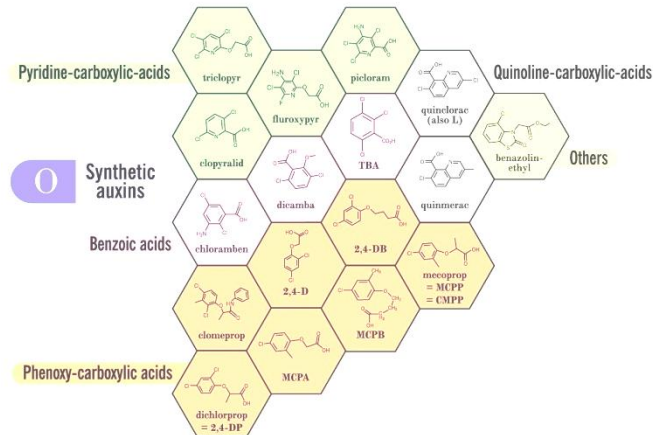


# Herbicides auxínicos: Modo de acción y resistencias

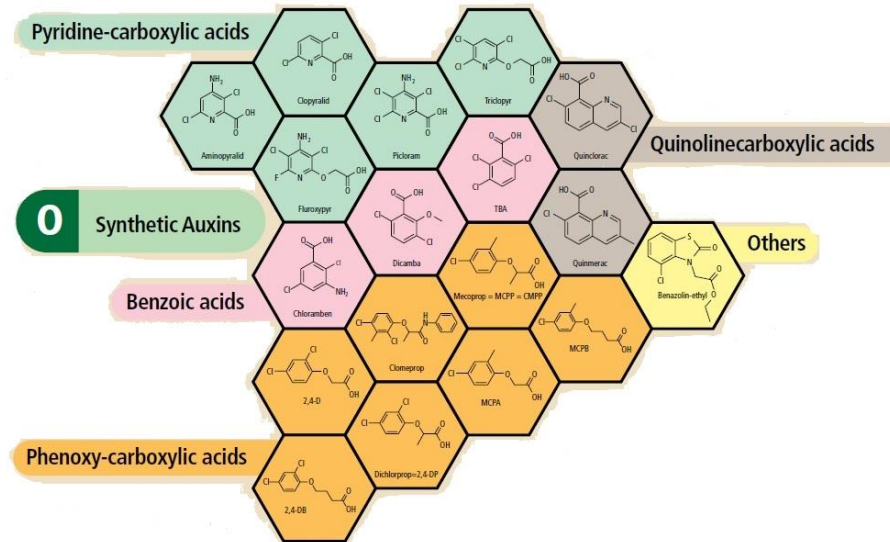


JOEL TORRA

Grup de Malherbologia i Ecologia Vegetal, Universitat de Lleida



- Auxinas sintéticas
  - Modo de acción
  - Ruta de Degradación en plantas tolerantes
  
- Resistencias a auxinas
  - Caso de estudio: *Papaver rhoeas*



---

# Auxinas sintètiques



# Com actua el 2,4-D en la planta?

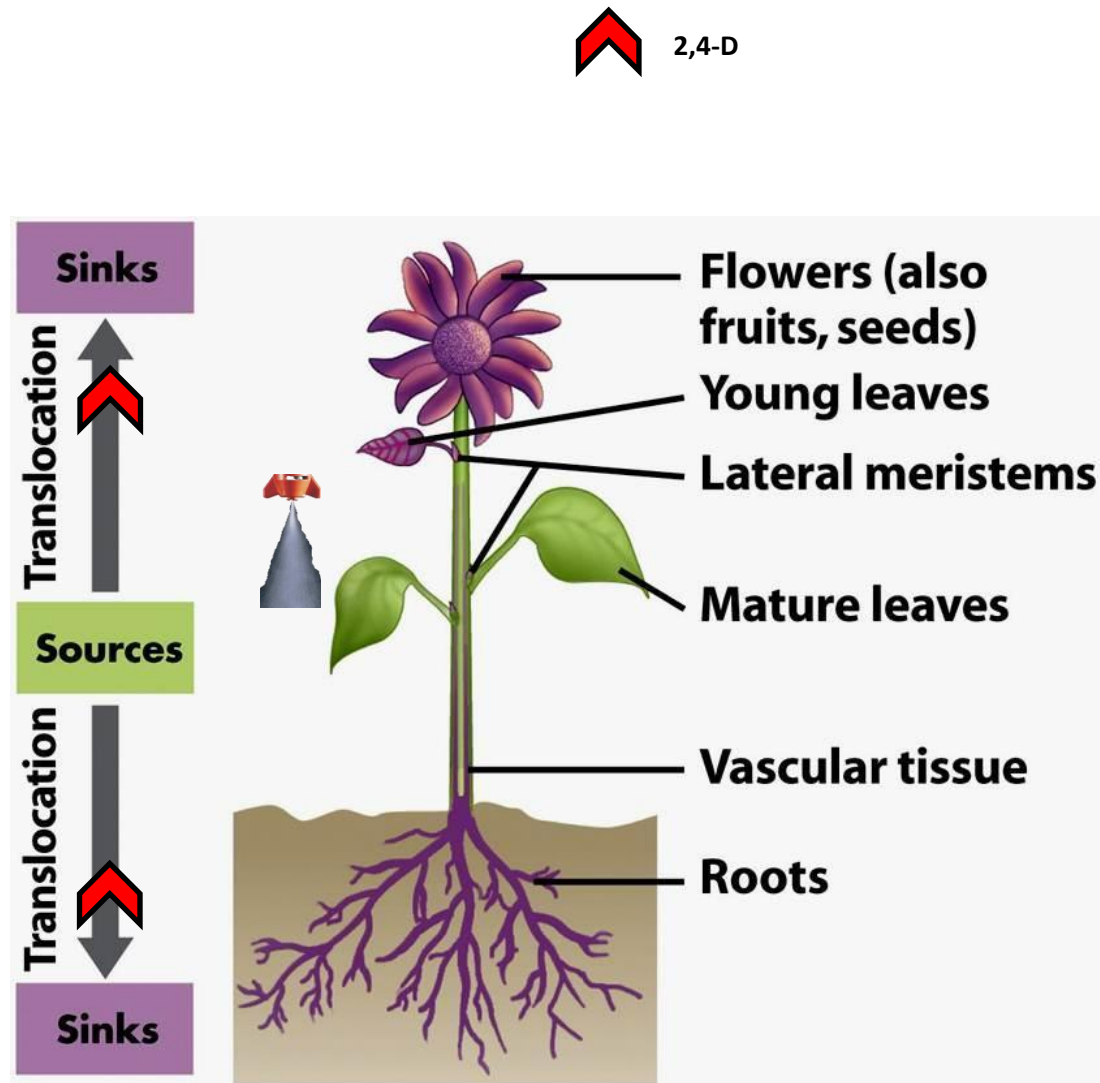
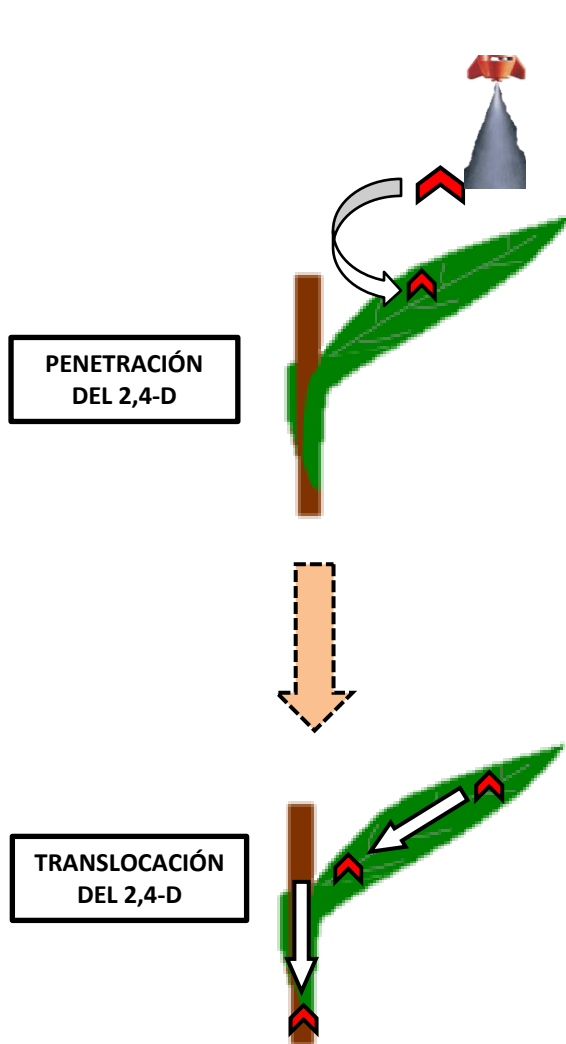


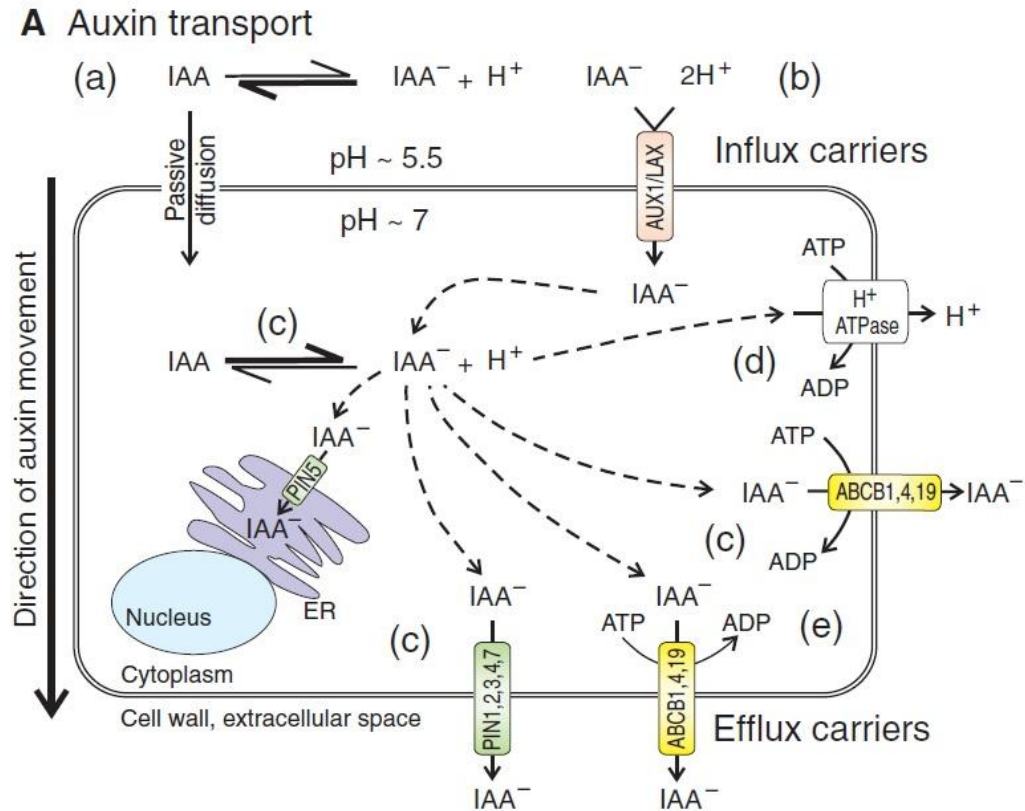
Figure 36-16 Biological Science, 2/e  
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Com actua el 2,4-D en la planta?

Transportadores de entrada (influx) y salida (efflux) de auxinas de las células:

- Entrada:  
familia AUX1/LAX)
- Salida:  
Familia PIN-formed (PIN)  
Familia ABC, sobretudo la subfamilia ABCB

• Posición polarizada de las familias para dirigir el flujo

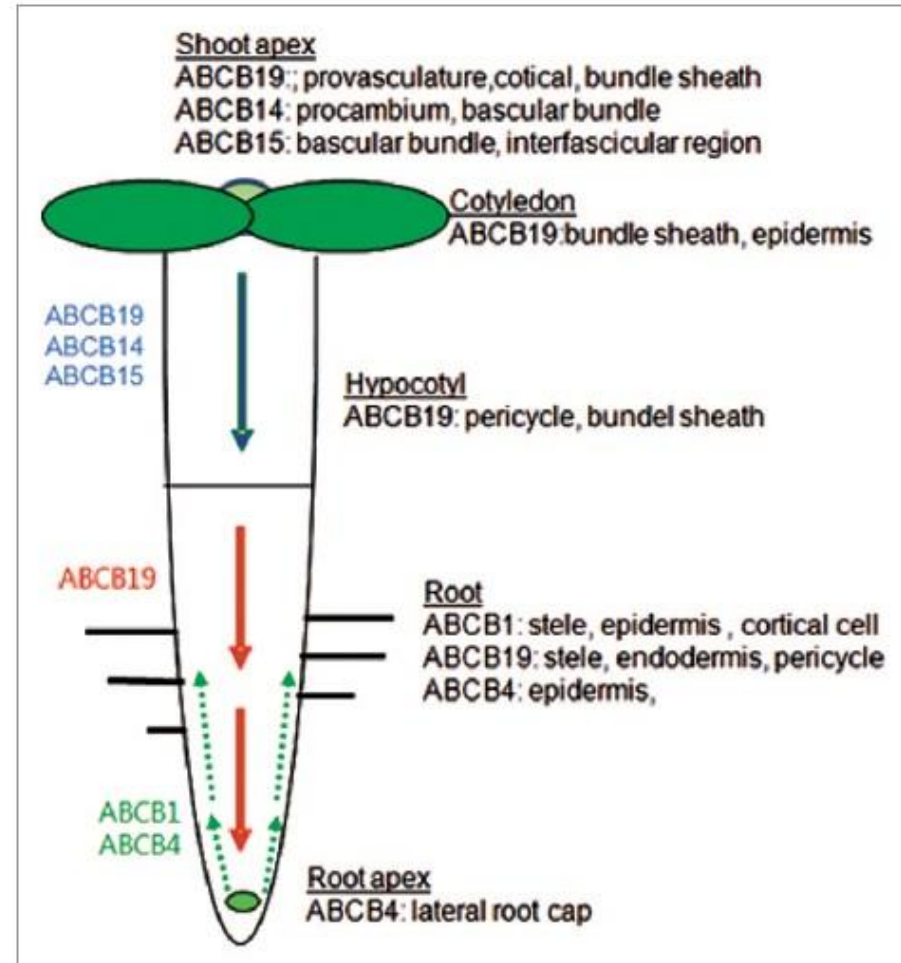


# Com actua el 2,4-D en la planta?

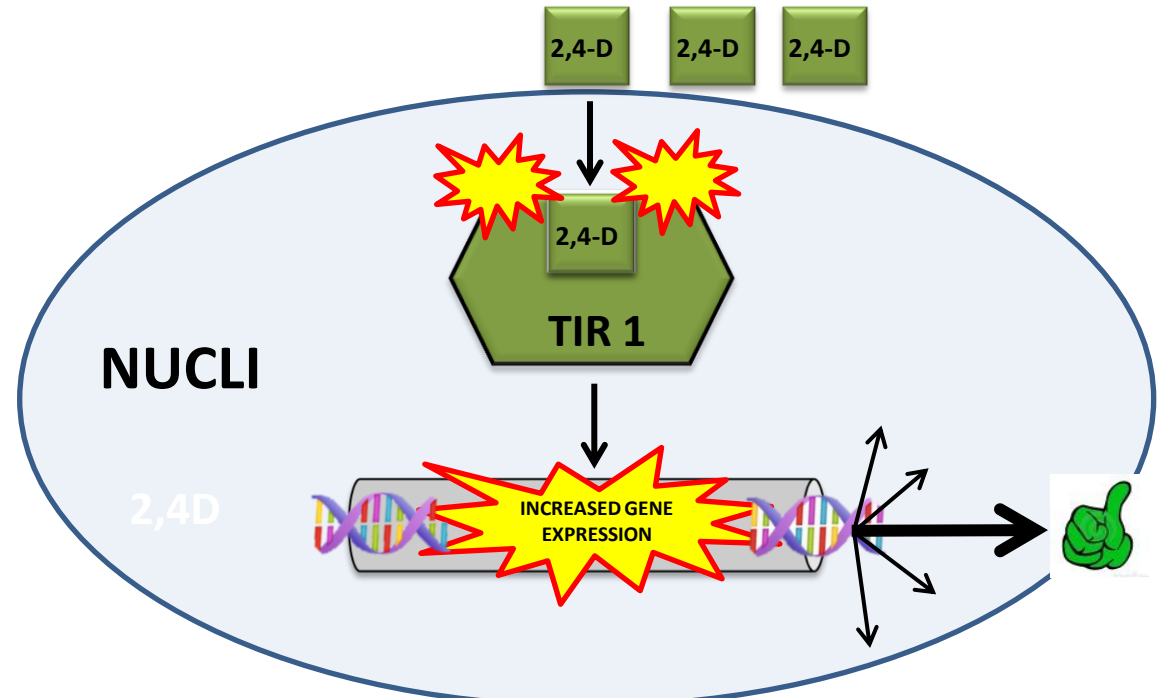
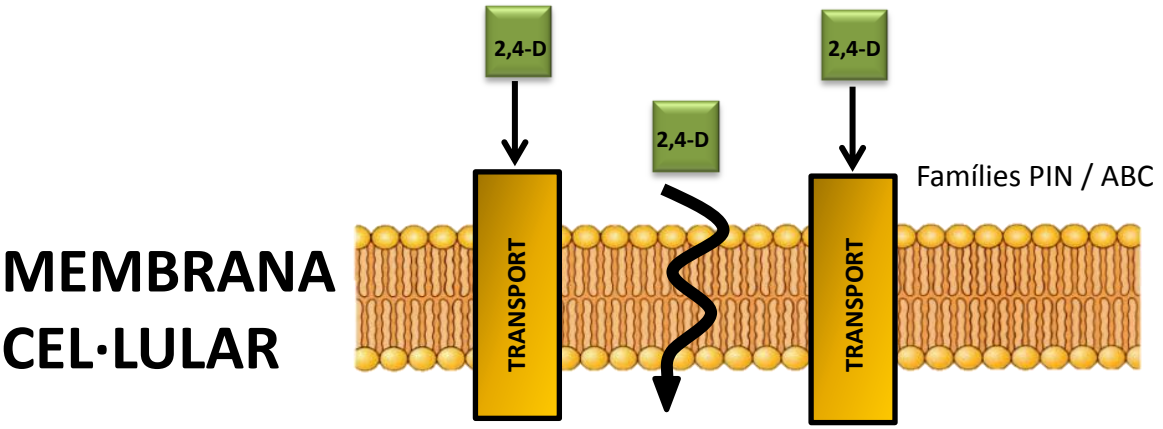
0

Synthetic Auxins

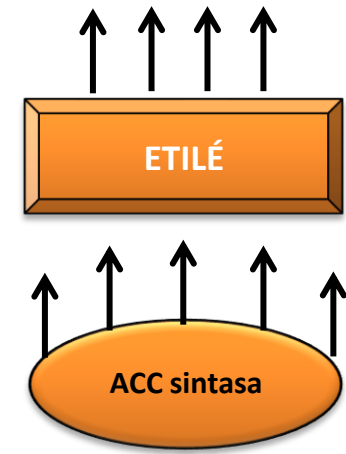
- Transportadores de salida:
  - Familia PIN-formed (PIN): unos 10 genes al menos
  - Familia ABC, diversas subfamilias (A, B, C,...), relacionadas con el movimiento de las auxinas. Sobre todo la ABCB
- Expresión génica:
  - ABCB: al menos 21. Expresados diferencialmente
  - Idem para PIN



# Com actua el 2,4-D en la planta?



- ✓ Reactive Oxygen Species
- ✓ CYANIDE
- ✓ ABA

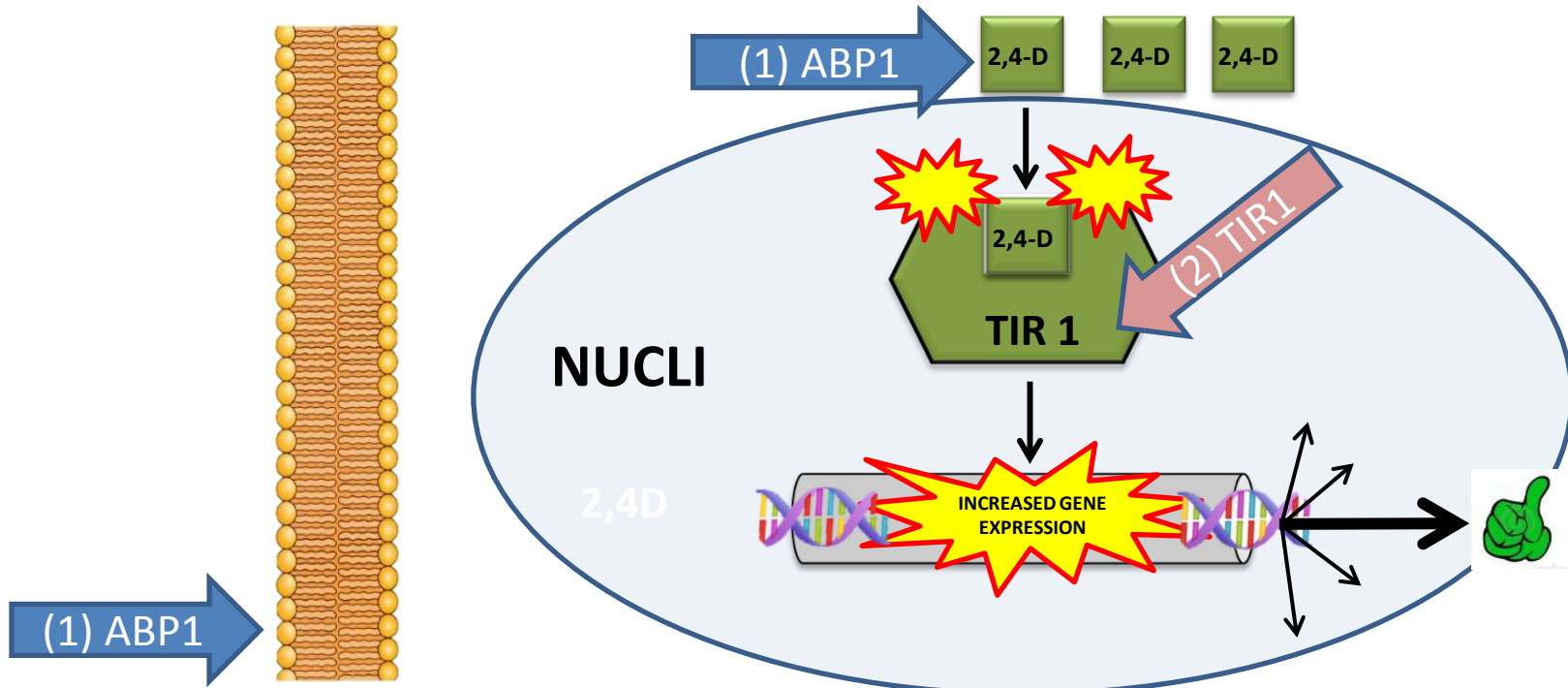


# Conocemos los genes diana?

*Arabidopsis thaliana*

Tres clases de receptores de auxinas:

- (1) proteína auxin-binding (**ABP1**), RE y apoplasto
- (2) complejo proteico receptor de auxinas: familia F-box (**TIR1**/AFB), núcleo
- (3) proteína kinasa 2 S-phase (SKP2), núcleo, división celular
- (4) Transportadores ABCB???



# Como se degrada una gramínea el 2,4-D?

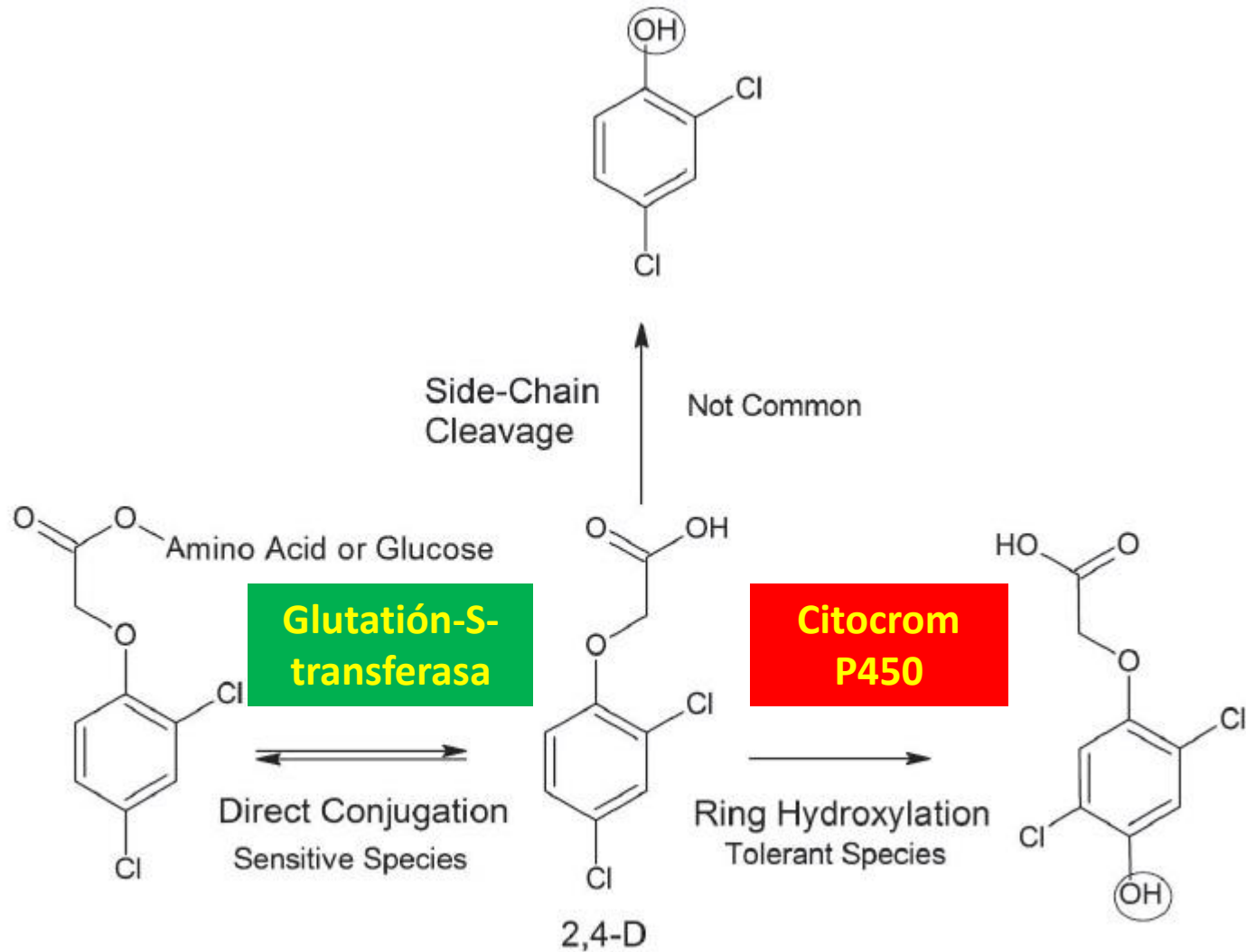


Figure 1. Pathways for metabolism of 2,4-D in higher plants.

# Como de degrada una gramínea el 2,4-D?

0

Synthetic Auxins

Degradation of 2,4-D after Foliar and Soil Applications

*J. Agric. Food Chem.*, Vol. 49, No. 1, 2001 147

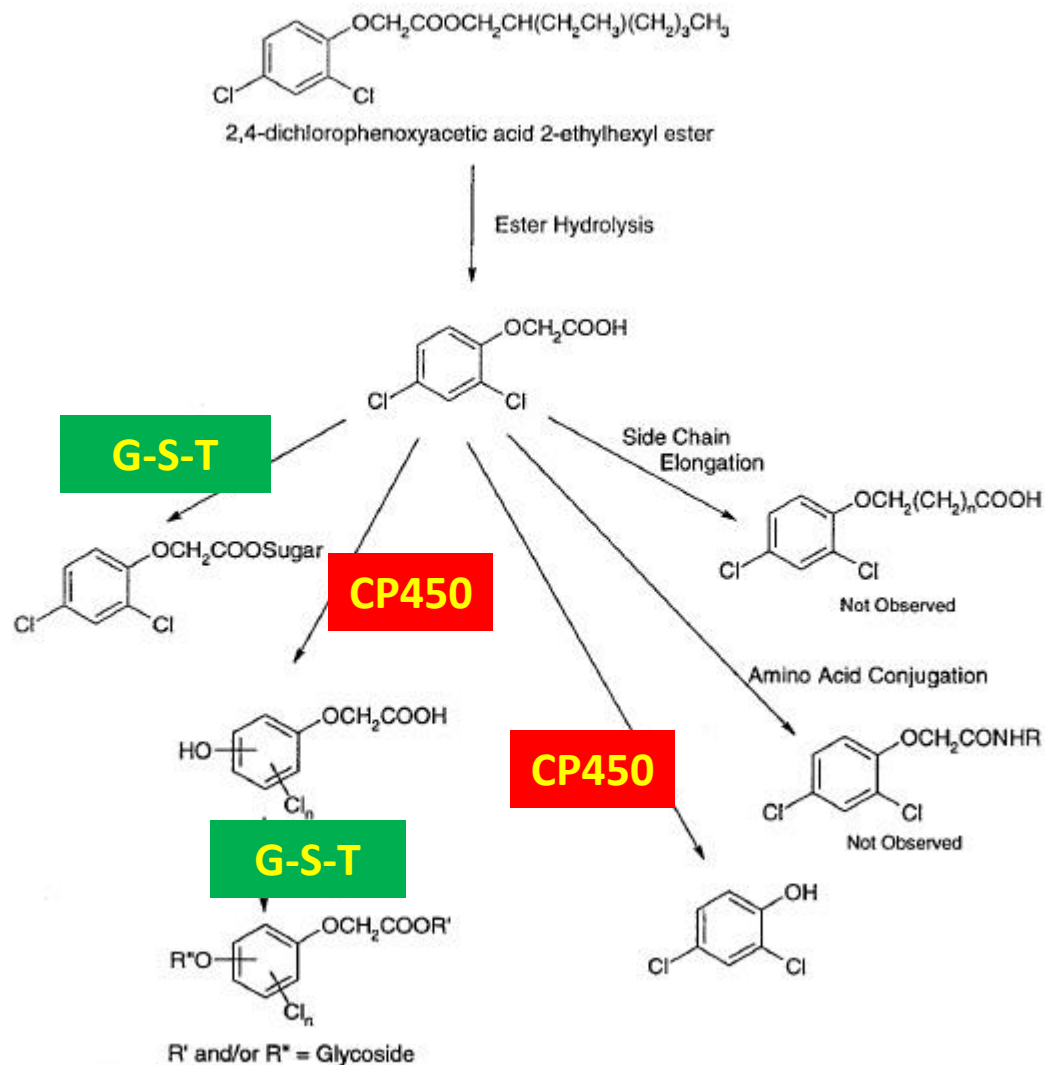
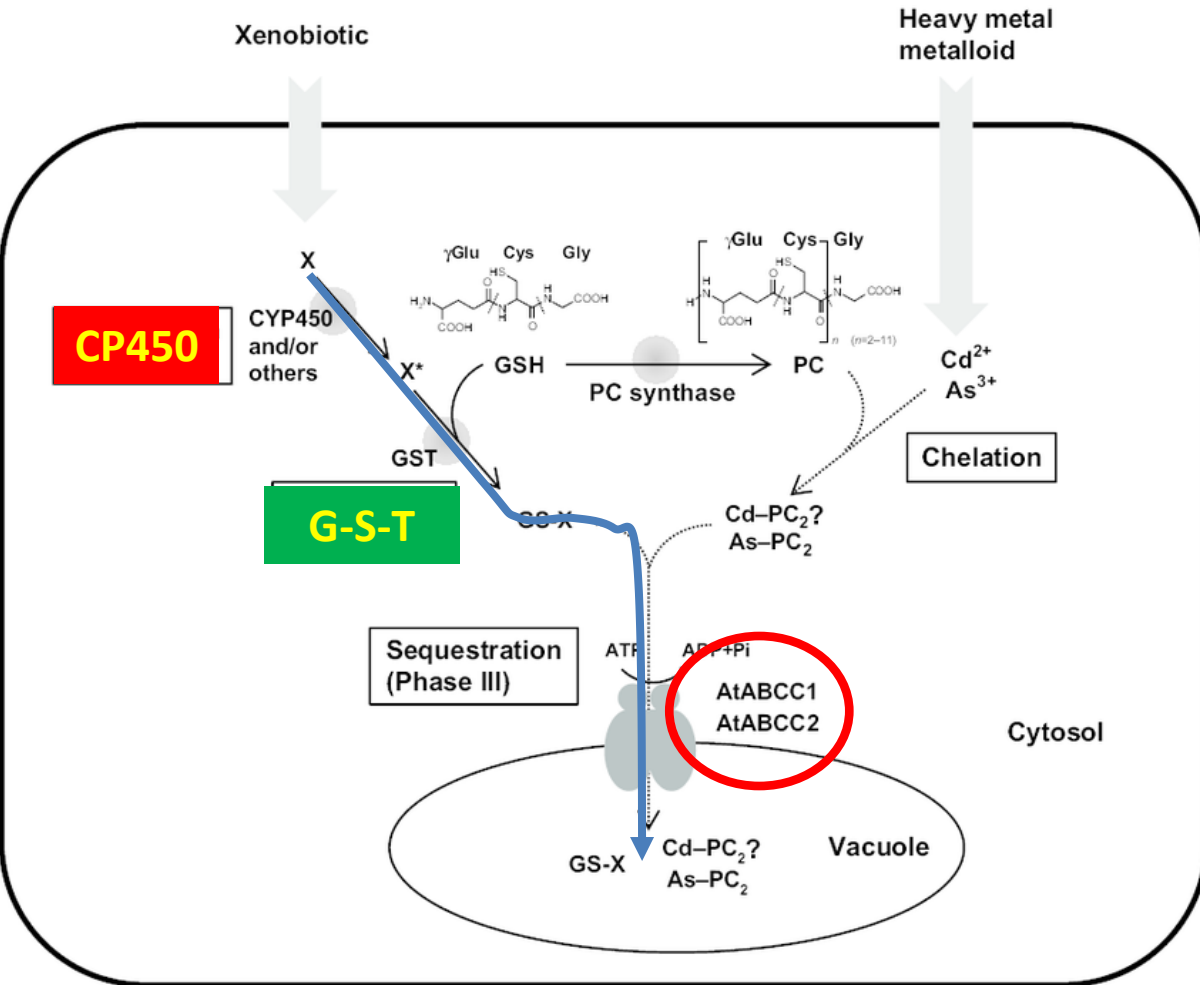


Figure 1. Degradative pathways for 2,4-D in plants.

# Ruta metabólica compleja

- Metabolismo & transporte:



➤ Las especies tolerantes tienden a mover menos 2,4-D o lo distribuyen de forma diferencial comparadas con especies sensibles

➤ Las diferencias en metabolismo entre especies tolerantes y sensibles pueden explicar las diferencias observadas en el transporte

---

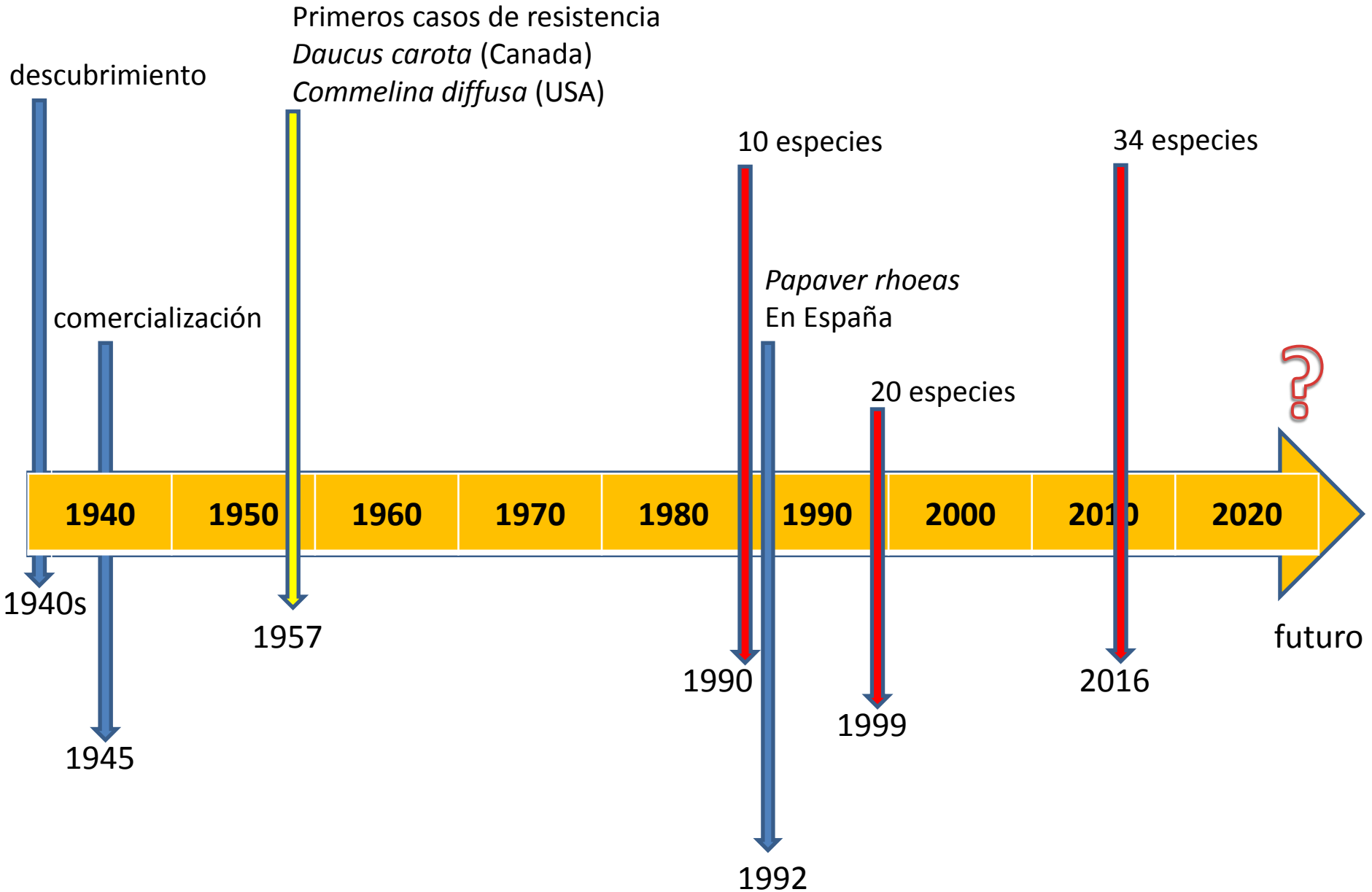
# Resistencias a auxinas sintéticas



# Un poco de historia

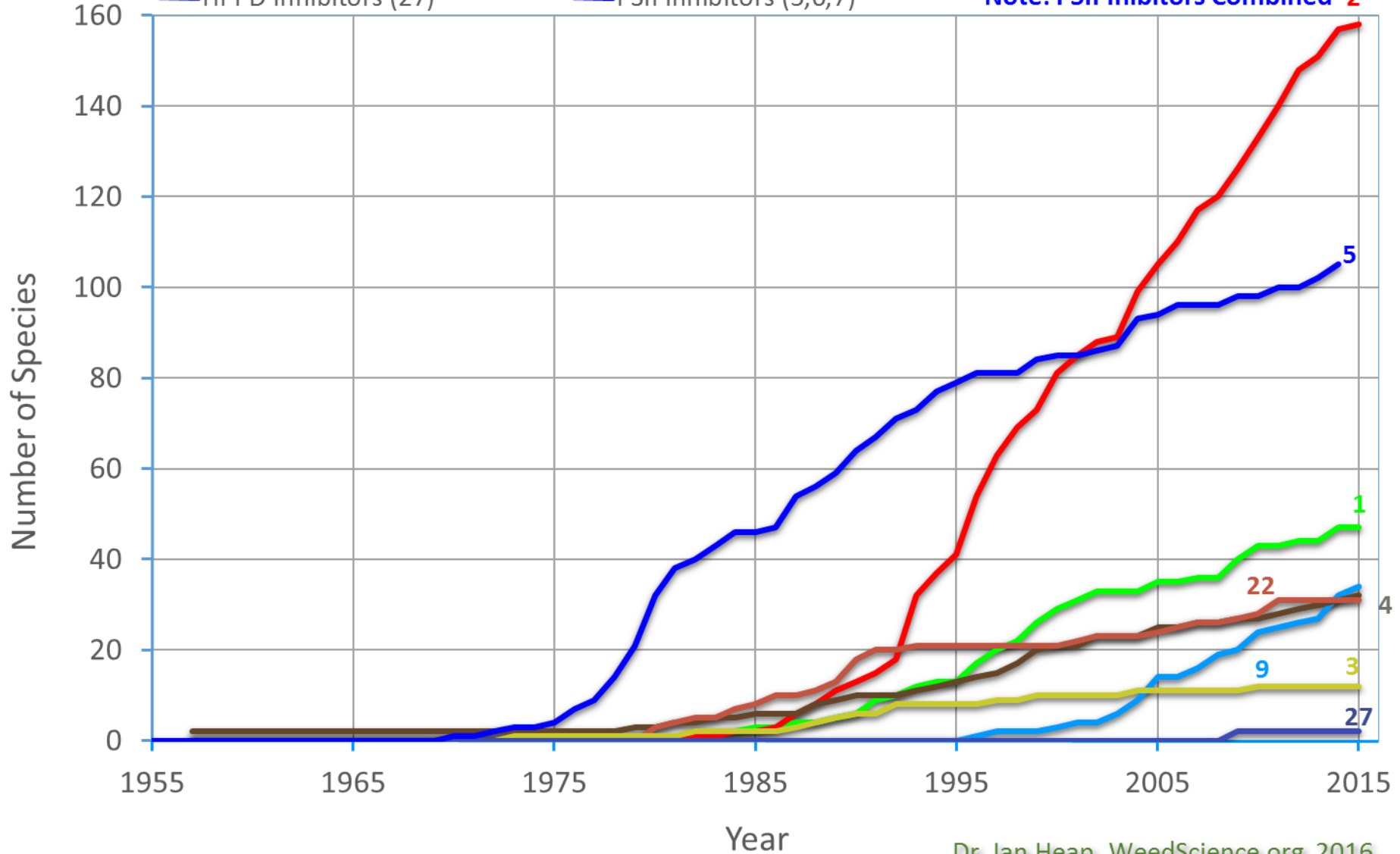
0

Synthetic Auxins

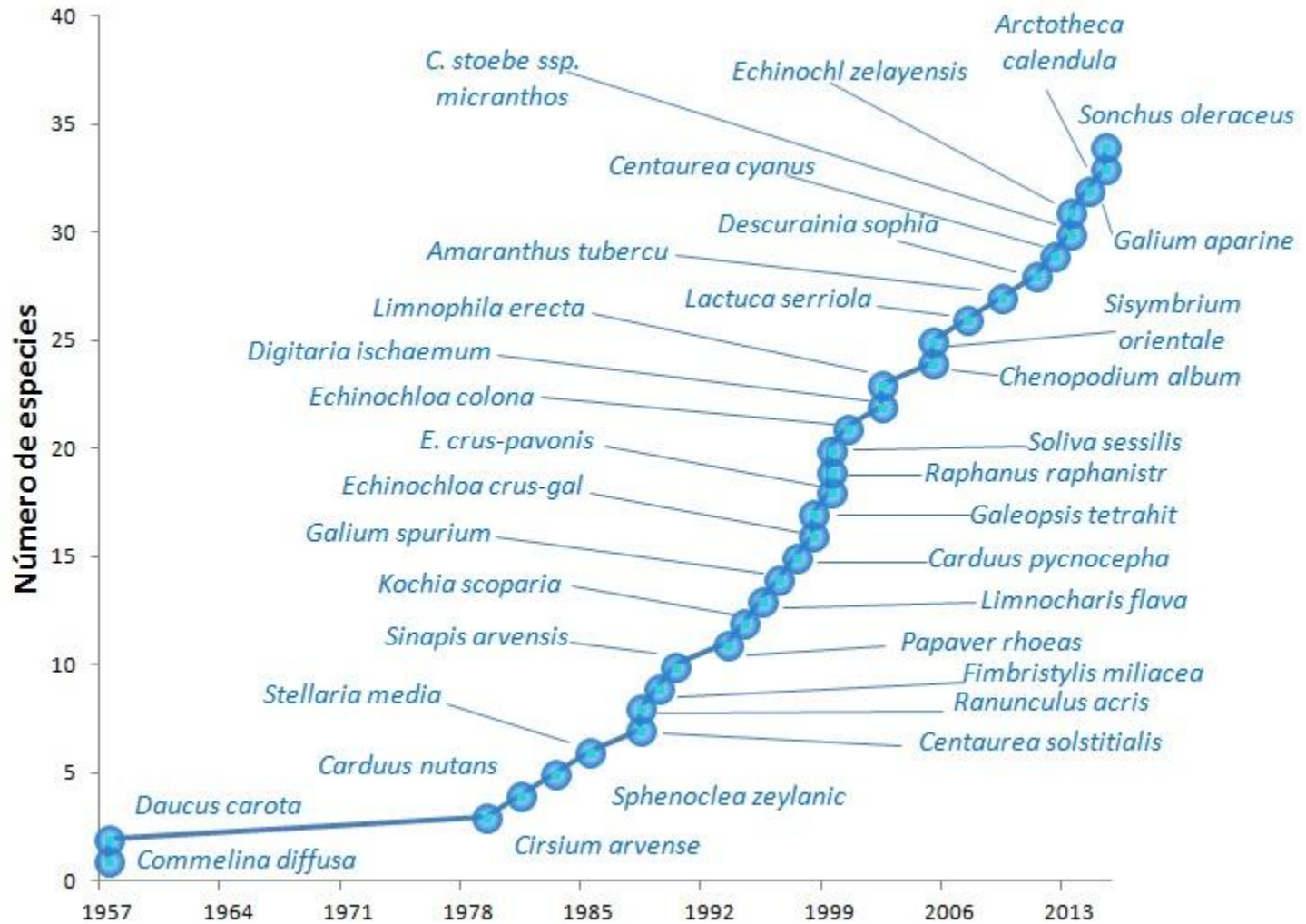


# Number of Resistant Species for Several Herbicide Sites of Action (WSSA Codes)

- ACCase Inhibitors (1)
- ALS Inhibitors (2)
- EPSP Synthase Inhibitors (9)
- Synthetic Auxins (4)
- PSI Electron Diverter (22)
- Microtubule Inhibitors (3)
- HPPD Inhibitors (27)
- PSII Inhibitors (5,6,7)
- Note: PSII Inhibitors Combined 2**

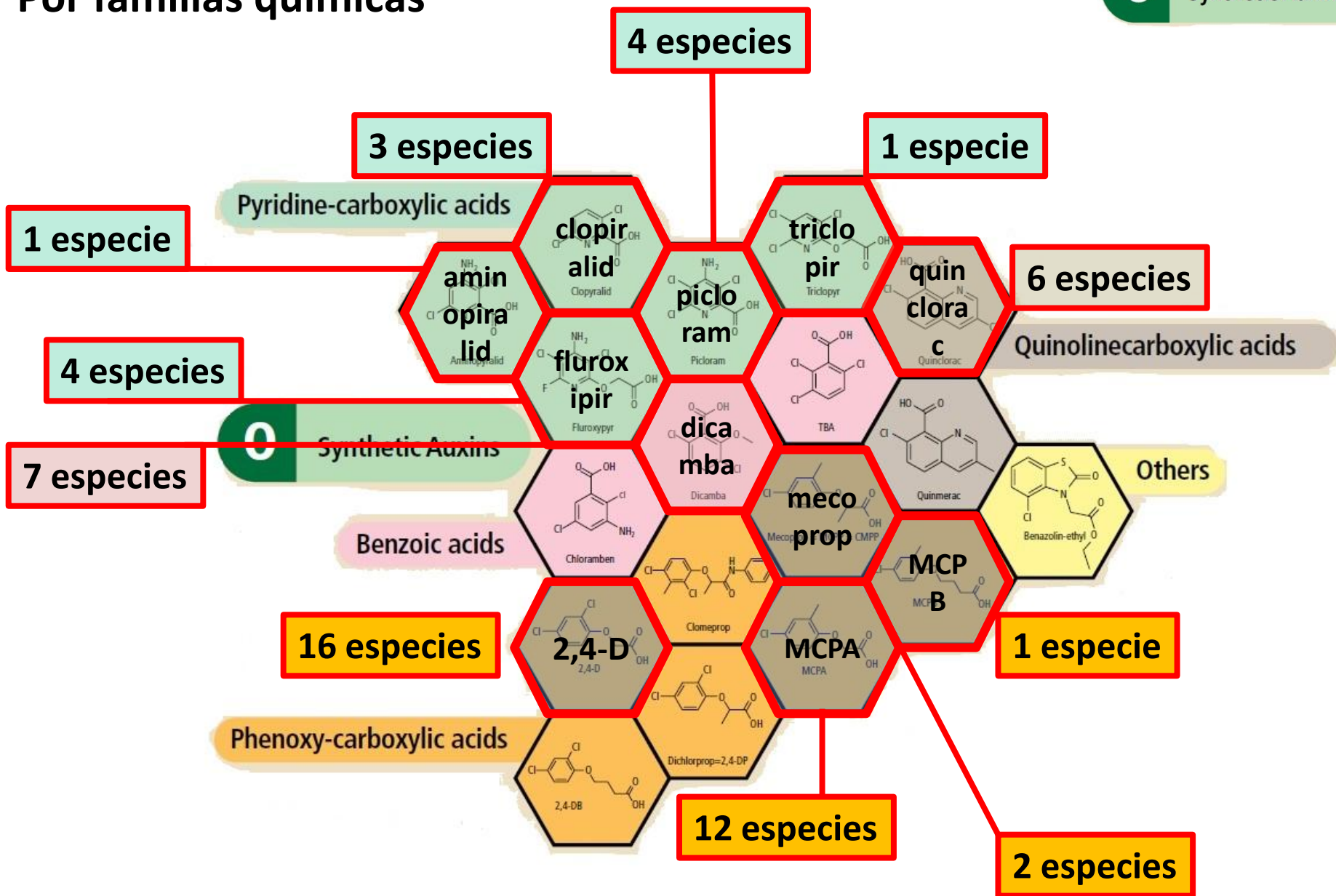


# Un poco de historia



# Por familias químicas

0 Synthetic Auxins

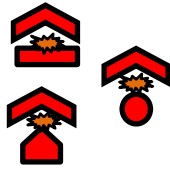


# Tipos de mecanismos de resistencia

## RESISTENCIA EN LA DIANA "TARGET SITE" (TS)

1

ALTERACIÓN DE LA DIANA



2

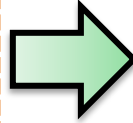
SOBREEXPRESIÓN DE LA DIANA



Herbicida



Diana del herbicida



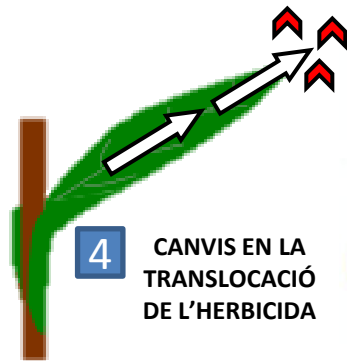
Normalmente un gen involucrado  
Mecanismos de resistencia bien estudiados

## RESISTENCIA FUERA DE LA DIANA "NON TARGET SITE" (non-TS)



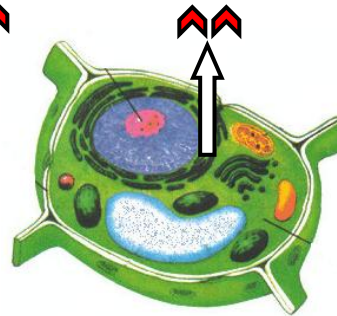
3

CAMBIOS EN LA PENETRACIÓN DEL HERBICIDA



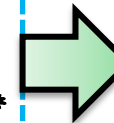
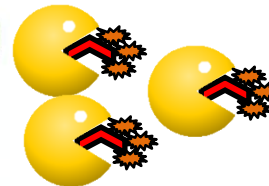
4

CANVIS EN LA TRANSLOCACIÓ DE L'HERBICIDA



5

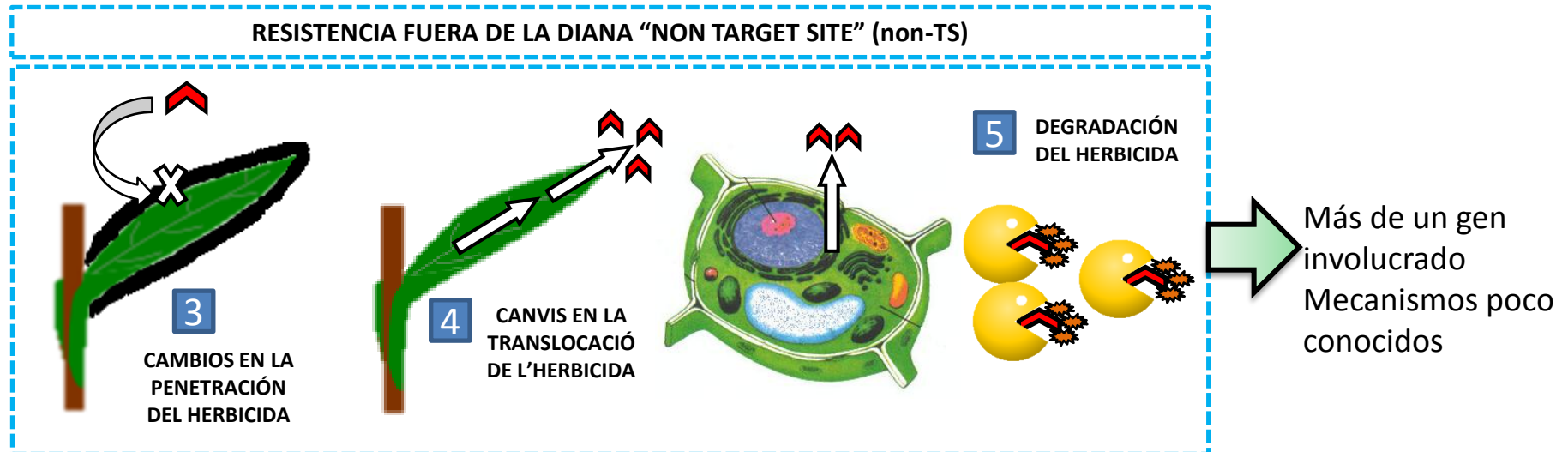
DEGRADACIÓN DEL HERBICIDA



Más de un gen involucrado  
Mecanismos poco conocidos

# Mecanismos de resistencia

- No veremos la resistencia al quinclorac
- Mecanismos Target Site (TS) o Non target-Site Resistance (NTSR)??
  - Ausentes: alteración de ABP1 (*Brassica kaber*): efectos deletéreos en la fitness?
  - mecanismos NTSR: sobretodo transporte y metabolismo



# Mecanismos de resistencia

- Casos estudiados:

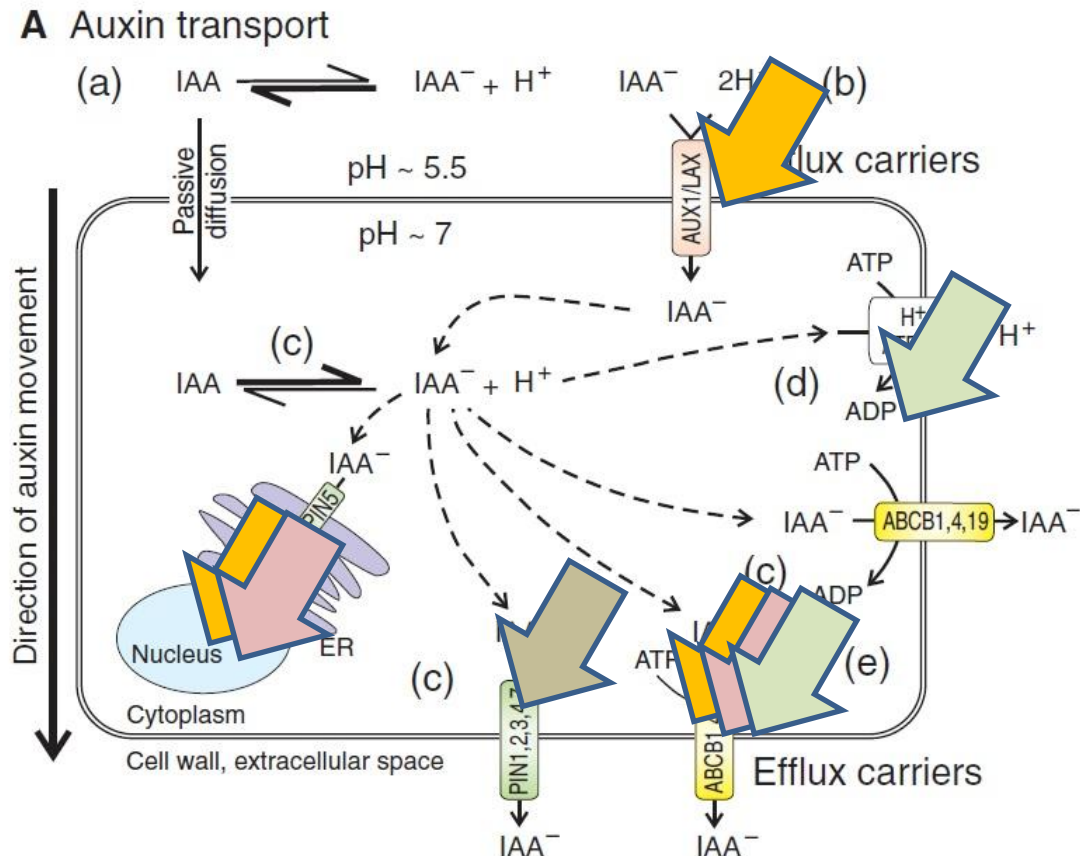
Especie	Auxina	TS	Absorción	Transporte	Metabolism
<i>Brassica kaber</i>	2,4-D	?	No	No	No
<i>Lactuca serriola</i>	2,4-D	no	No	<b>Reducido en R</b>	No
<i>Raphanus raphanistrum</i>	MCPA	no	No	Aumentado en R (raíces)	No
“	2,4-D	no	No	<b>Reducido en R</b>	No
<i>Galeopsis tetrahit</i>	MCPA	No	No	<b>Reducido en R</b>	<b>Raíces (hidroxilados y/o conjugados)</b>
<i>Stellaria media</i>	mecoprop	no	no	No	<b>Conjugados</b>
<i>Glechoma hederacea</i>	2,4-D	no	Reducido en R	no	No

# ¿Resistencia cruzada?

- Afinidades diferentes para las diversas auxinas sintéticas (familias) en la unión con los transportadores de membrana o receptores nucleares puede explicar:
  - diferencias en la tolerancia entre especies
  - patrones de resistencia cruzada en dicotiledóneas, según que alteración en transportador o receptor es seleccionada en condiciones de campo

2,4-D  
MCPA

dicamba



auxina

auxina

# *Raphanus raphanistrum*

- Mecanismos de resistencia
  - Transporte reducido en plantas R
    - Transportadores ABCB
  
  - Metabolismo no detectado



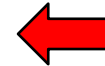
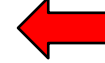
- Presión de selección:
  - desarrolla resistencias al 2,4-D en 4 generaciones (Ashworth et al. 2016)

---

# Mecanismos de resistencia al 2,4-D en poblaciones de *Papaver rhoeas*

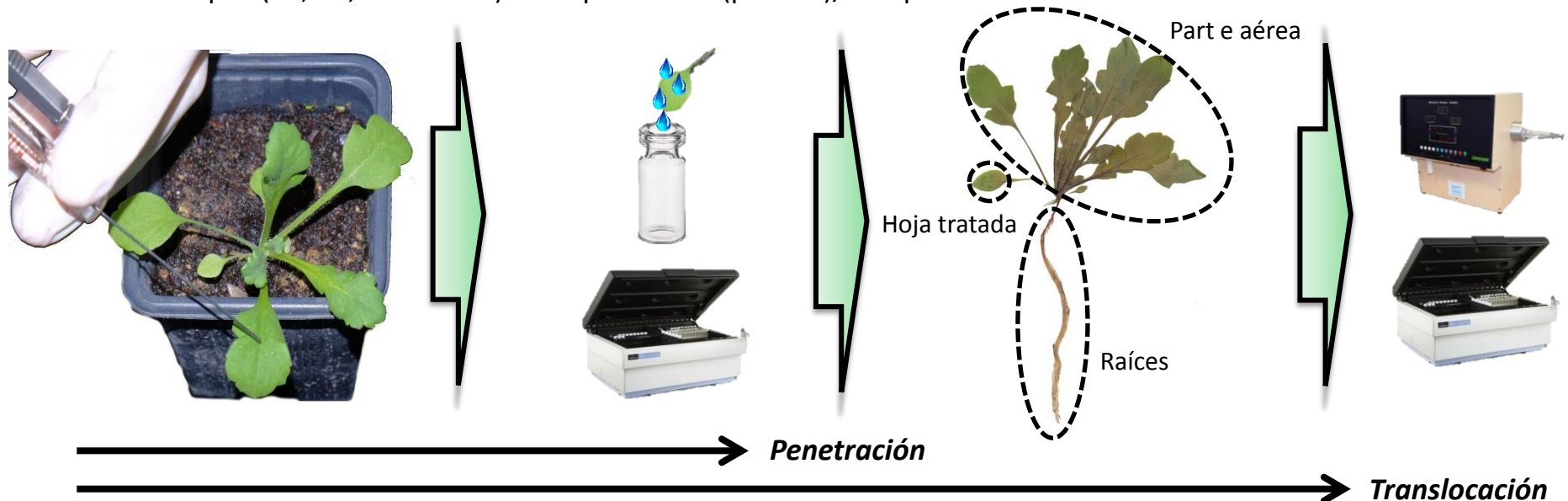


<i>Población</i>	<i>Observación en campo</i>	<i>Localidad</i>	<i>Año</i>
<b>S-013</b>	<i>Estándard sensible – S</i>	Herbised ( UK)	2008
<b>S-012</b>	<i>Estándard sensible local – S</i>	Belorado (Burgos)	2013
<b>R-213</b>	<i>Sin control con B &amp; O</i>	Baldomar (Lleida)	2013
<b>R-703</b>	<i>Sin control con O</i>	Almacelles (Lleida)	2003



## • Absorción & translocación (<sup>14</sup>C-tribenuron)

- 4 tiempos (12, 24, 48 & 96 h.) \* 5 repeticiones (plantas)/tiempo.

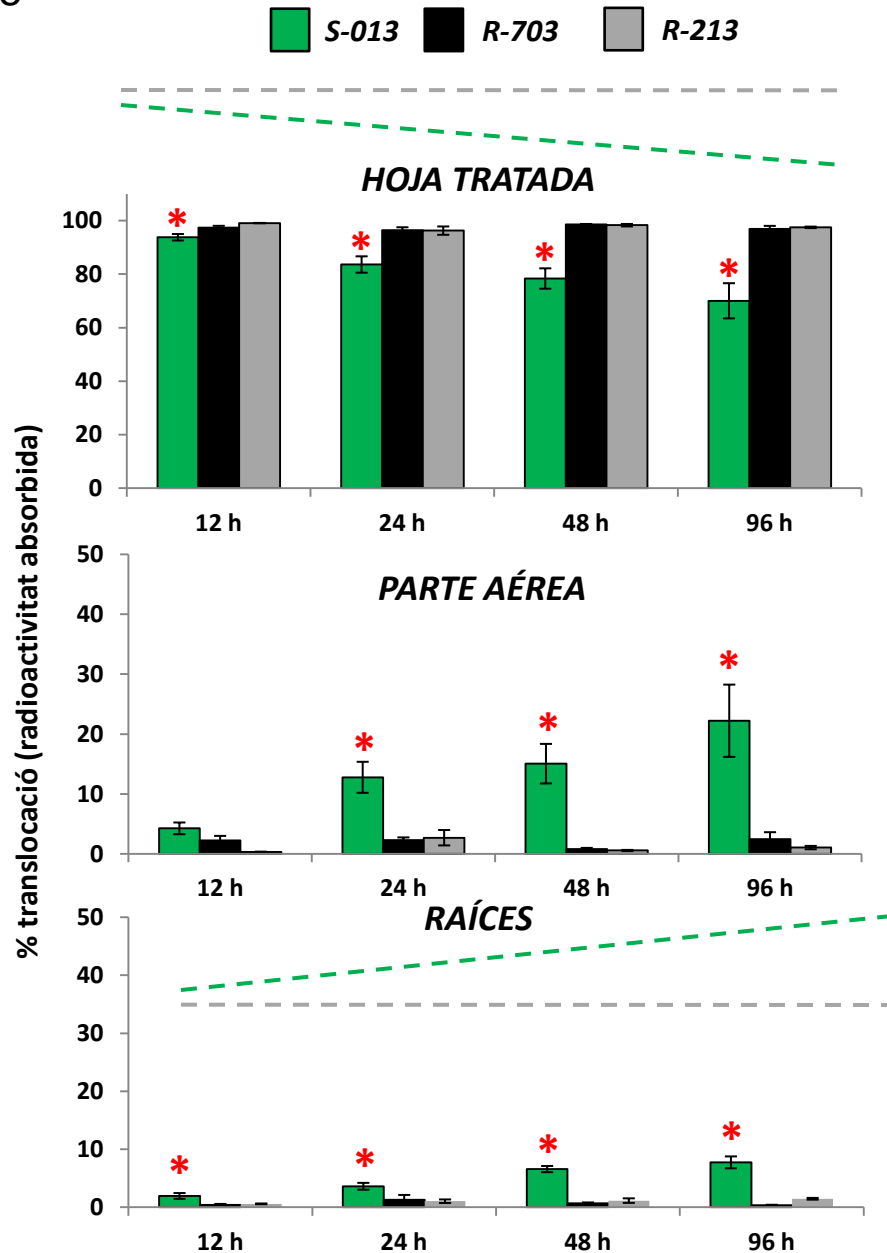


# Absorción & translocación

0

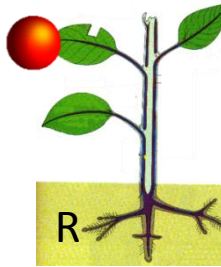
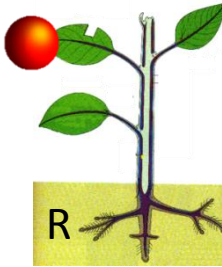
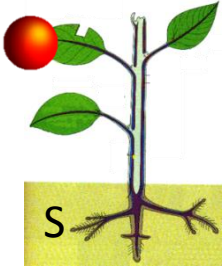
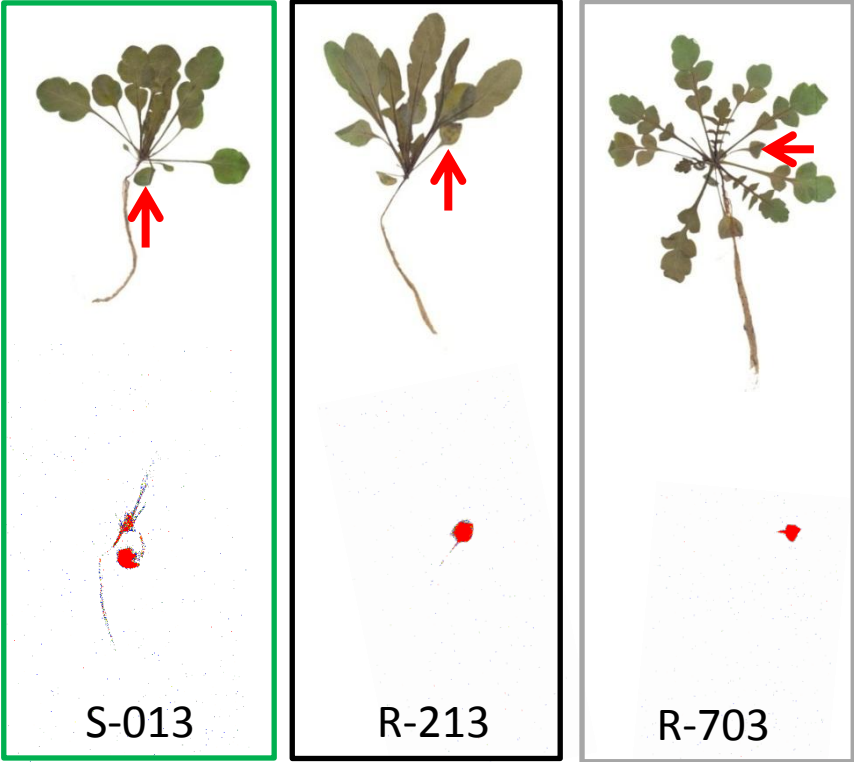
Synthetic Auxins

- Estudio cuantitativo



# Absorción & translocación

- Estudio cualitativo



- Estudios usando  $^{14}\text{C}$ -2,4-D no han detectado diferencias en la absorción entre plantas sensibles y resistentes
- Un menor transporte del 2,4-D en poblaciones con resistencia múltiple o solo a auxinas comparadas con las sensibles: primer mecanismo de resistencia descrito para la amapola (*Papaver rhoeas*) al 2,4-D
- Restan por (y habría que) estudiar otros mecanismos de resistencia

**sensible**



**resistente**