

DESARROLLO DE RESISTENCIAS A HERBICIDAS EN MALAS HIERBAS; CAUSAS Y PREVENCIÓN

M.C. CHUECA
Dpto. Protección Vegetal
INIA

Control de malas hierbas

Las Malas hierbas representan un importante coste para el agricultor

La buena relación coste-efectividad de los herbicidas ha llevado a un uso extensivo de estos productos en los últimos 40 años

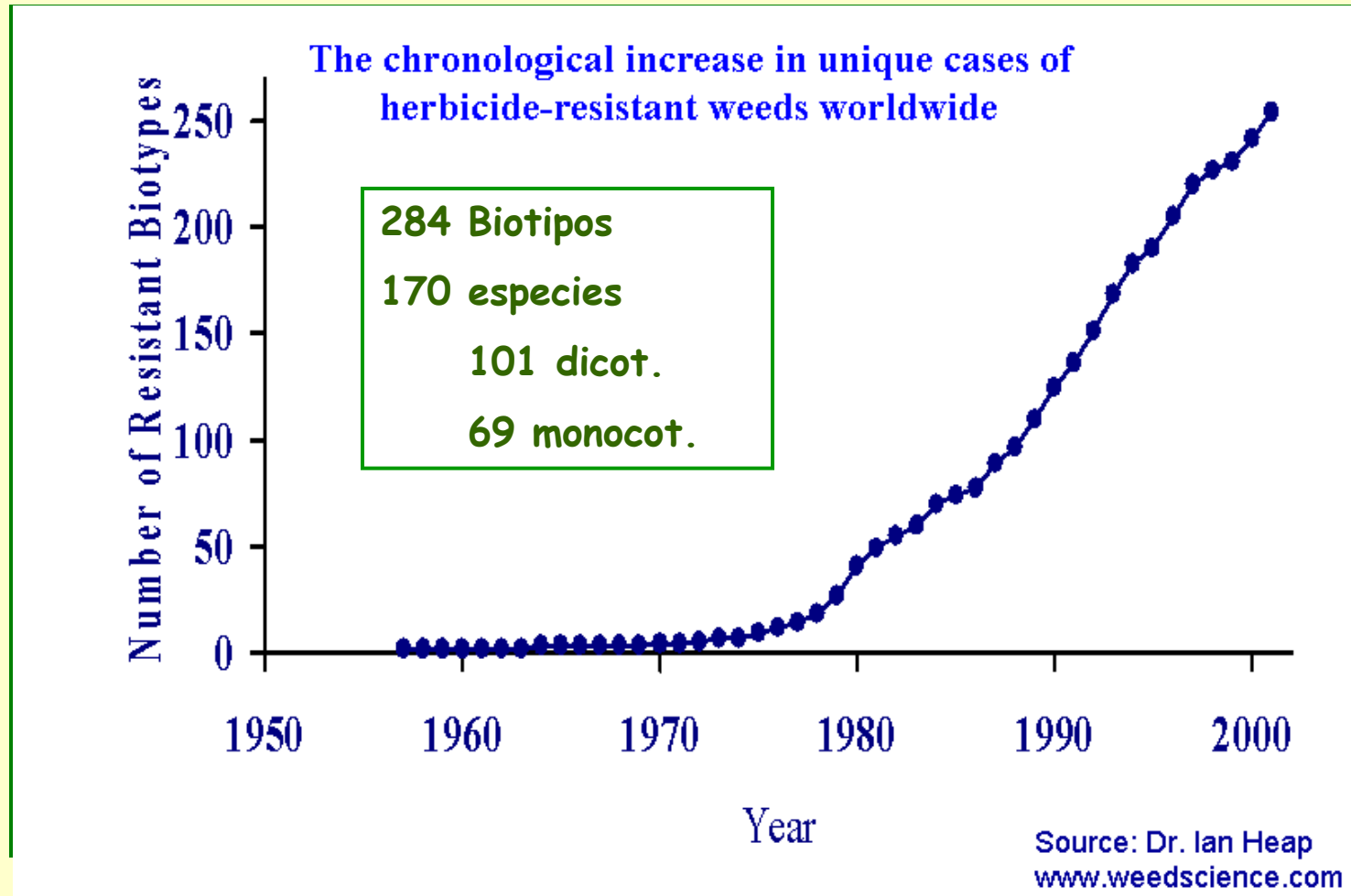
Control de malas hierbas

En los años 50 a 70 se pensó que los herbicidas eran el instrumento adecuado la solución final para el control de malas hierbas

Treinta años después los datos muestran que no se han erradicado las malas hierbas y que algunas han aumentado su presencia

En los últimos años se ha producido un incremento de malas hierbas resistentes desde que se confirmó la primera resistencia a finales de los años 60.

Evolución de las resistencias



Encuesta en Australia (Gill y Holmes 1997)

En un sondeo realizado sobre 800.000 ha un 40% de los campos presentaba problemas por *L. rigidum* resistente a diclofop-metil

47% de los agricultores piensa que el problema de la resistencia se ha agravado en los últimos años

Gill G.S., Holmes J.E. 1997 Pestic. Sci. 51:352-358.

La resistencia en España

- Existen citas y problemas de resistencia de forma puntual
- Los problemas de resistencia pueden ser limitantes únicamente en algunas zonas
- Es importante comprender el proceso que lleva a la aparición de una resistencia

¿ Qué es la resistencia a herbicidas ?

“La resistencia es la capacidad heredable de una planta para sobrevivir y reproducirse después de un tratamiento herbicida que, en condiciones normales, la hubiese controlado” (WSSA)

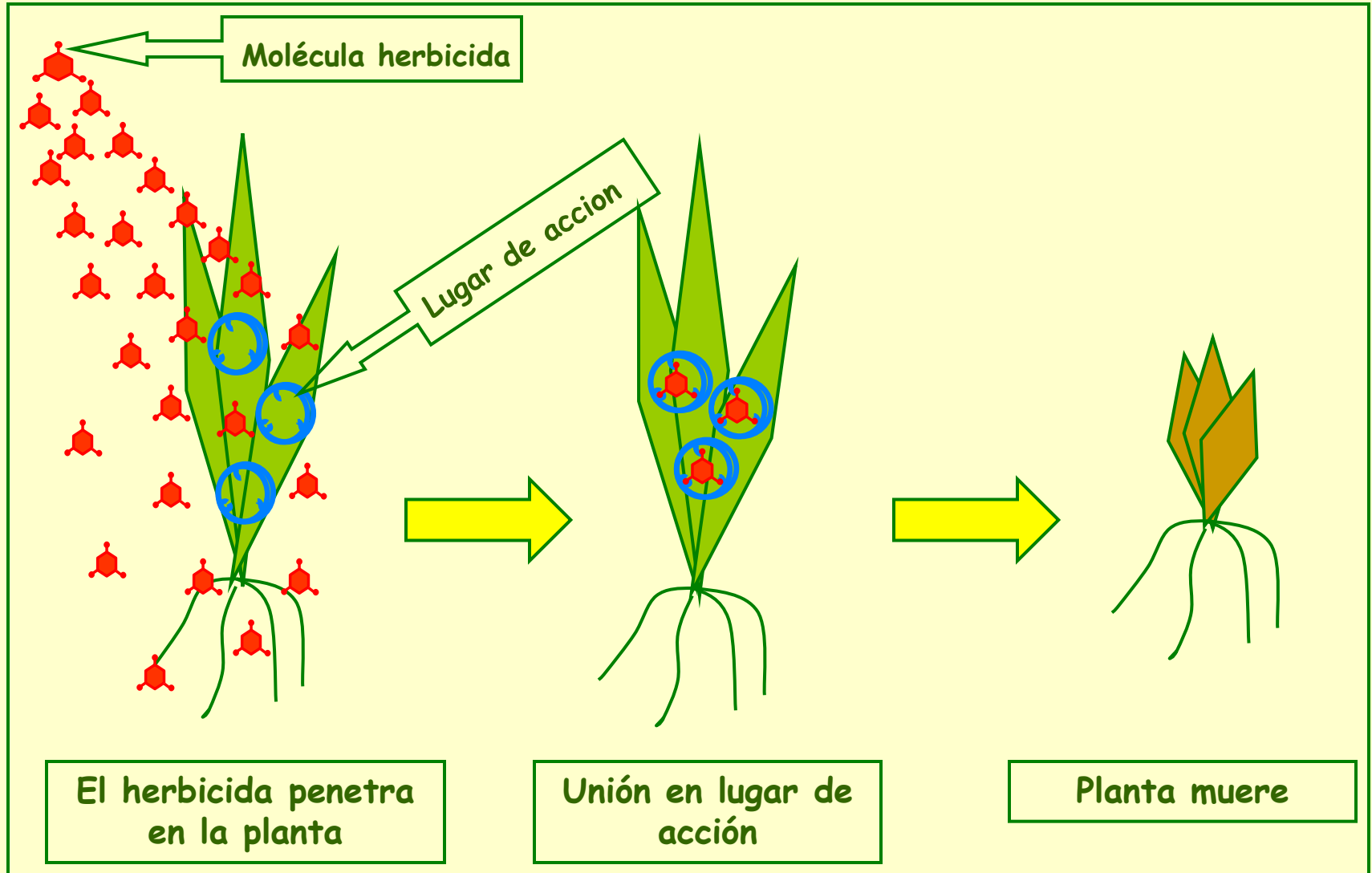
“Un descenso en la respuesta de una población de una especie a la aplicación de un herbicida” (FAO)

¿ Qué es una planta resistente ?

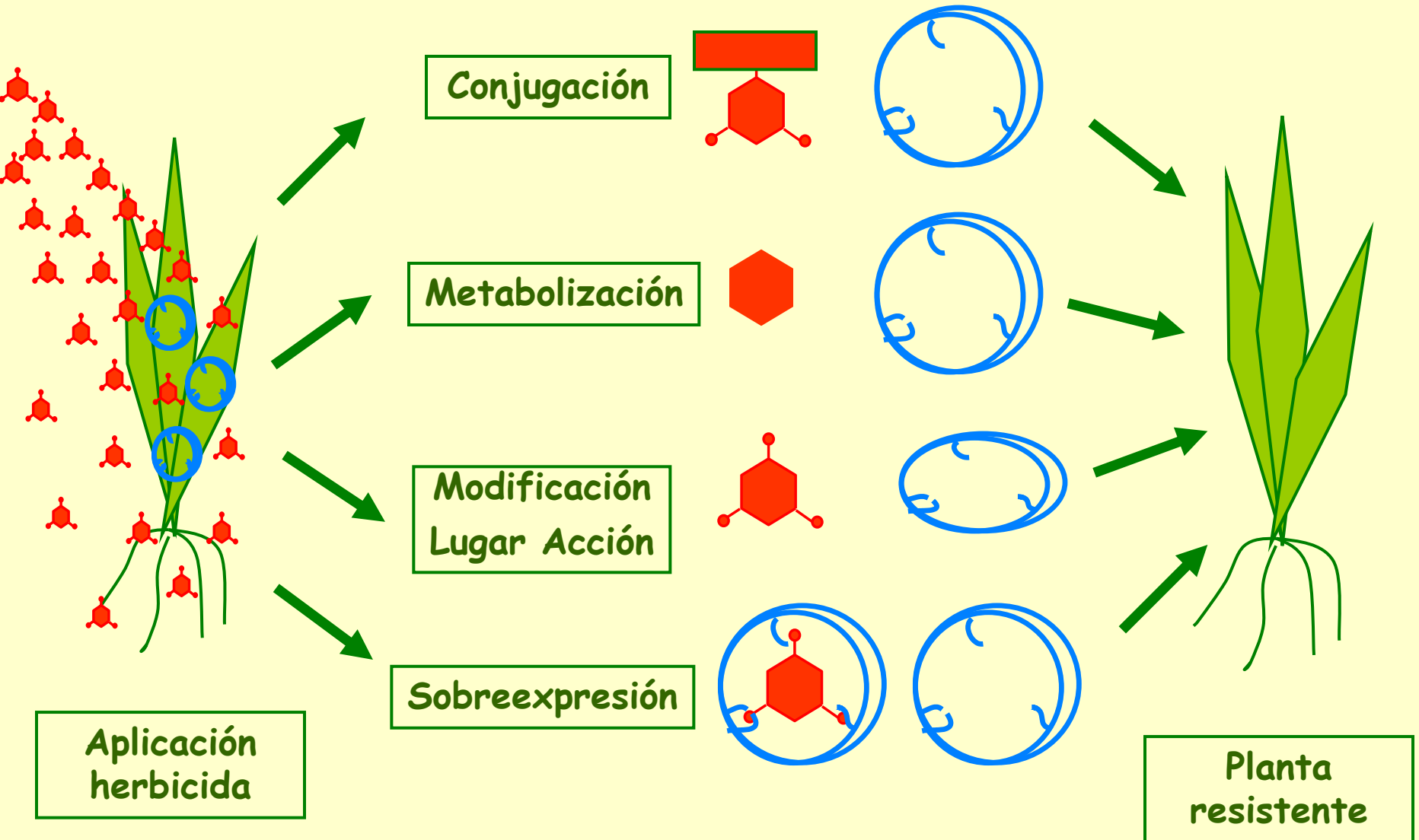
Un individuo resistente es un individuo que presenta una variación química no visible



¿ Por qué es una planta sensible a un herbicida ?



¿ Por qué es una planta resistente a un herbicida ?



- Las resistencias por modificación del lugar de acción son muy específicas permiten a la planta soportar dosis elevadas de herbicida
- Las resistencias por metabolización son poco específicas al afectar a procesos generales y pueden dar lugar con mayor frecuencia a resistencias cruzadas*

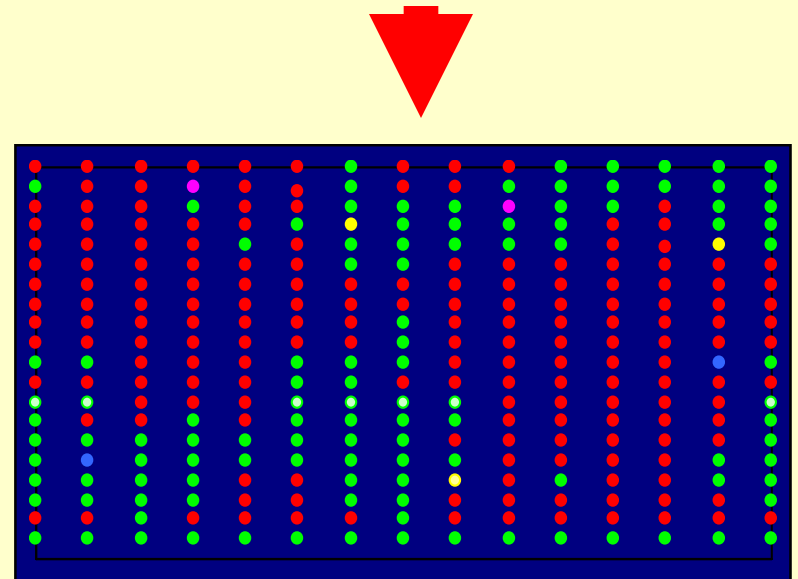
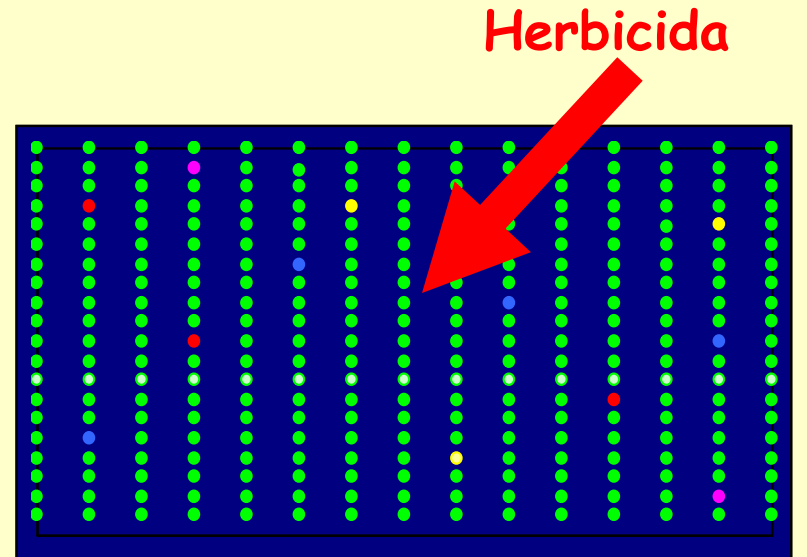
* Resistencia cruzada es el fenómeno por el que una planta resistente a un determinado herbicida presenta resistencia a otros herbicidas de diferente tipo a los que la planta no ha estado nunca expuesta.

La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas es un proceso evolutivo de respuesta de una población (la mala hierba) a un fenómeno de stress (el herbicida)

La resistencia es un proceso evolutivo

Sobre la variabilidad en la respuesta a herbicidas de las malas hierbas de una población (representada por puntos de colores) se aplica un herbicida que selecciona las plantas rojas

La aplicación continuada de este herbicida a lo largo de varios años dará lugar al desarrollo de poblaciones resistentes en un tiempo mayor o menor dependiendo de las características del herbicida, la planta y la gestión del agricultor



Las poblaciones de malas hierbas presentan variabilidad para la respuesta a herbicidas



Descendencia planta a planta de una población de campo de *B. diandrus*

El tiempo que tarde una resistencia en desarrollarse dependerá de numerosos factores debidos a:

- La planta
- El herbicida
- Las técnicas culturales

Factores debidos a la planta

- Frecuencia de mutación
- Tipo de herencia del carácter
- Forma de reproducción
- Tamaño de la población
- Contribución a la herencia

Factores debidos a la planta

Frecuencia de
mutación

La mutación es la principal
fuente de variación
genética

- Frecuencia teórica
genes mayores 10^{-5} a 10^{-6}
genes menores 10^{-2} a 10^{-4}
- La frecuencia de mutación
varía en función de la
planta y el carácter

Factores debidos a la planta

- Tipo de herencia del carácter
- Forma de reproducción
- Tamaño de la población
- Una resistencia citoplásmica se transmite por semilla y fijada
- Una mutación dominante tiene más posibilidades de fijarse y de difundir que una recesiva
- Las mutaciones recesivas se fijan mejor en autógamias y tienen pocas posibilidades en alógamas
- La selección de resistencia se verá facilitada en poblaciones grandes

Factores debidos a la planta

- Contribución a la herencia
- Número de semillas por planta
- Banco de semillas
- Proporción relativa de resistentes y sensibles

Factores debidos a la planta

Todos los factores relativos a la planta están relacionados entre si y determinarán la contribución de esta al desarrollo de una resistencia. Para la integración y el manejo de estos datos se ha desarrollado complejos programas informáticos en los que tienen una influencia fundamental el número de individuos resistentes de la población y el numero de veces que se aplique el herbicida como muestra la formula desarrollada por Gressel y Segel (1982)

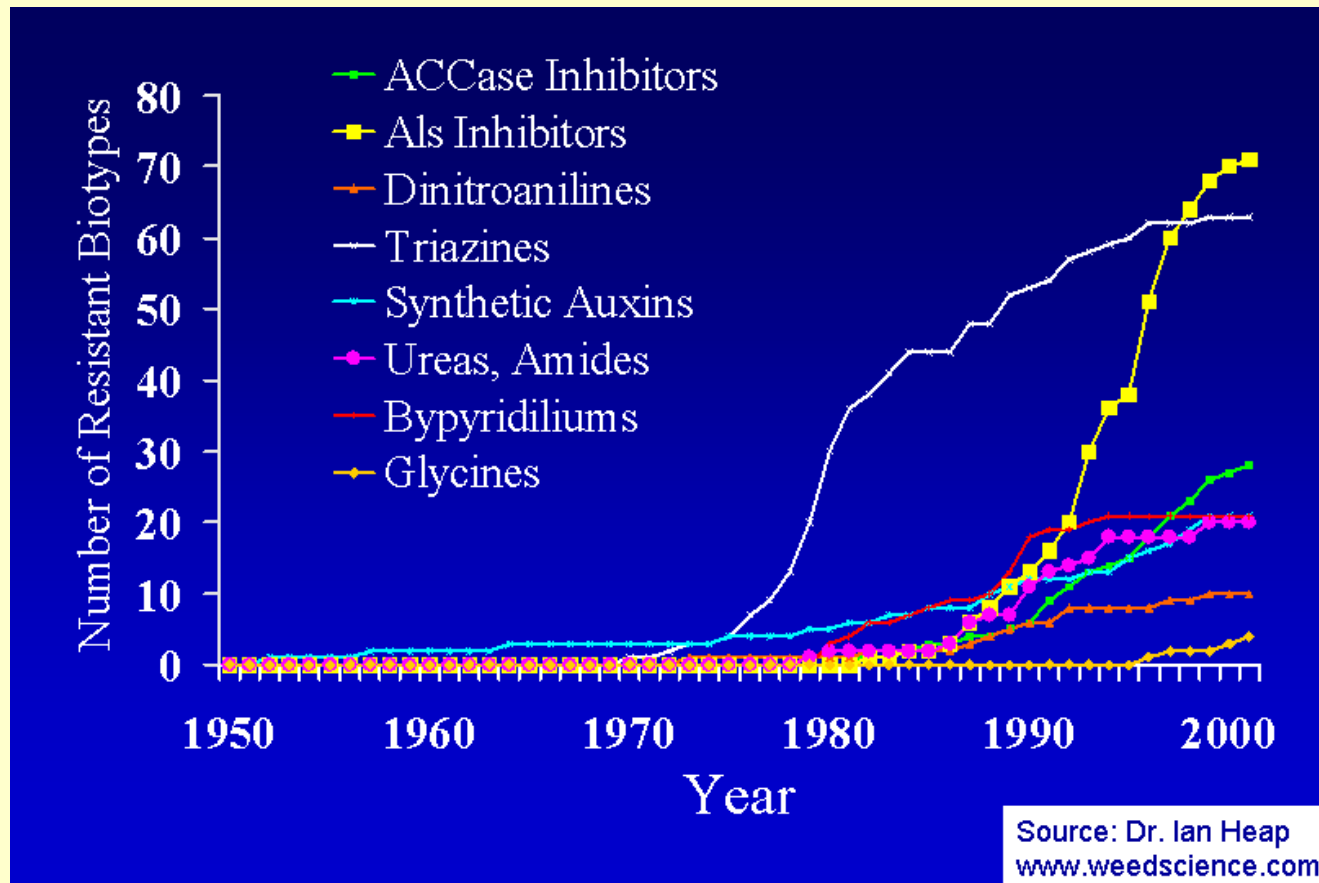
Gressel J y Segel LA (1982) En *Herbicide resistance in Plants* Le Baron HM y Gressel J Ed. John Wiley & Sons.325-347.

Factores debidos al herbicida

La presencia de un herbicida no crea resistencia únicamente la selecciona

- Modo de acción
- Persistencia
- Número de aplicaciones
- Dosis

El modo de acción y la persistencia de un herbicida hacen que sean mas frecuentes las resistencias a unos tipos de herbicidas que a otros



La dosis de herbicida tendrá influencia en la proporción de resistencia

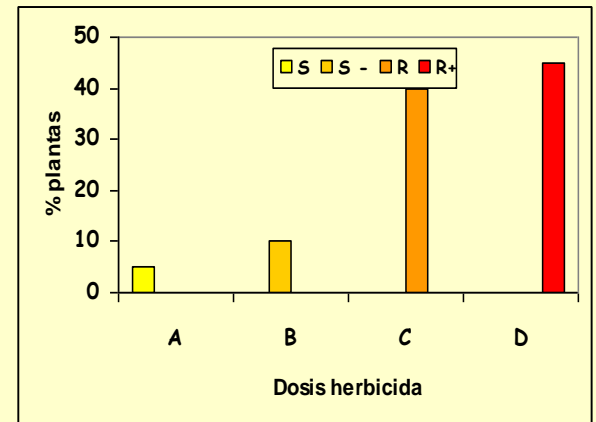
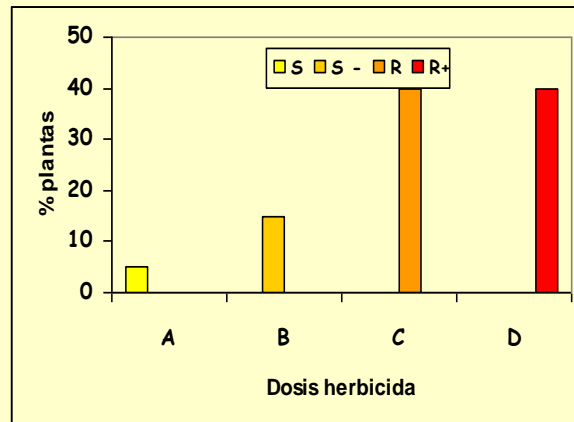
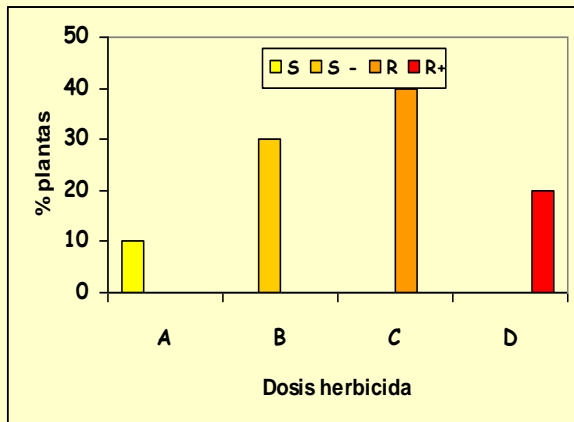
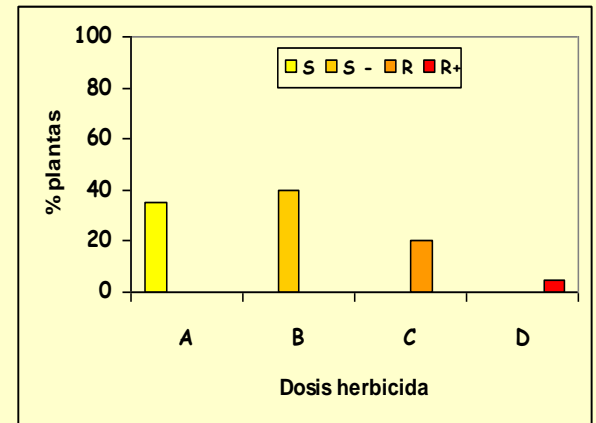
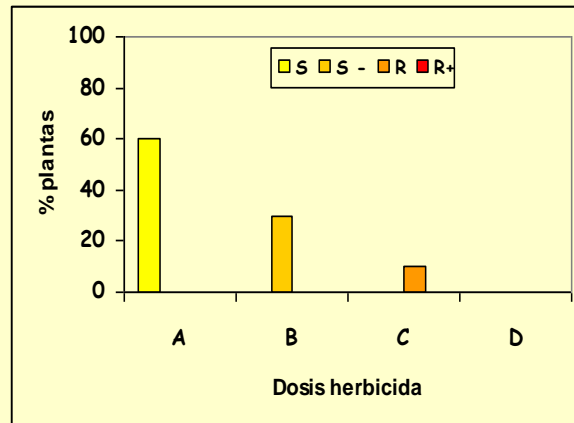
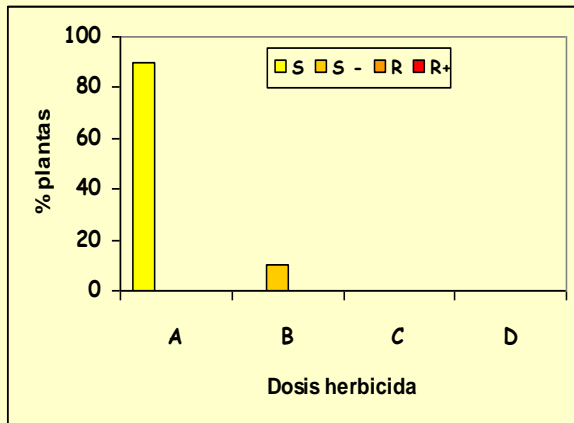
Dosis altas y bajas pueden dar origen a resistencia

Dosis que ejerzan un control superior a 90-95% de eficacia podrán dar lugar a resistencia después de un periodo más o menos largo de aplicación.

Dosis que ejerzan un control entre 80-90% de eficacia podrán dar lugar a resistencia de tipo progresivo en la que la acumulación de factores de efecto pequeño aumentara progresivamente la resistencia de las plantas y por tanto de la población como aparece en la figura siguiente.

Evolución de una resistencia poligénica

Resistencia como consecuencia del efecto aditivo de genes menores



Factores debidos a prácticas culturales

- Aplicación de un mismo tipo de herbicida
- Varias aplicaciones en un año
- Ausencia de técnicas no químicas de control
- Ausencia de rotaciones

Se han comprobado los factores anteriores en los inhibidores de ALS que son los herbicidas para los que hay citadas más resistencias desde su comercialización en 1982 .

Entre sus características Tranel y Wright (2002) destacan que:

Son herbicidas de amplio espectro, efectivos a baja dosis, utilizados ampliamente.

La resistencia a estos herbicidas es nuclear dominante con elevada capacidad de mutación y resistencia cruzada a numerosos herbicidas

Tranel PJ y Wright TR (2002) Weed Science 50:700-712

Ausencia de control no significa siempre resistencia

- La resistencia hay que detectarla en condiciones controladas
- La respuesta al herbicida en ensayos *in vitro* tiene que estar correlacionada con ensayos en planta
- Hay que confirmar la resistencia en ensayos de invernadero y campo



Prevención y control

- No aplicación herbicida
- Rotación herbicida
- Mezclas
- Técnicas culturales
- Rotación Cultivos
- Control integrado

Prevención y control

- No aplicación herbicida
- Rotación herbicida
- Mezclas
- Técnicas culturales
- Rotación Cultivos
- Control integrado

Es la primera medida de prevención y control.

Será válida si existen plantas sensibles en la población que diluyan la resistencia.

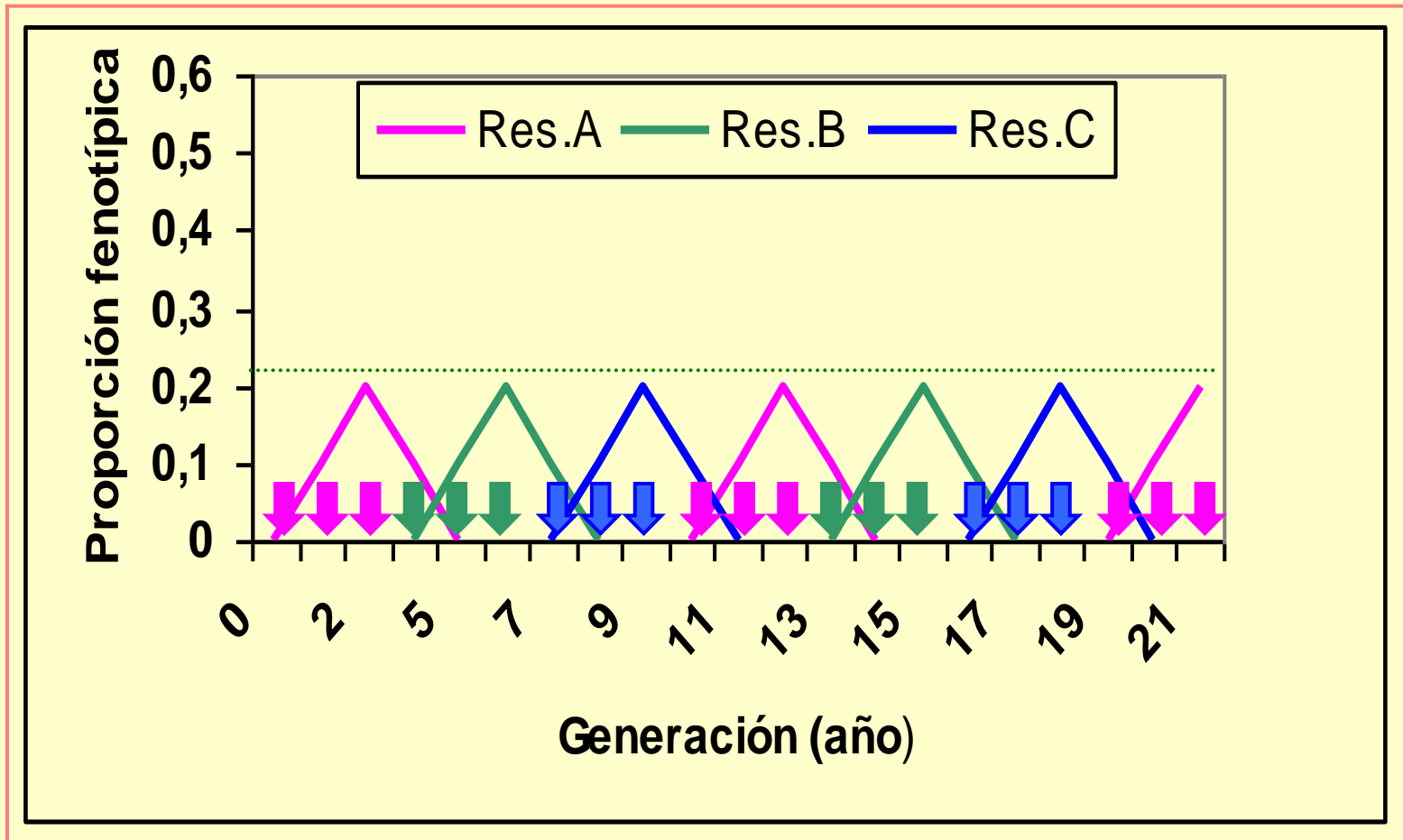
Será necesario disponer de mucho tiempo para la recuperación de la población.

Prevención y control

- No aplicación herbicida
- Rotación herbicida
- Mezclas
- Técnicas culturales
- Rotación Cultivos
- Control integrado

Solo será eficaz si se rota un número suficiente de herbicidas que mantenga el numero de individuos resistentes en niveles muy bajos

Efecto de la alternancia de herbicidas sobre la aparición de resistencia



Prevención y control

- No aplicación herbicida
- Rotación herbicida
- Mezclas
- Técnicas culturales
- Rotación Cultivos
- Control integrado

Las materias activas de los herbicidas incorporados a las mezclas deben ser de diferente modo de acción y controlar el mismo tipo de malas hierbas

Prevención y control

- No aplicación herbicida
- Rotación herbicida
- Mezclas
- Técnicas culturales
- Rotación Cultivos
- Control integrado

- No aplicar el herbicida
- Variedades competitivas
- Variación fecha de siembra
- Evitar reducción de labores
- Control mecánico en años alternos

Prevención y control

- No aplicación herbicida
- Rotación herbicida
- Mezclas
- Técnicas culturales
- Rotación Cultivos
- Control integrado

Los sistemas adecuados de prevención y control.

Deben ser específicos para cada caso

Relación beneficio-coste

- Coste de sustitución de un tratamiento herbicida por otro método control
- Beneficio futuro de preservación de herbicidas y campos. Cada vez es más difícil y costosa la creación, registro y comercialización de nuevos herbicidas
- El coste del control de una mala hierba resistente es mucho mayor que la prevención de su aparición

Cultivos tolerantes a herbicidas

INCONVENIENTES

- Sobre-utilización de un único herbicida
- Incremento en el desarrollo de resistencia
- Posible flujo de genes por polen y semilla en algunas especies

VENTAJAS

- Herbicidas amplio espectro
- Aplicación de herbicidas en postemergencia
- Nuevo herbicida en un cultivo
- Control de malas hierbas resistentes

Estrategias de control

han sido:

CONTROL A CUALQUIER PRECIO: no queremos ver una hierba en el campo

son:

UMBRAL ECONÓMICO: nivel de malas hierbas que podemos tolerar

serán:

UMBRAL ECOLÓGICO Y ECONÓMICO: control integrado de gestión del sistema agrícola