos, los cardos (géneros *Xanthium*, *Silybum* y *Carduus*) y la chinchilla (*Tagetes minuta*). Hacia 1880, el tendido de las líneas de ferrocarril

promovió significativamente el desarrollo agrícola, y les dio impulso a los cultivos existentes desde la época de la conquista y motorizó la creación de numerosas poblaciones en todo el territorio pampeano húmedo y subhúmedo. Un trazado radial de vías convergentes a los puertos quedó superpuesto a la división ortogonal de las tierras.

La gradual desaparición de los latifundios, la eliminación de los malones y la fuerte inmigración europea crearon las condiciones para que en la región pampeana se produjera un nuevo cambio estructural durante el final del siglo XIX y principios del XX: se intensificó el uso de la tierra y se extendió el área agrícola, diseminada desde los enclaves que constituyeron las colonias agrícolas del centro (por ejemplo, Esperanza) y el sur de Santa Fe (por ejemplo, Casilda), gracias al tendido de nuevas líneas ferroviarias.



TAREAS DE TRILLA EN LA COLONIA DE ESPERANZA (SANTA FE)
FOTOG: MUSEO DE LA COLONIZACIÓN.

Los ferrocarriles crearon nuevas vías de diseminación de especies no nativas o exóticas, entre ellas, algunos pastos como el gramón (*Cynodon dactylon*), muy probablemente introducido por el ferrocarril para consolidar los taludes de suelos sueltos en el sur de Santa Fe y el noroeste de Buenos Aires, sitios de cruce de las líneas Rosario-Puerto Belgrano¹ del Ferrocarril Francés y de la línea Buenos Aires-sur de Mendoza del Ferrocarril Oeste de Buenos Aires.

Durante este período de expansión, el paisaje rural consistía en manchas de campo natural, es decir, pastizales prístinos con escasa o nula historia

agrícola, que se alternaban con potreros recientemente delimitados con el fin sembrar cultivos de verano (como el maíz, el girasol o el sorgo) y de invierno (trigo, lino, avena y centeno). Los alfalfares también eran un componente importante del paisaje y se usaban para alimentar animales de trabajo, que impulsaban la mayoría de los medios de transporte y los implementos agrícolas. Así, durante la primera mitad del siglo XX, la Pampa húmeda quedó definitivamente estructurada como un paisaje de mosaico, con sectores dedicados a la agricultura, imbricados en una trama de pastizales y una red urbana y de transportes y caminos. Este mosaico no era tan evidente en la llamada Pampa deprimida, (cuenca del río Salado en la provincia de Buenos Aires) ni en las cuencas más pequeñas de la Pampa ondulada o del oeste de la Pampa deprimida.

Los animales silvestres y muchas de las especies perennes del pastizal original se ubicaron, principalmente, en refugios constituidos por lugares menos perturbados, como los bordes de los caminos o las vías férreas, en los bosquecillos plantados para la protección del ganado o en montes y cascós de estancias y áreas no agrícolas, incluidas taperas.

DESDE MEDIADOS DEL SIGLO XX HASTA LA ACTUALIDAD.

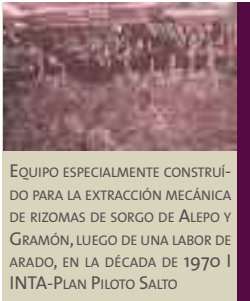
A medida que el mosaico agrícola se consolidaba y extendía, las especies anuales comenzaron a ser dominantes en la cobertura vegetal de la región y con frecuencia pasaron a ser malezas agresivas fuertemente competitivas con las especies cultivadas, en especial las del subsistema agrícola. Algunas de ellas fueron introducidas con propósito forrajero, como fue el caso del sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*), una especie originaria de Siria (*Aleppo*) e introducida en el país hacia 1910 desde los EE.UU, donde había sido importada por agricultores del estado de Arkansas hacia 1860 con el mismo propósito.

El sorgo de Alepo es uno de los casos interesantes de introgresión: según deWet, la incorporación de genes de sorgos cultivados de origen africano en el sorgo de Alepo original le confirió al ecotipo americano sus características de invasora agresiva y

1. Otro ejemplo de la contribución del Ferrocarril a la diseminación de malezas ha sido el de *Diplotaxis tenuifolia*, una Crucífera perenne de utilización melífera que desde la región de Bahía Blanca se expandió al área pampeana

con notorias capacidades para la competencia y la perpetuación. Hacia 1930, los cultivos se ampliaron y diversificaron, y se incorporaron los de destino industrial, como es el caso de los textiles (lino y algodón), los frutales² y las hortalizas que antes se importaban y que en conjunto con las introducciones previas (caña de azúcar y vid), modelaron no sólo la estructura agrícola sino también la social de tales regiones. Sólo en la segunda mitad del siglo XX se produjeron avances tecnológicos que permitieron revertir un generalizado atraso mediante el desarrollo de nuevas variedades, cultivares e híbridos, el control de las malezas, y la potencia y capacidad de la maquinaria para cultivar el suelo. La intensificación de la agricultura potenció la aparición de nuevos problemas, como los debidos a las excesivas labores del suelo,

difundida antes de la disponibilidad de herbicidas para su control y la difusión del cultivo de soja, que inició su notable expansión en los comienzos de la década de 1970. En este sentido, resulta muy importante destacar la estu- penda tarea de investiga- ción y extensión de los técnicos del INTA en el sur de Santa Fe (especialmente de las Agencias de Exten- sión de Casilda y Roldán), en el norte de Buenos Aires (Pergamino y San Pedro) y en el este entre- rriano (Paraná). Hacia finales de la década del 70 se adoptó en forma gradual la práctica de sembrarla inmediatamente después de la cosecha de trigo (soja



Los campos invadidos con sorgo de Alepo valían menos y atentaban contra la realización de rotaciones adecuadas, dado que los cultivos de verano como el maíz sufrían severamente su competencia.

que agudizaron la erosión y/o modificaron la dinámica de almacenaje y la utilización del agua. Hacia mediados de 1970 se generalizaron y mejo- raron desde el punto de vista tecnológico todas las actividades agrícolas. El principal problema que se presentó durante ese período fue la propagación y la abundancia de malezas gramíneas perennes, como el *sorgo de Alepo* y el gramón, además de eviden- ciarse un fuerte incremento en los procesos de erosión. Los campos invadidos con sorgo de Alepo valían menos y atentaban contra la realización de rota- ciones adecuadas, dado que los cultivos de verano como el maíz sufrían severamente su competencia. La realización de labores mecánicas para disminuir las poblaciones de estas malezas durante barbechos de primavera y verano constituyó la práctica más

de segunda ocupación), y así se generalizó el doble cultivo trigo-soja, potenciado por la disponibilidad de variedades más adaptadas, mejor maquinaria de siembra cosecha, y pulverización y el desarrollo de nuevos herbicidas³ y/o formas de aplicación. Contemporáneamente con la difusión de la soja apareció en el escenario de la investigación tecno- lógica el sistema de la siembra directa o labranza cero, un sistema desarrollado en Inglaterra y cuya adaptación fue encarada por los técnicos de la Estación Experimental INTA Marcos Juárez con el apoyo de ICI (Imperial Chemical Industries) y algunas empresas de maquinarias locales. Los principales límites para la adopción de esta tecno- logía eran la ausencia de sembradoras aptas para depositar la semilla en un suelo sin remoción con residuos en superficie y la falta de herbicidas eficaces

2. Nuevamente, merece destacarse la visión de las empresas ferroviarias: la compañía que unió la Pampa húmeda con Mendoza promovió la difusión e implantación de frutales de carozo mediante la creación de una Estación Experimental en el sur mendocino.

3. No se puede soslayar en esta reseña la excelente tarea de desarrollo tecnológico de herbicidas que impulsó desde la EEA INTA San Pedro el Ing. Agr. Agustín Mitidieri. Esta breve mención debería motivar un merecido homenaje por su enorme aporte al manejo racional de malezas en cultivos exten- sivos e intensivos y a la formación de toda una generación de investigadores y tecnólogos en todo el país.

y/o de costo accesible⁴ para el control de las malezas. La alta frecuencia de malezas perennes (*Cynodon dactylon* y *Sorghum halepense*) constituía un límite adicional para este sistema, dado que como se ha dicho, era el control mecánico el método disponible más efectivo por esos años, una práctica incom- patible con los fundamentos de la siembra directa. La práctica de siembra directa, inicialmente llamada “labranza cero” y promovida desde la EEA INTA Marcos Juárez, fue adoptada con rapidez al avanzar la década del 80 por un número significativo de productores, a medida que el precio del glifosato iba descendiendo, las máquinas sembradoras se perfec- cionaban y la difusión de la tecnología por los técnicos de la recién fundada AAPRESID se disemi- naba exponencialmente La combinación y el desa- rrollo de tecnologías y su eficaz difusión motorizó un cambio paradigmático en los sistemas de produc- ción extensivos, en especial a partir de la disponi- bilidad de soja RR durante la campaña 1996/97.

La combinación y el desarrollo de tecnologías y su eficaz difusión motorizó un cambio paradigmático en los sistemas de producción extensivos, en especial a partir de la disponibilidad de soja RR durante la campaña 1996/97.

Aunque en 1975 sólo 5000 hectáreas se cultivaban con este sistema, en la actualidad más del 80% de los cultivos anuales en más de 20 millones de has se cultiva bajo el sistema de siembra directa. En forma paralela con esta formidable transfor- mación técnica, se produjo un cambio en la empresa agrícola: entre mediados de la década del 50 y mediados de la del 70, los productores eran, esen- cialmente, los propietarios de la tierra. Hoy, el tama- ño medio de las explotaciones ha aumentado considerablemente y muchas forman parte de empresas que reúnen capital para cultivar grandes extensiones y/o firman contratos de alquiler o uso temporal de los campos. La innovación ha reducido la heterogeneidad de los sistemas productivos, lo que permite economías de escala y empleo de tecno- logías de última generación, en general no accesibles a las empresas relativamente más pequeñas. Además de soja genéticamente modificada, una serie de eventos están siendo patentados o se encuentran

en distintas fases de desarrollo. Hasta el momento, no hay evidencia de que los cultivos transgénicos sean distintos de los tradicionales en cuanto a su efecto sobre la biodiversidad vegetal. Desde el punto de vista de las poblaciones y comu- nidades de malezas, la transformación del sistema de labranza convencional a siembra directa y el control químico de malezas liderado por glifosato se caracteriza por:

- A. Una disminución generalizada de la abundancia de las malezas a medida que el sistema “progres” en el sistema de “labranza cero”.
- B. Una disminución de la dominancia (aumento de la equitatividad).
- C. Modificaciones en el listado florístico y conse- cuentemente en la frecuencia específica (enmarcados

en un proceso denominado “desplazamiento de flora” o “*weed shifts*”), que puede sintetizarse de la siguiente manera:

1. Aumento de Poáceas anuales de ciclo estival (*Digitaria sanguinalis*, *Eleusine indica*, *Brachiaria*) (= *Urochloa*) extensa (= *platyphylla*) y *Setaria geniculata*.
2. Aumento de Asteráceas con dispersión anemófila, tanto anuales (*Conyza bonariensis*, *Carduus acanthoides*, *Taraxacum officinale*, *Sonchus oleraceus*) como perennes (*Senecio grisebachii*, *Senecio brasiliensis*).
3. Aumento de dicotiledóneas anuales de ciclo otoño-estival que exhiben tolerancia a dosis usuales glifosato (2.5 a 3 l/ha): *Bowlesia incana*, *Lamium amplexicaule*.
4. Disminución de especies que requieren de estímulo

4. El rango de principios activos disponibles para controlar las malezas emergidas era muy limitado: esencialmente 2,4-D; Paraquat y algunos pre- emergentes como Metribuzin. El glifosato, cuya difusión se inició a mediados de la década del 70, tenía un costo cercano 30 dólares por litro.

los de irradiancia y/o alternancia térmica para desbloquearse, como por ejemplo *Datura ferox*.

5. Disminución de dicotiledóneas sensibles al glifosato, como por ejemplo *Amaranthus quitensis*.

6. Niveles aproximadamente estables de dicotiledóneas estivales de difícil control con glifosato a las dosis normales de uso “tolerantes”, como por ejemplo *Portulaca oleracea* y *Anoda cristata*.

7. Tendencias variables, en algunos casos hacia el aumento de monocotiledóneas (*Cynodon dactylon*, *Cyperus spp*), que requieren dosis más elevadas de glifosato que las utilizadas usualmente.

8. Invasión de las mal llamadas “malezas nuevas”, preadaptadas y antes confinadas a alambrados, banquinas y relictos y/ o suelos bajos, que en general exhiben una fuerte tolerancia a glifosato, tanto

“parches” sin cultivo o con otros cultivos) y que las opciones de control estén muy concentradas a unos pocos principios activos, en general usados en forma masiva, sin el debido respeto por su impacto ambiental.

Este sistema muy simplificado y relativamente sencillo de implementar desde el punto de vista empresarial, exhibe peligros desde el punto de vista de la ecología de paisaje: baja conectancia y disminución del flujo de genes de materia y de información.

En síntesis, es un sistema con redes muy debilitadas que resulta más sensible a eventos de tipo catastrófico y más vulnerable a la aparición de nuevas adversidades o a la resurgencia de las ya existentes. Un paisaje agrícola con una adecuada distribución de parches y con provisión de biomasa verde, el pilar de la cadena trófica, a lo largo de todo el año, constituye el basamento sobre el cual se tejen relaciones y flujos vitales perdurables entre todos los actores del ecosistema del cual formamos parte. Un

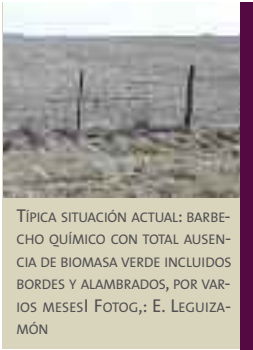
A pesar de la existencia de opiniones agoreras y visiones catastróficas, ni la soja transgénica ni la agricultura continuada constituyen un problema en sí mismo.

monocotiledóneas y herbáceas (*Commelina erecta*, *Chloris spp*, *Parietaria debilis*, *Verbena spp*, *Oenothera spp*, *Hybanthus pauciflorus*, *Veronica peregrina*), semiperennes como *Baccharis spp* y leñosas y arbustivas como *Gleditsia triacanthos*⁵.

9. Generación de biotipos resistentes. Hasta el presente existen tres casos documentados en la Argentina: *Amaranthus quitensis* (resistente a imidazolinonas -imazetapyr- y a sulfonilureas -clorimuron), *Sorghum halepense* (resistente a glifosato) y *Lolium sp.* en varias regiones⁶. A pesar de la existencia de opiniones agoreras y visiones catastróficas, ni la soja transgénica ni la agricultura continuada constituyen un problema en sí mismo. El peligro subyace en el hecho de que el monocultivo de soja abarque ininterrumpidamente un área significativa (es decir, una gran ausencia de

estudio reciente muestra que la riqueza de especies de la red trófica es mayor cuanto mayor es el contraste entre los bordes y márgenes y el cultivo agrícola del contenido.

En tal sentido, la tendencia dominante hacia la eliminación completa de la vegetación de bordes y alambrados es un elemento que desde el punto de vista de manejo “simplifica” los potenciales problemas de malezas pero tiene un impacto negativo importante en la estabilidad y en la biodiversidad del agroecosistema, cuyos efectos recién han comenzado a percibirse.



5. Un caso paradigmático es el del Trébol blanco (*Trifolium repens*), una leguminosa perenne de gran calidad forrajera, de resiembra natural y beneficiosa en los sistemas de producción mixtos: en el esquema de agricultura continua basada exclusivamente en glifosato constituye “un problema” pues requiere de herbicidas específicos.

6. Y están en el umbral de esta situación otras especies frecuentes en barbechos como por ejemplo *Conyza bonariensis* y en cultivos de verano, como *Eleusine indica* ya declaradas resistentes a glifosato en Europa y Asia, respectivamente.

CONSTANCIA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE MALEZAS EN LA REGIÓN PAMPEANA.

A continuación se exhibe un listado florístico (no

exhaustivo, pero relativamente completo) y la constancia media que puede encontrarse en un lote tipo en cada una de las cuatro subregiones que comprenden la ecoregión pampeana.

Resulta particularmente interesante la comparación

| LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN LA ECO-REGIÓN PAMPEANA | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | GÉNERO Y ESPECIE | REGIÓN PAMPEANA | | | |
| | | PAMPA ONDULADA ⁴ | PAMPA DEPRIMIDA ⁵ | PAMPA AUSTRAL ⁶ | PAMPA INTERIOR ⁷ |
| 1 | ALTERNANTHERA PHYLOXEROIDES | 20 | | 33 | |
| 2 | AMARANTHUS QUITENSIS | 58 | 10 | 85 | 35 |
| 3 | AMMI MAJUS | | | | 18 |
| 4 | AMMI VISNAGA | | 10 | 33 | |
| 5 | ANAGALLIS ARVENSIS | 14 | | | |
| 6 | ANODA CRISTATA | 64 | | 33 | 48 |
| 7 | ANTHEMIS COTULA | 13 | 10 | | |
| 8 | APIUM LEPTOPHYLLUM | 13 | | | |
| 9 | ARACHYS HIPOGAEA | | | | 19 |
| 10 | ARTEMISIA ANNUA | 14 | | | |
| 11 | ARTEMISIA VERLOTORUM | | | 33 | |
| 12 | AVENA FATUA | 8 | 10 | | |
| 13 | BACCHARIS SALICIFOLIA | 8 | | | |
| 14 | BIDENS PILOSA | 14 | | 33 | 85 |
| 15 | BIDENS SUBALTERNANS | 8 | | 33 | 59 |
| 16 | BOWLESIA INCANA | 10 | | | |
| 17 | BRACHIARIA SP. | 39 | | | |
| 18 | BRASSICA CAMPESTRES | 10 | 40 | 33 | 18 |
| 19 | CAPSELLA BURSA-PASTORIS | 22 | | | |
| 20 | CARDUUS ACANTHOIDES | 34 | | 33 | 11 |
| 21 | CARTHAMUS LANATUS | | | | 8 |
| 22 | CENCHRUS PAUCIFLORUS | | | | 47 |
| 23 | CENTAUREA SP. | | 10 | | 33 |
| 24 | CERASTIUM GLOMERATUM | 13 | | | |
| 25 | CHENOPODIUM ALBUM | 56 | 50 | 85 | 60 |

7. Información obtenida en censos de lotes bajo SD durante las campañas 2001 y 2005, y encuestas de opinión.

8. Información publicada por la EEA INTA Tres Arroyos y la EEA Bordenave, y encuestas de opinión.

9. Información publicada en el Taller de Girasol organizado por ASAGIR, y encuestas de opinión.

10. Información de censos y encuestas de opinión calificadas obtenidas en Río Cuarto, Anguil y Merlo

| LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN LA ECO-REGIÓN PAMPEANA | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | GÉNERO Y ESPECIE | REGIÓN PAMPEANA | | | |
| | | PAMPA ONDULADA ⁴ | PAMPA DEPRIMIDA ⁵ | PAMPA AUSTRAL ⁶ | PAMPA INTERIOR ⁷ |
| 26 | CHENOPODIUM PUMILIO | | | | 8 |
| 27 | CHONDRILLA JUNCEA | | | 20 | |
| 28 | CHRYSANTHEMUM LEUCATHEMUM | 10 | | | |
| 29 | CICHORIUM INTYBUS | 15 | | | |
| 30 | CIRSIUM VULGARE | 19 | 10 | | |
| 31 | CLEMATIS DENTICULATA | | | | 46 |
| 32 | COMMELINA ERECTA | 30 | | | 19 |
| 33 | CONVOLVULUS ARVENSIS | 15 | 10 | | |
| 34 | CONYZA BONAERIENSIS | 42 | | 33 | 30 |
| 35 | CORONOPUS DIDYMUS | 27 | | | |
| 36 | COTULA AUSTRALIS | 25 | | | |
| 37 | CUCUBITA ANDREANA | 8 | | 33 | 8 |
| 38 | CYNODON DACTYLON | 33 | 30 | 85 | 33 |
| 39 | CYPERUS ESCULENTUS | 54 | | 33 | |
| 40 | CYPERUS ROTUNDUS | 67 | | 54 | |
| 41 | DATURA FEROX | 47 | | 33 | 51 |
| 42 | DESCURAINIA ARGENTINENSIS | | | 5 | |
| 43 | DICHONDRA MICROCALYX | 18 | | | |
| 44 | DIGITARIA SANGUINALIS | 86 | 25 | 85 | 90 |
| 45 | DIPLOTAXIS TENUIFOLIA | | 10 | 20 | |
| 46 | ECHINOCHLOA COLONA | 73 | | | 33 |
| 47 | ECHINOCHLOA CRUSGALLI | 28 | | 85 | 33 |
| 48 | ECHIUUM PLANTAGINEUM | 13 | | | |
| 49 | ELEUSINE INDICA | 63 | | 33 | 73 |
| 50 | ELEUSINE TRISTACHIS | | | 20 | |
| 51 | ELYTRIGIA REPENS | | | 33 | |
| 52 | ERYNGIUM HORRIDUM | 8 | | | |
| 53 | EUPHORBIA DENTATA | | | | 33 |
| 54 | EUPHORBIA HETEROPHYLLA | 8 | | | |
| 55 | EUPHORBIA HIRTA | 52 | | | 43 |
| 56 | EUPHORBIA SERPENS | 43 | | 33 | |
| 57 | FUMARIA CAPREOLATA | 12 | | | |

| LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN LA ECO-REGIÓN PAMPEANA | | | | | |
|--|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | GÉNERO Y ESPECIE | REGIÓN PAMPEANA | | | |
| | | PAMPA ONDULADA ⁴ | PAMPA DEPRIMIDA ⁵ | PAMPA AUSTRAL ⁶ | PAMPA INTERIOR ⁷ |
| 58 | GALINSOGA PARVIFLORA | 25 | | 33 | |
| 59 | GAMOCHAETA SPICATA | 28 | | | |
| 60 | GERANIUM SPP | 10 | | | |
| 61 | GLEDITSIA TRIACANTHUS | 13 | | | |
| 62 | GNAPHALLIUM SPP | 19 | | 20 | |
| 63 | HIRSCHFELDIA INCANA | | | | 16 |
| 64 | HORDEUM STENOSTACHYS | | | | 1 |
| 65 | HYALIS ARGENTEA | | | | 66 |
| 66 | HYPOCHOERIS SPP | 12 | | 20 | 33 |
| 67 | IBICELLA LUTEA | | | 33 | |
| 68 | IPOMOEA GRANDIFOLIA | 16 | | | |
| 69 | IPOMOEA RUBRIFLORA | | | | 35 |
| 70 | IRELINE DIFFUSA | 34 | | | |
| 71 | JABBOROSA INTEGRIFOLIA | 12 | | | |
| 72 | KOCHIA SCOPARIA | | | 33 | 33 |
| 73 | LAMIUM AMPLEXICAULE | 55 | | | |
| 74 | LICOPSIS ARVENSIS | | | 85 | |
| 75 | LINARIA TEXANA | 8 | | 33 | |
| 76 | LOLIUM MULTIFLORUM | | 10 | | |
| 77 | MEDICAGO LUPULINA | 16 | | | |
| 78 | MOLLUGO VERTICILLATA | 19 | | | 38 |
| 79 | NICANDRA PHYSALOIDES | 27 | | | |
| 80 | NICOTIANA LONGIFLORA | | | | 8 |
| 81 | OENOTHERA SPP. | | | | 16 |
| 82 | OXALIS SPP. | 24 | | | |
| 83 | PANICUM CAPILLARE | | | 20 | 85 |
| 84 | PANICUM SPP. | 16 | | | |
| 85 | PARIETARIA DEBILIS | 44 | | | |
| 86 | PETUNIA AXILLARIS | 8 | | | |
| 87 | PHYSALIS VISCOSA | 42 | | | 22 |
| 88 | POA ANNUA | 10 | | | |
| 89 | POLYGONUM AVICULARE | 22 | 50 | | 33 |

| LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN LA ECO-REGIÓN PAMPEANA | | | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | GÉNERO Y ESPECIE | REGIÓN PAMPEANA | | | |
| | | PAMPA ONDULADA ⁴ | PAMPA DEPRIMIDA ⁵ | PAMPA AUSTRAL ⁶ | PAMPA INTERIOR ⁷ |
| 90 | POLYGONUM CONVULVULUS | 23 | | 33 | 33 |
| 91 | POLYGONUM PERSICARIA | | | | 33 |
| 92 | PORTULACA OLERACEA | 88 | 20 | 85 | 68 |
| 93 | RAPHANUS SATIVUS | | | 85 | |
| 94 | RAPISTRUM RUGOSUM | | 30 | 85 | 33 |
| 95 | RUMEX CRISPUS | 29 | 10 | 33 | |
| 96 | SALSOLA KALI | | | 20 | 85 |
| 97 | SCHKUHRIA PINNATA | | | 33 | 33 |
| 98 | SENECIO BRASILIENSIS | 8 | | | |
| 99 | SENECIO GRISEBACHII | 16 | | | |
| 100 | SENECIO MAGADASCARIENSIS | | | 33 | |
| 101 | SETARIA SPP. | | 70 | 33 | 85 |
| 102 | SIDA RHOMBIFOLIA | 20 | | | 5 |
| 103 | SIDA SPINOSA | 12 | | | |
| 104 | SILENE GALLICA | 31 | | | |
| 105 | SISYRINCHEUM SPP. | 38 | | | |
| 106 | SISYSMBRIUM IRIO | | | | 5 |
| 107 | SOLANUM ELEAGNIFOLIUM | | 10 | 20 | 33 |
| 108 | SOLANUM SISIMBRIIFOLIUM | 25 | 50 | 33 | |
| 109 | SONCHUS ASPER | 30 | | | |
| 110 | SONCHUS OLERACEUS | 63 | | | 3 |
| 111 | SORGHUM HALEPENSE | 64 | 30 | 85 | 47 |
| 112 | STACHYS ARVENSIS | 28 | | | |
| 113 | STELLARIA MEDIA | 28 | | | |
| 114 | STIPA NEESIANA | 16 | | | 75 |
| 115 | TAGETES MINUTA | 16 | 10 | 85 | 85 |
| 116 | TARAXACUM OFFICINALE | 43 | | 33 | 8 |
| 117 | TRIFOLIUM REPENS | 5 | | | |
| 118 | URTICA URENS | 13 | | | |
| 119 | VERBENA BONARIENSIS | 13 | | | |
| 120 | VERBENA LITORALIS | 13 | | | |
| 121 | VERBESINA ENCELIOIDES | | 10 | 33 | |

| LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN LA ECO-REGIÓN PAMPEANA | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | GÉNERO Y ESPECIE | REGIÓN PAMPEANA | | | |
| | | PAMPA ONDULADA ⁴ | PAMPA DEPRIMIDA ⁵ | PAMPA AUSTRAL ⁶ | PAMPA INTERIOR ⁷ |
| 122 | VERONICA ARVENSIS | 15 | | | |
| 123 | VERONICA PEREGRINA | 18 | | | |
| 124 | VERONICA PERSICA | 25 | | | 5 |
| 125 | VICIA SP. | 8 | | | |
| 126 | VIOLA ARVENSIS | 23 | | | |
| 127 | WEDELIA GLAUCA | 18 | | | 33 |
| 128 | XANTHIUM CAVANILLESII | | 10 | 85 | 85 |
| 129 | XANTHIUM SPINOSUM | 13 | 30 | 33 | 85 |

del listado anterior con el relevamiento realizado por Lorenzo Parodi en el partido de Pergamino en 1926: el padre de la Botánica Argentina recolectó e identificó 113 especies. Con excepciones, el listado no es muy diferente del consignado más arriba, que abarca un área considerablemente mayor. Para concluir, se incluye el listado de malezas en el litoral uruguayo, ya que en esta región se viene registrando un proceso de agriculturización creciente: el área sembrada con soja se incrementó de 25.000

has en 2001/02 a más de 250.000 en la campaña 2004/05. El listado de especies y su constancia corresponde a inventarios en campos de soja de la región litoral, al norte y al sur del Río Negro (Departamentos Soriano, Paysandú, Río Negro y Flores).

LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN EL LITORAL URUGUAYO.

| LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN EL LITORAL URUGUAYO | | | | | | | |
|---|-----------|-------------|------------|----|------------|-----------------|------------|
| | GÉNERO | ESPECIE | CONSTANCIA | | GÉNERO | ESPECIE | CONSTANCIA |
| 1 | LOLIUM | MULTIFLORUM | 76 | 43 | VERONICA | PERSICA | 17 |
| 2 | CONYZA | SPP. | 73 | 44 | ERINGEUM | SPP. | 15 |
| 3 | SILENE | GALLICA | 71 | 45 | AMMI | BIZNAGA | 13 |
| 4 | STELLARIA | MEDIA | 65 | 46 | CENTAUREUM | PULCHELLUM | 13 |
| 5 | ANAGALLIS | ARVENSIS | 61 | 47 | GERANIUM | SPP. | 13 |
| 6 | CIRSIIUM | VULGARE | 57 | 48 | OENOTHERA | AFFINIS | 13 |
| 7 | TRIFOLIUM | REPENS | 56 | 49 | OXALIS | SPP. | 13 |
| 8 | CERASTIUM | GLOMERATUM | 54 | 50 | SENECIO | MAGADASCARENSIS | 13 |
| 9 | DICHONDRA | MICROCALYX | 53 | 51 | ELATINE | SP. | 12 |
| 10 | ANAGALLIS | MINIMA | 50 | 52 | LAMIUM | AMPLEXICAULE | 12 |
| 11 | CARDUUS | THOEMERII | 50 | 53 | CAPSELLA | BURSAPASTORIS | 11 |
| 12 | SIDA | RHOMBIFOLIA | 49 | 54 | FACELIS | RETUSA | 10 |

| LISTADO Y CONSTANCIA DE ESPECIES EN EL LITORAL URUGUAYO | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|----|--------------|---------------|------------|
| | GÉNERO | ESPECIE | CONSTANCIA | | GÉNERO | ESPECIE | CONSTANCIA |
| 13 | CORONOPUS | DIDYMUS | 47 | 55 | LEPIDIUM | BONARIENSIS | 10 |
| 14 | SONCHUS | OLERACEUS | 46 | 56 | PHYSALIS | ANGULATA | 10 |
| 15 | DIGITARIA | SANGUINALIS | 42 | 57 | PLANTAGO | CORONOPUS | 10 |
| 16 | SOLANUM | SISYMBRIIFOLIUM | 42 | 58 | POLYGONUM | AVICULARE | 10 |
| 17 | APIUM | LEPTOPHYLLUM | 40 | 59 | RICHARDIA | BRASILIENSIS | 10 |
| 18 | ANTHEMIS | COTULA | 39 | 60 | SENECIO | GRISEBACHII | 10 |
| 19 | CYPERUS | ROTUNDUS | 39 | 61 | URTICA | URENS | 10 |
| 20 | GAMOCHAETA | SPICATA | 39 | 62 | CHAPTALIA | ARECHAVALETAE | 7 |
| 21 | AMMI | MAJUS | 38 | 63 | CONVOLVULUS | ARVENSIS | 7 |
| 22 | BOWLESIA | INCANA | 33 | 64 | SPERGULA | SP. | 7 |
| 23 | TRAGIA | VOLUBILIS | 33 | 65 | EUPHORBIA | HETEROPHYLLA | 6 |
| 24 | VERBENA | MONTEVIDENSIS | 32 | 66 | POA | ANNUA | 6 |
| 25 | ECHIUM | PLANTAGINEUM | 30 | 67 | SETARIA | PARVIFLORA | 6 |
| 26 | VERONICA | PEREGRINA | 29 | 68 | BIDENS | PILOSA | 5 |
| 27 | AVENA | SPP. | 28 | 69 | PFAFFIA | SP. | 5 |
| 28 | AMARANTHUS | QUITENSIS | 27 | 70 | GALINSOGA | PARVIFLORA | 4 |
| 29 | CYNODON | DACTYLON | 27 | 71 | PITOTHAETIUM | SP. | 4 |
| 30 | LOTUS | CORNICULATUS | 27 | 72 | RHYNCHOSIA | SENNA | 4 |
| 31 | POLYCARPON | TETRAPHYLLUM | 27 | 73 | FUMARIA | OFFICINALIS | 3 |
| 32 | RUMEX | LONGIFOLIUS | 27 | 74 | SOLANUM | NIGRUM | 3 |
| 33 | ALTERNANTHERA | PHYLOXEROIDES | 25 | 75 | CHENOPODIUM | AMBROSIOIDES | 2 |
| 34 | REBULNIUM | RICHARDIANUM | 24 | 76 | PASPALUM | DILATATUM | 2 |
| 35 | SOLANUM | COMERSONII | 24 | 77 | ASPILIA | SP. | 1 |
| 36 | AMBROSIA | TENUIFOLIA | 21 | 78 | CICHORIUM | INTYBUS | 1 |
| 37 | ECHINOCHOLA | CRUS GALLI | 21 | 79 | DATURA | FEROX | 1 |
| 38 | RUMEX | CRISPUS | 21 | 80 | HYDROCOTILE | BONARIENSIS | 1 |
| 39 | STACHYS | ARVENSIS | 20 | 81 | IPOMOEA | GRANDIFOLIA | 1 |
| 40 | PORTULACA | OLERACEA | 19 | 82 | PICRIS | ECHIOIDES | 1 |
| 41 | RAPHANUS | SATIVUS | 19 | 83 | SOLIVA | ANTHEMIFOLIA | 1 |
| 42 | HYPOCHOERIS | SPP. | 18 | 84 | VERBENA | BONARIENSIS | 1 |
| | | | | 85 | XANTHIUM | SPINOSUM | 1 |

EL CONTROL CON HERBICIDAS.

El primer registro de importación de herbicidas no selectivos data de 1927, cuando la empresa Bayer importó clorato de sodio. Ya en 1939 se aplicaron 160.000 litros de solución de Clorato de Sodio para el control de malezas en la red ferroviaria. En una cartilla del Ministerio de Agricultura de aquella época ya se mencionaba “la terrible plaga *sorgo de Alepo*" y además se recomendaba el uso de sal común en una capa de 2 cm de espesor para el control de esta maleza.

El arsenito de sodio fue otro herbicida utilizado a partir de 1935, pero nunca llegó a ser importante por su elevada toxicidad. Otros productos inorgánicos aparecieron más tarde, como el Tiocianato y el Sulfamato de amonio registrados en 1942 para el control de malezas leñosas. El descubrimiento de compuestos orgánicos amplió el panorama de posibilidades. Los primeros fueron los Dinitrofenoles, patentados como herbicidas selectivos en 1935.

A fines de la segunda guerra mundial se difundió el descubrimiento (ya que había sido mantenido en secreto por su valor estratégico) de los primeros productos sintéticos relacionados con los reguladores del crecimiento vegetal y que podían emplearse en el control *selectivo* de malezas: el 2,4-D y el MCPA, desarrollados en forma simultánea en EE. UU. y en Inglaterra, respectivamente. Las primeras muestras se recibieron en nuestro país en 1945-46. De esta manera, se comenzaron los primeros ensayos en las Estaciones Experimentales Agrícolas, y asimismo se realizaron demostraciones en establecimientos privados.

Al mismo tiempo aparecieron los primeros problemas en la aplicación mecánica, pero la importación de los picos pulverizadores y su posterior fabricación en el país, además del diseño y la fabricación de equipos de pulverización nacionales, fueron solucionándolos paulatinamente. Estos equipos tenían un tanque cilíndrico construido en chapa galvanizada y montado en forma transversal a la línea de avance, una bomba de bajo caudal y un regulador de presión primitivo.

Los primeros productos fitosanitarios llegados al país eran totalmente formulados. Más tarde se importaron concentrados y luego ácido 2,4-D y MCPA,

que se formulaban localmente. A partir de 1958 se inició el registro y la fiscalización de todos los productos fitosanitarios (Decreto 3.489/58 -MAG). Después del 2,4-D y MCPA se introdujeron al mercado otros principios activos del grupo destinados a los cereales, el lino y la alfalfa (2,4-DB y MCPB), y que pulverizados en las dosis recomendadas controlaban las malezas susceptibles sin riesgo para los cultivos.

Por la misma época aparecieron los primeros graminicidas no selectivos (excepto en caña de azúcar) como TCA (ácido tricloro-acético) y Dalapon (ácido dicloropropiónico), ambos formulados como sal. Estos dos últimos herbicidas continuaron utilizándose hasta fines de la década del 70 para el control de *Cynodon dactylon* y fundamentalmente de *Sorghum halepense* durante el barbecho de primavera, luego de someter al suelo a un intenso laboreo para promover la expresión del sistema subterráneo. Un producto no selectivo que solía utilizarse en esta modalidad también era el MSMA (monosodio-metil arsonato¹¹).

Los tratamientos se diversificaron y abarcaron un mayor número de cultivos, destacándose la caña de azúcar, que en aquellos años exhibía un elevado porcentaje de superficie tratada en relación con la cultivada (73% en Salta y Jujuy y 40% en Tucumán). Los grandes ingenios importaban directamente cantidades significativas de ellos, proceso que continuó hasta la década del 80. Simultáneamente comenzaron las aplicaciones en algodón y otros cultivos industriales, en hortalizas y en frutales.

El panorama se mantuvo en el escenario descrito hasta principios de 1970. Como consecuencia de la aparición de nuevos cultivares de maíz y trigo y el incremento de los niveles de tecnología, pero fundamentalmente por la expansión del cultivo de soja, se inició una era de crecimiento exponencial en el desarrollo y la utilización de herbicidas.

La difusión masiva del cultivo de soja obligó a la incorporación de nueva tecnología en el control de malezas, anteriormente casi circunscripta a las aplicaciones post-emergentes de herbicidas hormonales. De esta manera, se empezaron a difundir los tratamientos de presembrado y preemergencia, hasta entonces casi ignorados. Durante la campaña 1984/85,

11. Este herbicida se vuelve a recomendar en la actualidad para lograr un tratamiento de “shock” en sorgo de Alepo resistente a glifosato que se encuentra vegetando desde campañas anteriores y que exhibe una gran biomasa aérea y subterránea, especialmente una corona de magnitud. Aun cuando tiene una acción fundamentalmente de contacto, según los técnicos de la EEA Obispo Colombres, “prepara” el terreno para mejores acciones con graminicidas selectivos.

una época caracterizada por el doble cultivo trigo/soja y en donde las labranzas convencionales (arado + rastra de discos + rolo + rotativa) estaban cediendo paso rápidamente a la labranza vertical (cincales + vibro-cultivadores), la superficie dedicada a soja exhibía las siguientes modalidades de tipos de tratamientos:

→ Presiembra 21%

→ Preemergencia 9%

→ Postemergencia 70%

En los tratamientos de presiembra, el herbicida más usado era el Trifluralina; en los de preemergencia, el Metribuzin seguido por el Alaclor y en los de postemergencia se destacaban los tratamientos para el control de sorgo de Alepo con Fluazifop butil, Setoxidim, Fenoxaprop y Haloxifop butil. Es

era de 10-12 surcos) que se alimentaban de un tubo de pvc transformado en “tanque”, que lleno de una solución de glifosato al 33% abastecía al conjunto por simple capilaridad, favorecida por la presión conferida por un pequeño compresor eléctrico. Todo el conjunto estaba montado en una barra porta-herramientas en la parte frontal del tractor y disponía de un cilindro hidráulico que permitía variar la altura.

La sagacidad y tendencia a simplificar de productores y herreros generó en sólo un par de campañas una variada gama de alternativas (“soga”, “bikini”, “rodillo”, etcétera). Estos equipos con eficiencias más o menos similares se basaban en el mismo principio: la aplicación de pequeñas cantidades de glifosato, que en concentraciones elevadas mejora su tasa de absorción, y así se lograba el control selectivo de la maleza (en este caso por diferencias de altura entre la maleza y el cultivo).

La contraparte de esta tecnología radicaba en que

Es conveniente destacar que en esta época, los tratamientos de control de *Sorghum halepense* y *Cynodon dactylon*, que eran las dos malezas perennes más frecuentes y con altos niveles de abundancia, significaban una porción importante de los costos de implantación de la soja, llevándose en algunas campañas (dependiendo de los precios relativos) entre 4 y 5 qq/ha.

conveniente destacar que en esta época, los tratamientos de control de *Sorghum halepense* y *Cynodon dactylon*, que eran las dos malezas perennes más frecuentes y con altos niveles de abundancia, significaban una porción importante de los costos de implantación de la soja, llevándose en algunas campañas (dependiendo de los precios relativos) entre 4 y 5 qq/ha.

Los inicios de la década del 80 se caracterizaron además por las aplicaciones de Glifosato en forma *selectiva* con “equipos de sogas”. Esta tecnología novedosa fue introducida por Monsanto y rápidamente se difundió con una serie de variantes y simplificaciones en toda el área pampeana. El principio del primer equipo importado, denominado Wedgewick, se basaba en la aplicación del herbicida por sobre la canopia del cultivo mediante “sogas” de material sintético de rápida imbibición dispuestas en forma de “cuñas” sucesivas (el ancho de trabajo

la aplicación del herbicida, fundamentalmente usado para control de sorgo de Alepo, se realizaba en momentos avanzados del ciclo y por lo tanto el rendimiento podía acusar disminuciones. Esta tecnología se recomendaba consecuentemente para situaciones de bajas infestaciones (fruto de un programa de control realizado con herbicidas selectivos en los cultivos predecesores) y para prevenir, al menos en forma parcial, la producción de semillas. Los intentos de utilizar esta tecnología con otros herbicidas no resultaron exitosos.

En el caso del maíz, durante la década 75/85, eran muy utilizados los herbicidas de presiembra incorporados como EPTC y Butilato para controlar *S. halepense* y *C. dactylon*, dos malezas muy frecuentes y competitivas para el maíz. También se usaban los de preemergencia como Atrazina, solo o en mezclas con Alaclor o Metolaclor, cuyo uso continúa hoy muy difundido para el control de malezas anuales.

La generalización de la labranza vertical y luego de la siembra directa determinó la desaparición de los herbicidas de presiembra incorporados como trifluralina, que había sido muy utilizado en soja en su período de difusión inicial (1975/80), no solamente para el control de malezas anuales sino también para el control de *S. halepense* mediante la técnica de la “doble dosis” (una labor de arada entre medio de cada una de las dosis individuales incorporadas con pasadas de rastras de discos “derecho y cruzado”). Esta técnica, desarrollada por Elanco en EE. UU. y difundida posteriormente en Argentina, era muy frecuente en la época anterior al desarrollo de los graminicidas selectivos, y aunque desde la perspectiva actual resulta claramente incompatible con los principios de conservación de suelos (debido al intenso refinamiento y laboreo), era casi la única alternativa para realizar un control razonablemente bueno de *S. halepense*.

Igualmente, en el caso del maíz, el uso de los tiocarbamatos (EPTC y Butilato) significaba una porción significativa del costo de siembra. También requerían una doble incorporación con rastra de discos y por las razones antedichas, se extinguieron con rapidez. A ello contribuyó además la aparición de un espectro mayor de herbicidas selectivos de aplicación postemergente para la soja, lo que permitió el diseño de estrategias de control de las dos malezas perennes de gran difusión (*S. halepense* y *C. dactylon*) durante el ciclo de este cultivo. De este modo, se impulsó el manejo de las malezas perennes bajo un enfoque sistémico.

En la campaña agrícola 1983/84 se inició un nuevo mercado para los herbicidas en girasol que se insinuaba como de rápido crecimiento, aunque en esa campaña sólo el 3,2% de la superficie sembrada fue tratada con herbicidas. Al año siguiente, la cifra tratada había progresado al 27,6% del total. Posteriormente, otras opciones como Fluorocloridona, Bifenox y Aclonifen, mejoraron el abanico de posibilidades de control químico de malezas en este cultivo. Hacia fines de la década del 80 e inicios del 90, el cultivo de soja concentraba el 50% de los herbicidas del mercado y aumentó el universo de graminicidas, tanto ariloxifenoxis como ciclohexidimas, incluidos sus isómeros y nuevas formulaciones: Haloxifop-metil, Cletodim, Fluazifop-butil, Propaquizafop,

Fenoxaprop-p-etil, Quizalofop-etil y Quizalofop-p-tefuril. Por esa época se difundieron rápidamente los inhibidores de ALS: imidazolinonas (Imazaquin, Imazetapyr), sulfonilureas (Clorimuron) y un poco más tarde, las triazolopirimidinas (Flumetsulam). Por la misma época en el cultivo de maíz, también irrumpieron las sulfonilureas (Nicosulfuron, Primsulfuron). Sin embargo, Atrazina siguió siendo el herbicida más utilizado, seguido por Acetoclor.

En trigo, se observa una caída en la utilización de herbicidas hormonales (2,4-D, Picloram, Dicamba) con su clásico control durante el macollaje, que fueron paulativamente complementados por principios activos como Metsulfuron, un herbicida que permite el control temprano. Aún hoy es el herbicida residual más utilizado tanto en barbechos prolongados o bien como pre-tratamiento para los lotes destinados a trigo.

Para resumir, el período 1974/94 evidencia un fuerte incremento en el uso de productos fitosanitarios: de menos de 2 millones a más de 120 millones de litros o kg. En el mismo período, la proporción de los herbicidas ascendió del 20 al 70% del total comercializado. Las dos últimas décadas pueden dividirse en dos partes bien características: los años anteriores a 1996/97 y los posteriores a éstos. El ya sostenido crecimiento de la tecnología de no labranza (siembra directa) de principios de la década del 90, recibió un nuevo y fuerte impulso como consecuencia de la aparición y posterior difusión masiva de los cultivares de soja resistentes a glifosato (RR): el uso de glifosato para la realización del barbecho químico se extendió al cultivo de soja e impulsó la siembra directa en sitios, ambientes y aun en ecosistemas impensados en las décadas anteriores, lo que contribuyó al aumento del área sembrada y a la producción de granos de esta oleaginosa en forma significativa.

El hecho descrito causó un fuerte remezón en el mercado de agroquímicos: una masa monetaria superior a los 900 millones de dólares en 1996/97 que venía con tendencia claramente ascendente, decayó en sólo tres años a menos de 600 millones y se caracteriza por un fuerte predominio de glifosato en el volumen total: durante la campaña 2001/2002 ya se estimaba que el volumen comercializado era del orden de los 80 millones de litros.¹²

12. Se estima que el volumen de glifosato en la campaña 2008-09 supera los 200 millones de litros.

PROSPECTIVA.

La superficie y el rendimiento de los cultivos extensivos actuales siguen su marcha ascendente en la actualidad, con un fuerte predominio de la soja en el marco de sistemas aparentemente cada vez más simplificados y con uso masivo de fitosanitarios concentrados a unos pocos principios activos.

La prospectiva exhibe una clara tendencia al aumento y la difusión de cultivos (maíz, algodón, trigo, girasol, alfalfa) genéticamente modificados, con incorporación creciente de resistencia a varios herbicidas y a otras adversidades, entre otros atributos. El futuro de estos sistemas tanto desde el punto de vista estrictamente productivo como desde el punto de vista de la sustentabilidad y específicamente desde la situación de malezas ya se ha delineado en las secciones anteriores, pero conviene refirmar que los procesos de adaptación y evolución de las malezas son múltiples y complejos, y que acuñados a lo

negativo de las malezas en el rendimiento de los cultivos. Para ello, nada mejor que la profundización de acciones según un Programa de manejo adaptativo en reemplazo de la “prescripción” o receta.

2. Construcción de programas de manejo desde una actitud proactiva que permita la preservación de la vida útil de los herbicidas, especialmente del glifosato, una herramienta de gran calidad que ha demostrado gran eficacia en casi 30 años de utilización masiva.

Para lograr ese objetivo, deben contemplarse los siguientes aspectos:

→ Relevamientos e inventarios sistemáticos (al menos dos veces/año), tanto en lotes como en bordes, que permitan identificar y clasificar las especies tanto por su potencial invasor como por sus atributos positivos o “servicios” en el ecosistema (fuente de alimen-

> El aumento de la calidad de las pulverizaciones.

> La constatación de la eficacia de los tratamientos.

> La debida atención a “escapes” o “manchones” con fallas de control.

> Las indebidas aplicaciones “cosméticas” en los bordes y alambrados.

> Una adecuada atención a los aportes de semillas.

> La aplicación con premura y eficacia de acciones de erradicación en casos puntuales (mochileo, control mecánico) para prevenir focos de resistencia o invasión de especies preadaptadas con potencial invasor.

uso de gps y utilización de sistemas de alertado de la emergencia de malezas acoplados a sistemas de información geográfica. Un ejemplo concreto es el sistema disponible desde octubre pasado en la órbita del SINAVIMO (www.sinavimo.gov.ar/index.php?q=node/1481), el cual si bien requiere de ajustes y correcciones, muestra un camino ampliado acerca de la oferta de herramientas adicionales para un manejo racional de las malezas.

→ Construcción de una red de información a escala regional y nacional que permita la construcción de “mapas” (por ecoregiones o límites geográficos) acerca de la situación de las malezas actuales y potenciales, invasoras y/o resistentes, en forma similar al implementado en la Universidad de California: <http://tncweeds.ucdavis.edu/links.html>.

→ Financiamiento continuado de Programas de Investigación y Disseminación del conocimiento, contruidos desde una perspectiva transdisciplinaria, de mediano y largo plazo. Éstos deben incluir el estudio y la dinámica de la biodiversidad y fragmentación del hábitat y la determinación sistemática del impacto ambiental de los herbicidas, entre otros aspectos relevantes, tal como se viene realizado en la CEE, en EE.UU., Canadá y Australia.

¿QUÉ ACCIONES DEBERÍAN ENCARARSE Y/O PROFUNDIZARSE EN EL ÁMBITO ESTATAL EN COORDINACIÓN CON LAS ONG Y LAS EMPRESAS?

→ Instrumentación sistemática de programas de capacitación y entrenamiento permanente acerca de los procesos ecológicos que caracterizan a los agroecosistemas. El rescate de la botánica (una disciplina

Instrumentación sistemática de programas de capacitación y entrenamiento permanente acerca de los procesos ecológicos que caracterizan a los agroecosistemas.

largo de 11.000 años modelan respuestas acordes a las señales ambientales y de manejo en un marco de gran resiliencia.

Por lo tanto, ha llegado el momento de modificar sustancialmente nuestra actitud acerca de las malezas, que debe enmarcarse en una visión amplia tanto en el marco temporal como espacial, y debe atender a una maximización de retornos compatible con la preservación del ambiente y del ecosistema.

¿QUÉ ASPECTOS DEBERÍA TENER EN CUENTA UN INGENIERO AGRÓNOMO Y/O UN GESTOR DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN O SERVICIOS EN RELACIÓN CON LAS MALEZAS?

1. Diseño de estrategias específicas para cada campo, estación, año o cultivo que potencien los mecanismos naturales de regulación y que asociadas al uso racional de herbicidas permitan minimizar el impacto

tación de entomofauna benéfica, fuente de néctar, etcétera).

→ En base a la información anterior, diseño de Programas de manejo de malezas que consideren:

> La rotación de los cultivos en tiempo y espacio (policultivos/intersembras).

> El manejo racional de los barbechos (abonos verdes).

> La maximización de la capacidad competitiva de los cultivos (fechas de siembra, arreglo espacial).

> El refinamiento de los momentos de aplicación (tamaño de malezas).

> La oportunidad (en relación con la logística, la envergadura de los tratamientos y el clima).

que cuenta con recursos humanos y conocimientos formidables en la Argentina) como herramienta esencial para el reconocimiento de las especies: a los recursos nacionales deben sumarse la excelente cantidad de sitios que brindan oportunidades para la identificación en Internet, como por ejemplo el del USDA (<http://plants.usda.gov>) y el de numerosas universidades, y el estudio de los herbicidas y su modo de acción. El Programa Nacional de Capacitación en Manejo de Malezas en Sistemas de Producción, que está implementando el SENASA en conjunto con las Universidades Nacionales, constituye un ejemplo de esta actividad que debe potenciarse.

→ Aplicación de metodologías de monitoreo con el

CONCLUSIÓN.

Las estrategias y tácticas del manejo de las malezas que deberían ser particularmente diseñadas e implementadas al menos para cada ecoregión deberían contener dos ingredientes esenciales:

■ La diversidad debe preservarse y/o aumentarse.

■ La selección y aplicación de herbicidas, herramientas indispensables para el logro de los rendimientos potenciales en los sistemas de producción actuales, debe realizarse con plena conciencia de sus impactos en el ecosistema, tanto actuales como futuros.

BIBLIOGRAFÍA

> CASAFE, 2007. GUÍA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA. BUENOS AIRES.

> DE LA FUENTE, S.B., PERELMAN, S. Y C.M. GHERSA, 2006. RELACIÓN ENTRE EL DISEÑO DEL MOSAICO AGRÍCOLA DE LA PAMPA ONDULADA Y LA RIQUEZA DE LA RED TRÓFICA DE SOJA. CONGRESO MERCOSOJA. JUNIO. BOLSA DE COMERCIO - ROSARIO. SANTA FE. ACTAS.

> FORMAN, R.T.T. 1998. LAND MOSAICS: THE ECOLOGY OF LANDSCAPES AND REGIONS. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

> GRIES, M. 2004. CONCLUSIONES TALLER ASAGIR SOBRE MALEZAS EN EL CULTIVO DE GIRASOL. 2º CONGRESO DE GIRASOL. S.N.T.

> LEGUIZAMÓN, E. 2001. TRANSGENIC CROPS IN ARGENTINA: PRESENT STATUS & IMPLICATIONS. AGBIOTECHNET. VOL. 3. DECEMBER. ABN 077.

> LEGUIZAMÓN, E.S. 2005. EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS: VISIÓN Y PERSPECTIVAS. AGROMENSAJES 15. 20-23. FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. UNR.

> LEGUIZAMÓN, E.S. 2005. EL MONITOREO DE MALEZAS EN EL CAMPO. AGROMENSAJES 17. 1-5. FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. UNR.

> LEGUIZAMÓN, E.S. ; FERRARI, G.; LEWIS, J.P., TORRES, P.S.; ZORZA, E.; DAITA, F.; SAYAGO, F.; GALLETTI, L.; TETTAMANTI, N.; MOLteni, M.; ORTIZ, P.; AGUECI, D. Y CONTI, R.. 2006. LAS COMUNIDADES DE MALEZAS DE SOJA EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA: MONITOREO DE CAMBIOS BAJO EL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA. CONGRESO MERCOSOJA. JUNIO. BOLSA DE COMERCIO - ROSARIO. SANTA FE. ACTAS.

> LEGUIZAMÓN. E.S. 2004. LA EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE HERBICIDAS Y EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA. CAPITULO XIV. EN: HERBICIDAS: CARACTERÍSTICAS Y FUNDAMENTOS DE SU ACTIVIDAD. VIITA. J.I. (EDITOR). UNR. EDITORA.

> MARTÍNEZ-GHERSA, M. A; GHERSA, C.M. 2005. CONSECUENCIAS DE LOS RECIENTES CAMBIOS AGRÍCOLAS. CIENCIA HOY. 15 (87). 37-45.

> MOSCATELLI, G. AND PAZOS, M.S. 2000. SOILS OF ARGENTINA: NATURE AND USE. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL SCIENCE. 17-22 DE ABRIL, BANGKOK, TAILANDIA. EN: I. KHEORUENROMNE AND S. THEERAWONG (EDS.) 2000. PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL SCIENCE: ACCOMPLISHMENTS AND CHANGING PARADIGM TOWARDS THE 21ST CENTURY, 81-92.

> PARODI, L. 1926. LAS MALEZAS DE LOS CULTIVOS EN EL PARTIDO DE PERGAMINO. IMPRENTA DE LA UNIVERSIDAD. BUENOS AIRES. 171 PÁG.

> RÍOS, A.; FERNÁNDEZ, G. Y COLLARES, L. 2005. ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES DE MALEZAS ASOCIADAS A LOS SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA EN URUGUAY. INFORME PRESENTADO EN EL TALLER DE MALEZAS Y HERBICIDAS EN LA ESTANZUELA, INIA. COLONIA, URUGUAY.

> TUESCA, D.; PURICELLI, J. Y PAPA, J.C., 2001. A LONG-TERM STUDY OF WEED FLORA SHIFTS IN DIFFERENT TIÜAGE SYSTEMS. WEED RESEARCH, 41: 369-382.

> VITTA J.; TUESCA, D. Y PURICELLI, E. 2004. WIDESPREAD USE OF GLYPHOSATE TOLERANT SOYBEAN AND WEED COMMUNITY RICHNESS IN ARGENTINA. AGRICULTURE, ECOSYSTEMS & ENVIRONMENTS, 103:621 -624.