

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

---

**15 y 16 de marzo, 2018**  
Hotel Crowne Plaza San José Corobici, Costa Rica

**Modo de acción de los  
herbicidas**

**Israel Garita Cruz**

Ing. Agrónomo, Master en Malezas



## Temas a desarrollar

- Porque conocer sobre modo de acción de herbicidas
- Movimiento de los herbicidas en la planta
- Comportamiento de los herbicidas en el suelo
- Clasificación de herbicidas
- Definición de modo y mecanismo de acción
- Principales mecanismos de acción de herbicidas
- Preguntas y respuestas

# ¿Para qué conocer el modo de acción?

- Para entender mejor cómo trabajan los herbicidas
- Mejorar el desempeño de los herbicidas
- Diagnóstico de daño por herbicidas
- Prevención y manejo de la resistencia a herbicidas

# ASPECTOS BÁSICOS!

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica

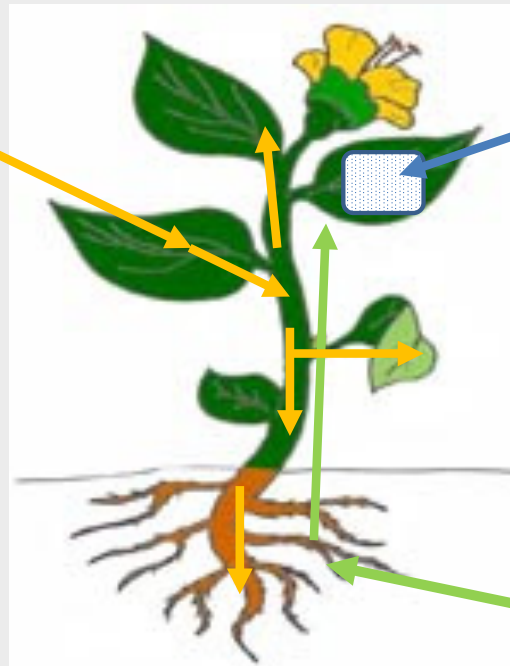




## Absorción y transporte

### Floema

2,4-D  
Metsulfuron  
Picloram



### contacto

Paraquat  
Diquat

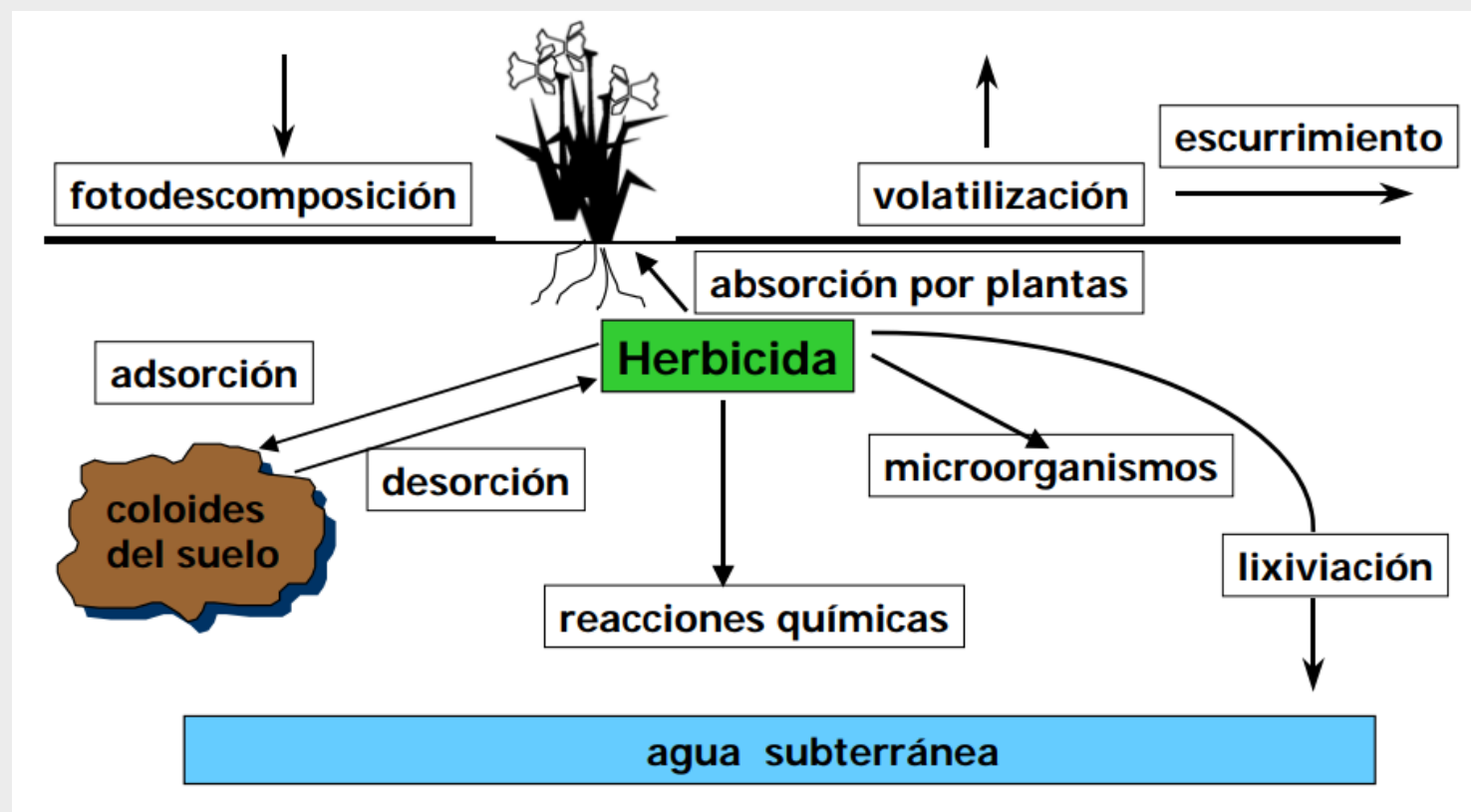
### Xilema

Atrazina  
Diuron  
Picloram

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José, Costa Rica

  
**ACEM**  
Asociación Costarricense  
para el Estudio de las Malezas



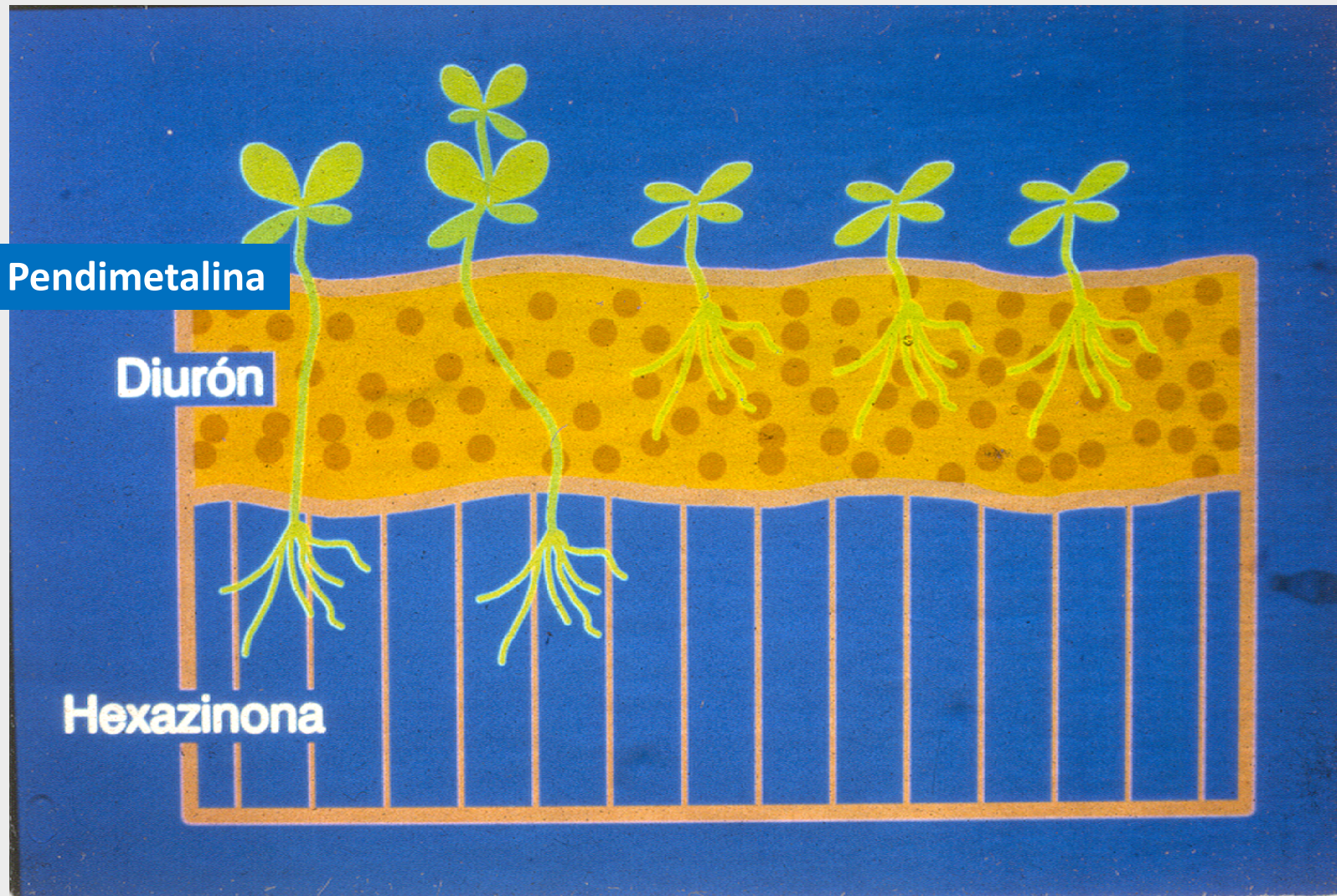
Comportamiento de los herbicidas en el suelo

Adaptado por el INIA de Uruguay del original de Confort *et al*, 1994.

**Pendimetalina**

**Diurón**

**Hexazinona**



# CLASIFICACIÓN DE HERBICIDAS

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica





## Por época de aplicación

- **Herbicidas pre-emergentes:** controlan las malezas antes de que emerjan las nuevas plántulas. La mayoría se absorben por la raíz (diuron, hexazinona, atrazina, isoxaflutol).
- **Herbicidas pos-emergentes:** Controlan plantas ya emergidas (2,4-D, glifosato, glufosinato, paraquat).

# Herbicidas pos-emergentes

- **De contacto:** Movilidad limitada dentro de la planta, actúan en pocos días, requieren de una buena cobertura, permiten rebrote (diquat, paraquat).
- **Sistémicos:** se pueden mover dentro de la planta, tardan más tiempo en actuar, control más duradero (glifosato, metsulfuron, 2,4-D).

## Por su selectividad

- **Herbicidas selectivos:** Pueden controlar unas plantas sin causar daño a otras (atrazina, diuron, fluazifop, quizalofop).
- **Herbicidas totales:** En general afectan a todas las plantas (diquat, glifosato, glufosinato).

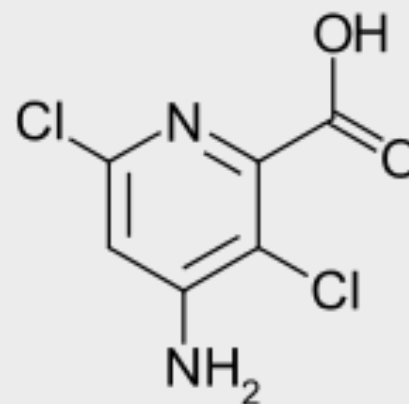
## Por su estructura química o familia

*Nombre genérico:* aminopyralid

*Nombre químico:* 4-amino-3,6-dichloropyridine-2-carboxylic acid

*Fórmula molecular:*  $C_6H_4Cl_2N_2O_2$

*Familia química:* Ácido picolínico





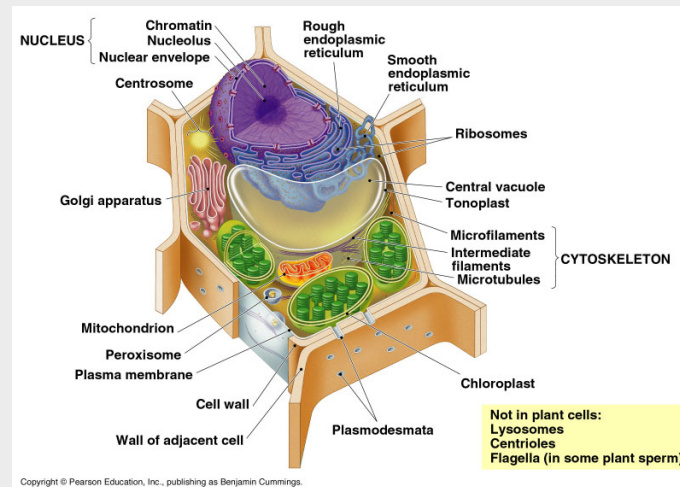
# Modo de acción

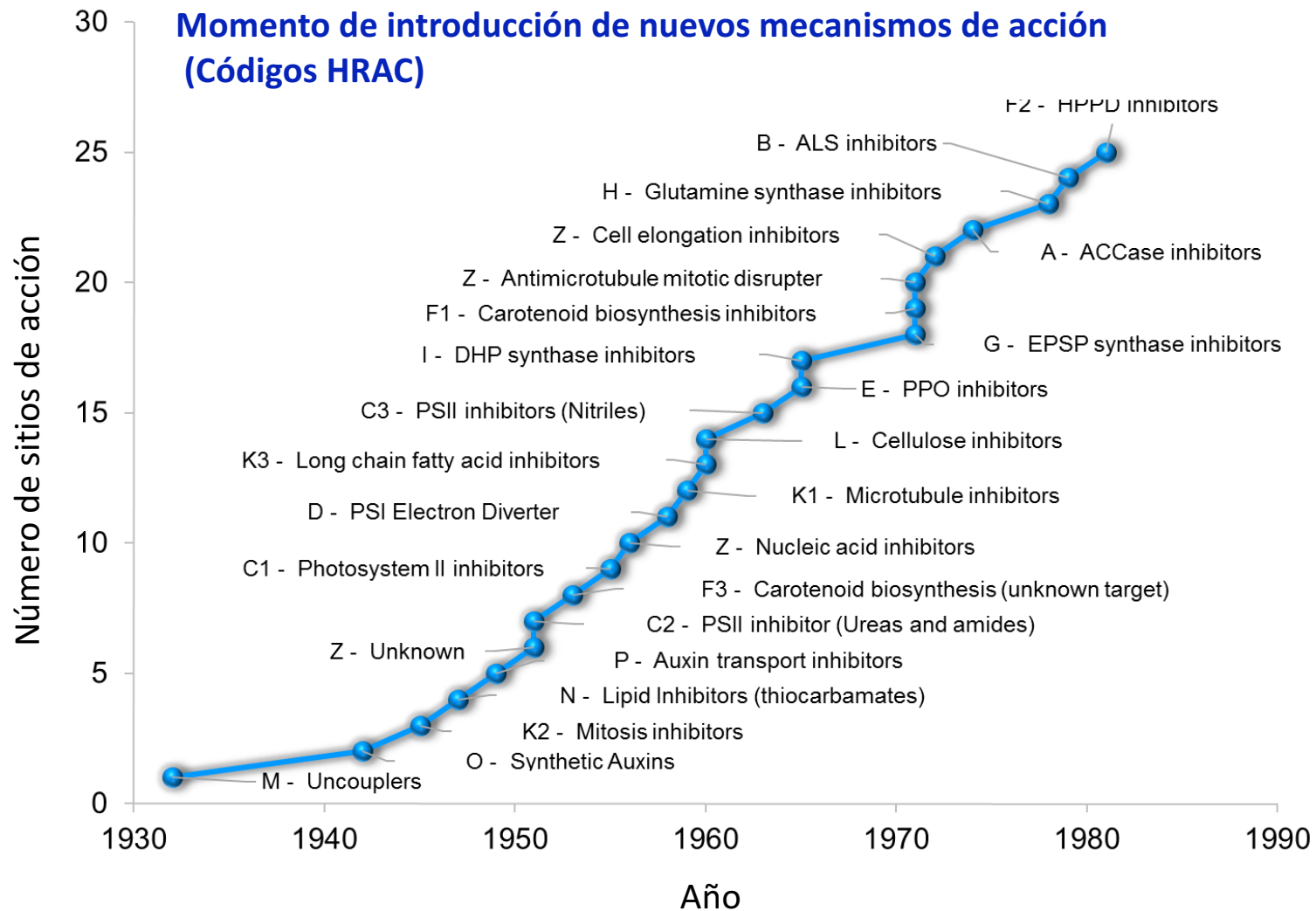
Se refiere a todas las interacciones del herbicida con la planta que ocurren desde que se aplica un herbicida hasta que se obtiene el efecto deseado.

Incluye: Absorción, activación, transporte, metabolismo, acción bioquímica y la respuesta fisiológica de la planta (síntomas).

# Mecanismo de acción

- El mecanismo de acción es la manera en que un herbicida afecta la planta a nivel celular.
- En la mayoría de los casos implica la inhibición de una enzima.

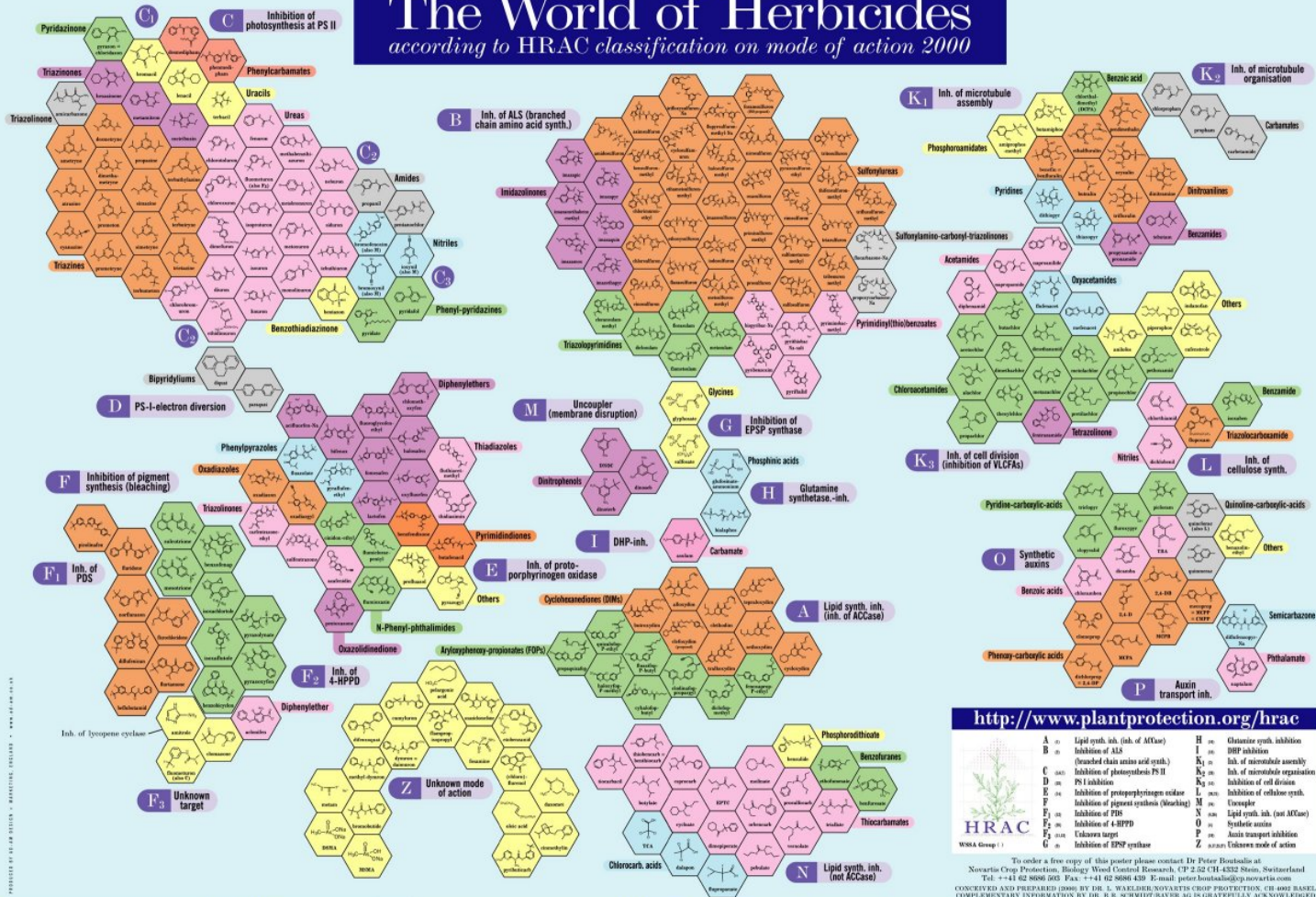




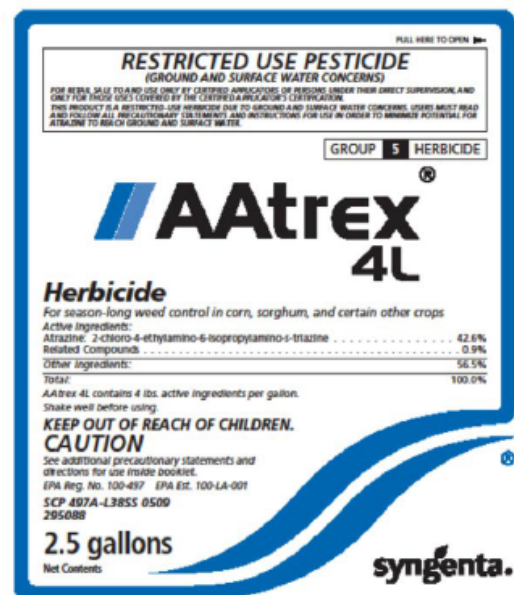
Dr. Ian Heap, WeedScience.org 2016

# The World of Herbicides

according to HRAC classification on mode of action 2000



La EPA recomienda incluir el grupo en la etiqueta, sin embargo, no es obligación hacerlo!



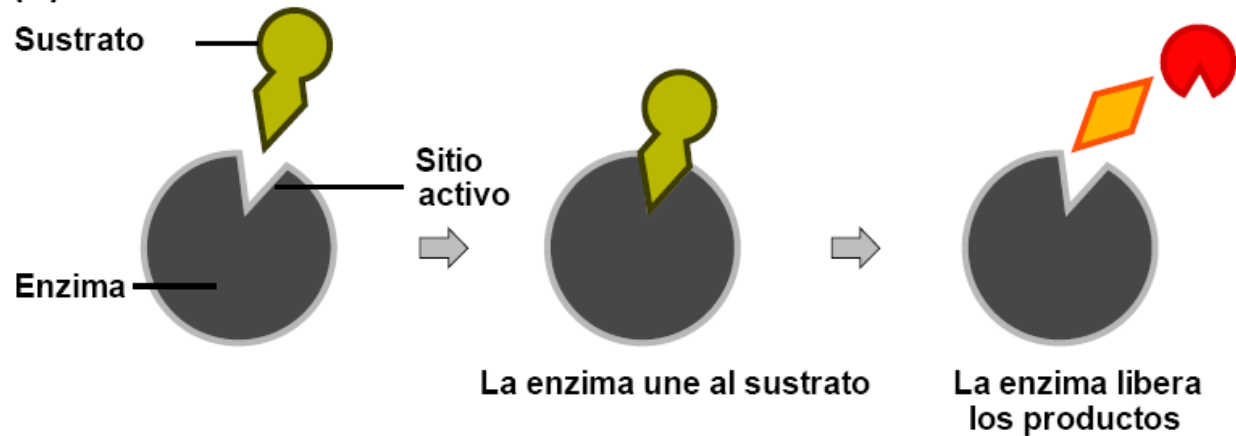
Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Corona Plaza San José Central, Costa Rica

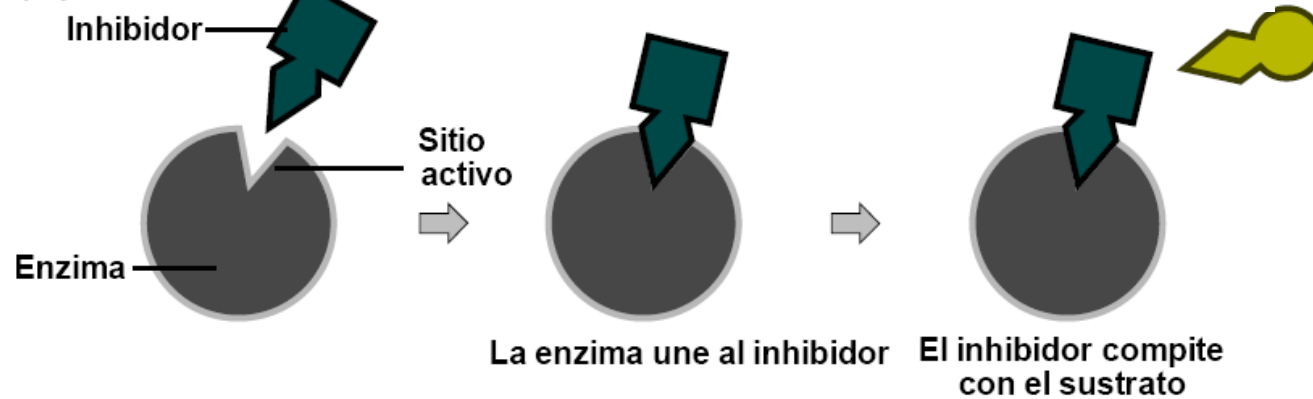
  
**ACEM**  
Asociación Costarricense  
para el Estudio de las Malezas



### (a) Reacción



### (b) Inhibición



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Competitive\\_inhibition\\_es.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Competitive_inhibition_es.svg)

# Procesos vitales para la planta

- Fotosíntesis
- Síntesis de aminoácidos
- División celular
- Síntesis de lípidos (membranas)
- Síntesis de pigmentos
- Balance hormonal

- Existen más de 20 mecanismos de acción de herbicidas (Shaner, 2003).
- Herbicidas dentro de seis mecanismos de acción representan al 75% de las ventas de herbicidas (Klausener *et al*, 2007).



# INHIBIDORES SÍNTESIS ÁCIDOS GRASOS

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Granero Plaza San José Central, Costa Rica



1

## Inhibidores ACCasa (Acetil CoA Carboxilasa)

### Ariloxifenoxi propionatos

Fenoxaprop  
Fluazifop  
Haloxifop  
Quizalofop  
Cyhalofop

Furore  
Fusilade  
Galant  
Assure  
Clincher

### Ciclohexanodionas

Cletodim  
Setoxidim  
Profoxidim

Select  
Poast  
Aura

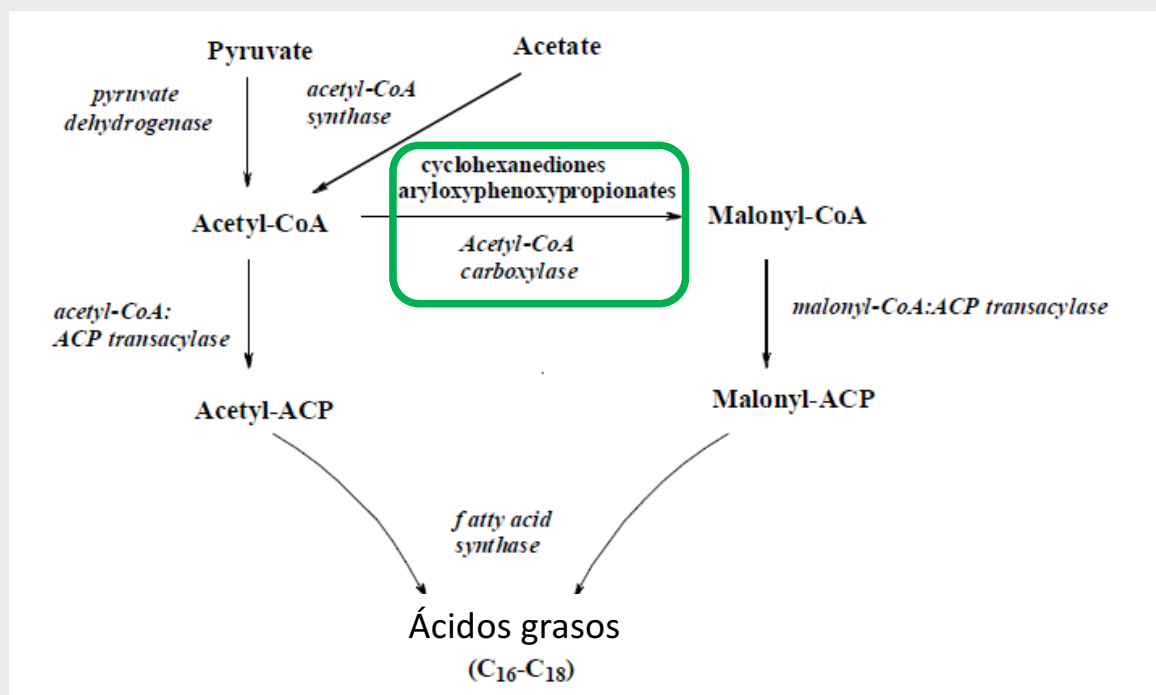
# Inhibidores ACCasa

- Herbicidas post-emergentes
- Rápida absorción por las hojas
- Se activan al pasar a la forma ácida
- Sistémicos (se mueven en el floema)
- Controlan gramíneas
- No tienen efecto residual en el suelo

# Inhibidores ACCasa

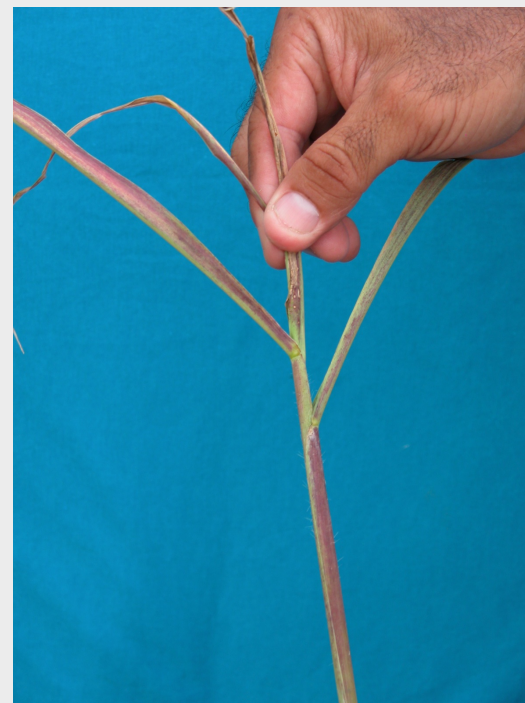
- Selectivos a cultivos de dicotiledóneas
- La selectividad está basada en diferencias en la ACCasa





Representación esquemática de la biosíntesis de ácidos grasos

- Los síntomas se desarrollan lentamente y puede tomar de 5 a 10 días en que aparezcan. Las hojas nuevas se tornan amarillas o pálidas y después mueren.
- Las hojas y los tallos suelen también mostrar una coloración rojiza.



- El cogollo se desprende fácilmente cuando se hala.



# INHIBIDORES SÍNTESIS AMINOÁCIDOS

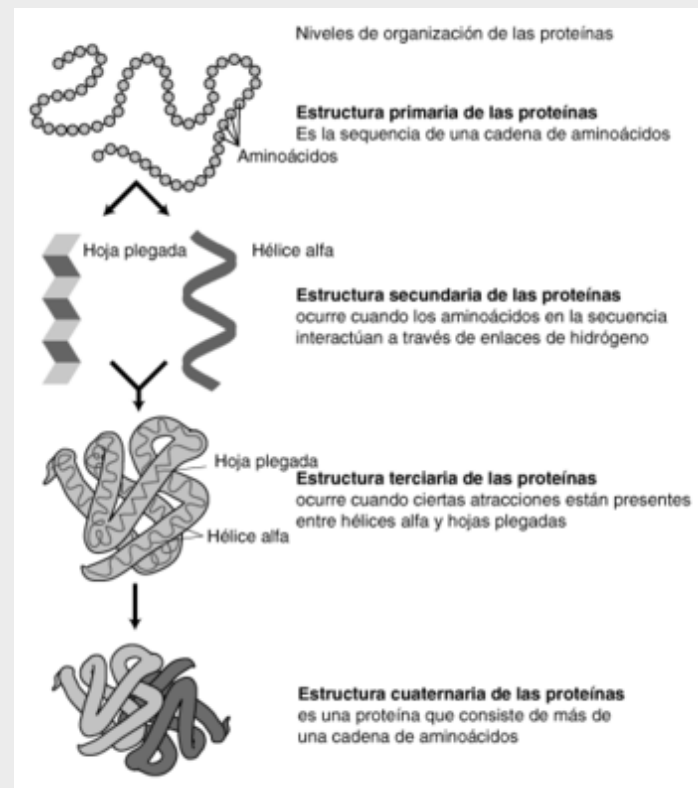
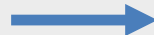
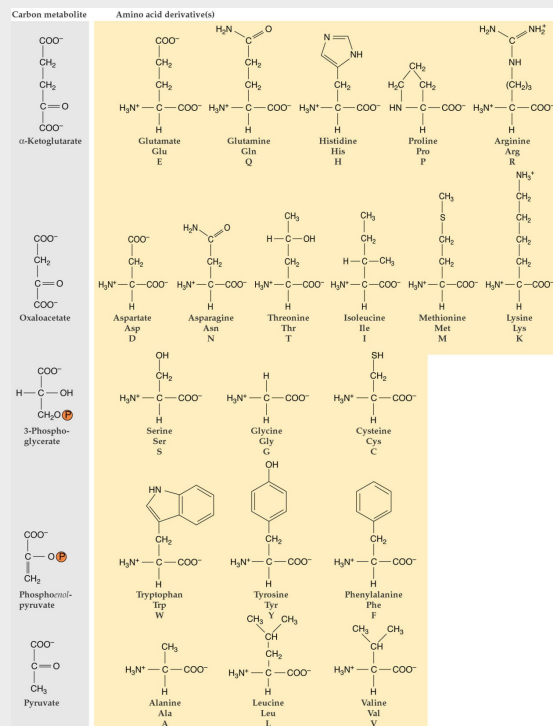
Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica





## Aminoácidos



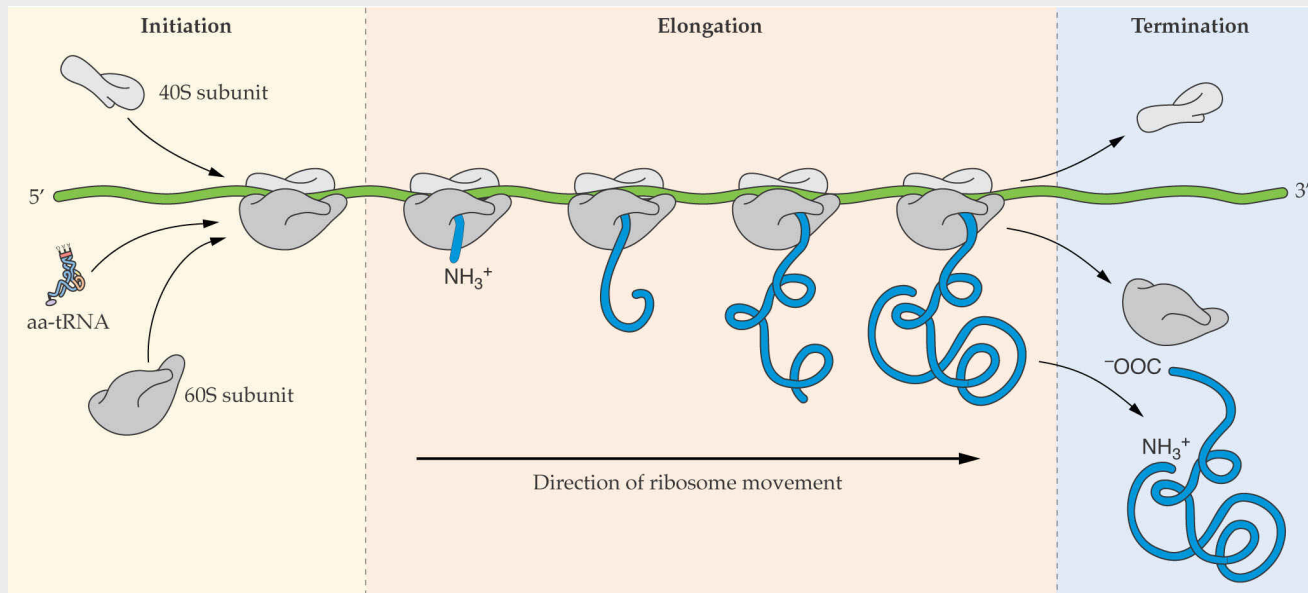


Diagrama de la síntesis de proteínas en los ribosomas

# INHIBIDORES DE SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS

## **AMINOÁCIDOS DE CADENA RAMIFICADA**

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



2

## Inhibidores ALS

(Acetolactato sintetasa)

### Sulfonilureas

Metsulfuron	Ally
Pyrazosulfuron	Sirius
Nicosulfuron	Accent
Etoxysulfuron	Skol
Bensulfuron	Londax
Halosulfuron	Sempre
Cyclosulfamuron	Oryza
Trifloxysulfuron	Envoke

### Imidazolinonas

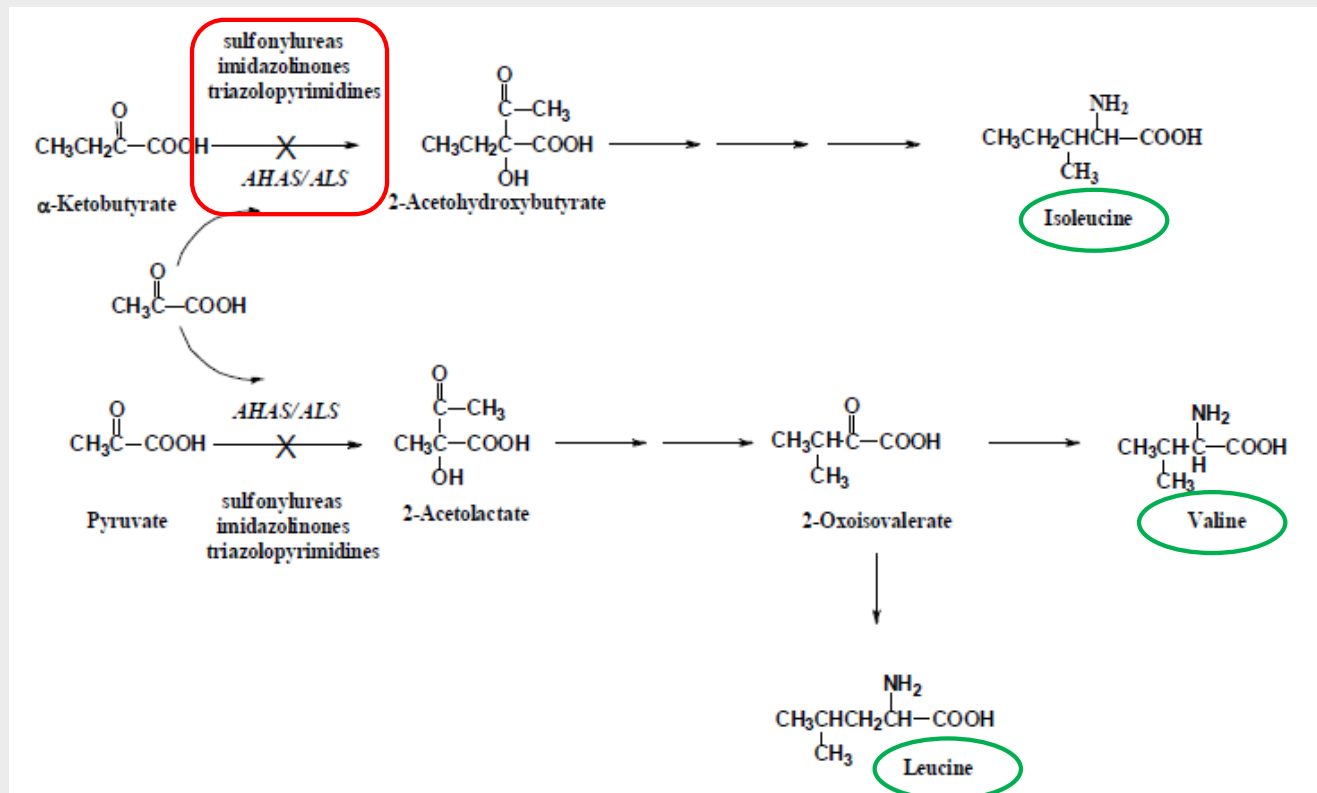
Imazapyr	Arsenal
Imazapic	Plateau
Imazethapyr	Pivot

### Pirimidiniltiobenzos

Bispiribac	Nominee
------------	---------

### Triazolopirimidinas

Penoxsulam	Bengala
------------	---------



Vía biosintética de los aminoácidos de cadena ramificada

# Inhibidores ALS

- Móviles en el floema y algunos también en el xilema
- Algunos tienen efecto residual en el suelo
- Detienen el crecimiento rápidamente
- Los síntomas tardan en aparecer de 5 a 8 días
- Los puntos de crecimiento son los primeros en manifestar clorosis y coloración rojiza



Síntomas de metsulfuron



# INHIBIDORES DE SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS

## **AMINOÁCIDOS AROMÁTICOS**

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica





9

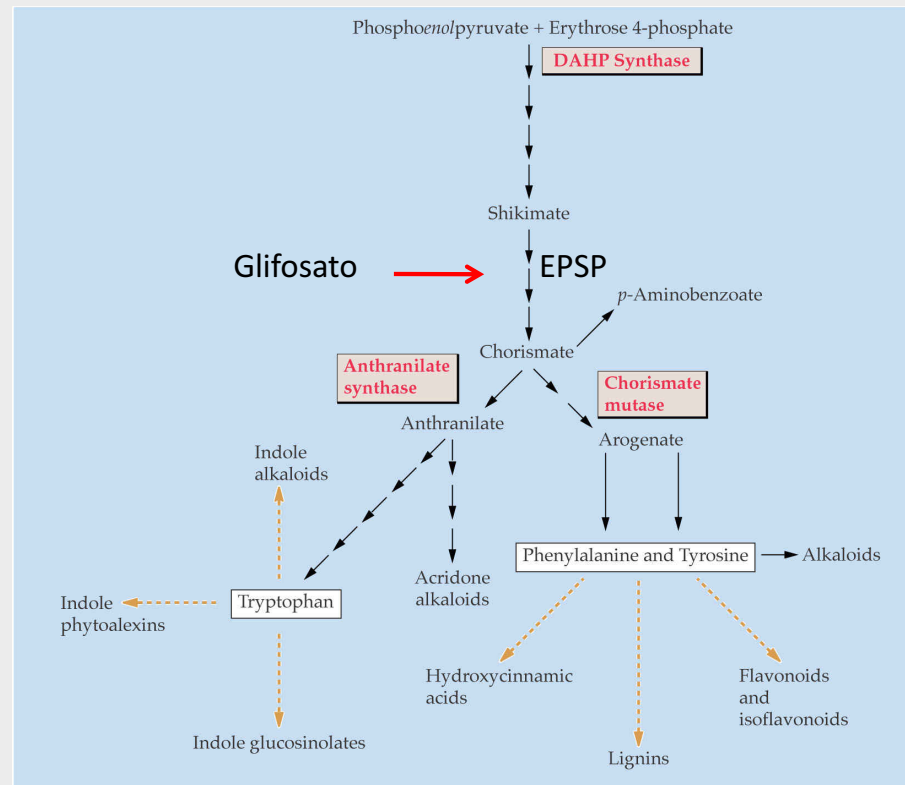
## Inhibidor ESPS sintetasa

(5-enolpyruvyl-shikimate-3 phosphate)

**Fosfonato  
(glicinas)**

Glifosato

Roundup  
Touchdown



Vía del ácido Shikímico. Biosíntesis de aminoácidos aromáticos.

# Glifosato

- Herbicida post-emergente, sistémico, no selectivo
- Absorbido por las hojas y transportado en el floema hacia los puntos de crecimiento
- No tiene actividad residual en el suelo
- El pH ácido favorece su absorción
- Afectado por la dureza del agua



## Síntomas glifosato

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica

  
**ACEM**  
Asociación Costarricense  
para el Estudio de las Malezas

# INHIBIDORES DE SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS

## GLUTAMINA

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



10

## Inhibidores síntesis de glutamina

**Fosforado**

Glufosinato

Basta  
Finale



- Herbicida post-emergente no selectivo.
- Síntomas aparecen en 3 - 5 días e incluyen clorosis y necrosis.
- La aplicación requiere de buena cobertura.
- No tiene efecto residual en el suelo.





- Lo afecta la dureza y sólidos en suspensión en el agua.
- La humedad en el suelo y la luminosidad lo favorecen.
- La presencia de polvo sobre las hojas reduce su eficacia.



# INHIBIDORES DE FOTOSÍNTESIS

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



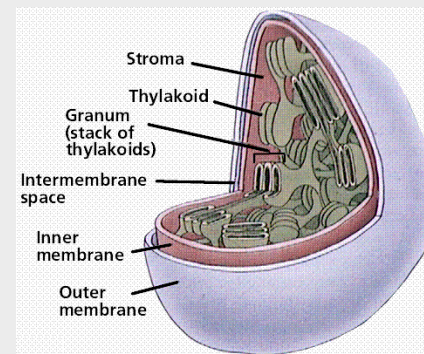
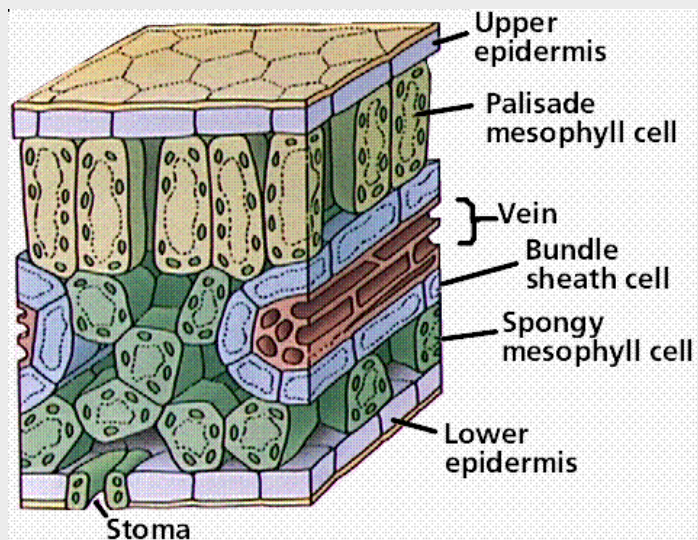
# INHIBIDORES DE FOTOSÍNTESIS

Inhibidores del transporte de electrones en el fotosistema II

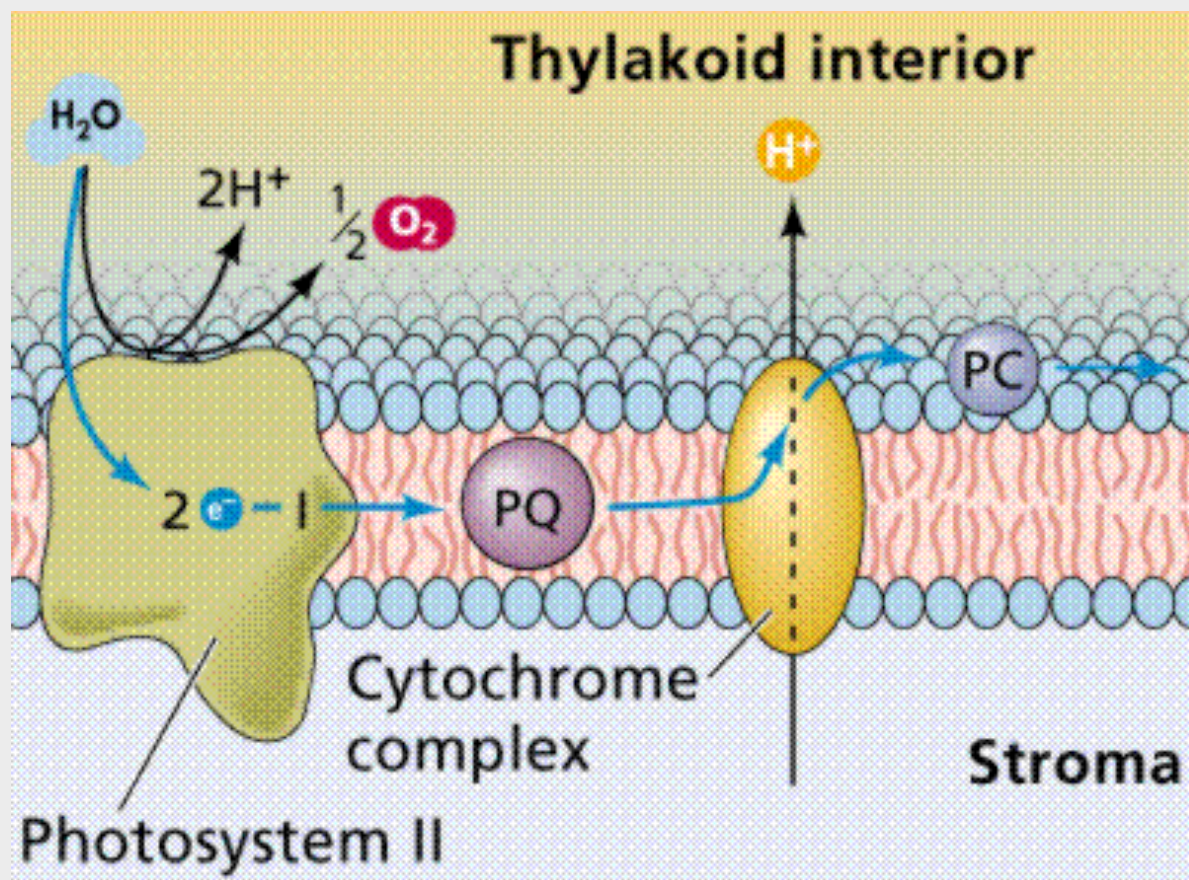
Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica





Cloroplasto





5

**Inhibidores PSII**  
(acople diferente a 6 y 7)

**Triazinas**

Atrazina  
Ametrina  
Terbutrina

Gesaprim  
Ametrex  
Terbutrex

**Triazinonas**

Metribuzina  
Hexazinona

Sencor  
Velpar

**uracilos**

Bromacil

Hyvar

6

**Inhibidores PSII**  
(acople diferente a 5 y 7)

**Nitrilos**

Bromoxinil  
Ioxinil

Buctril  
Actril

**Benzotidiazoles**

Bentazon

Basagran

7

**Inhibidores PSII**  
(acople diferente a 5 y 6)

**Ureas**

Diuron  
Linuron  
Tebutiuron

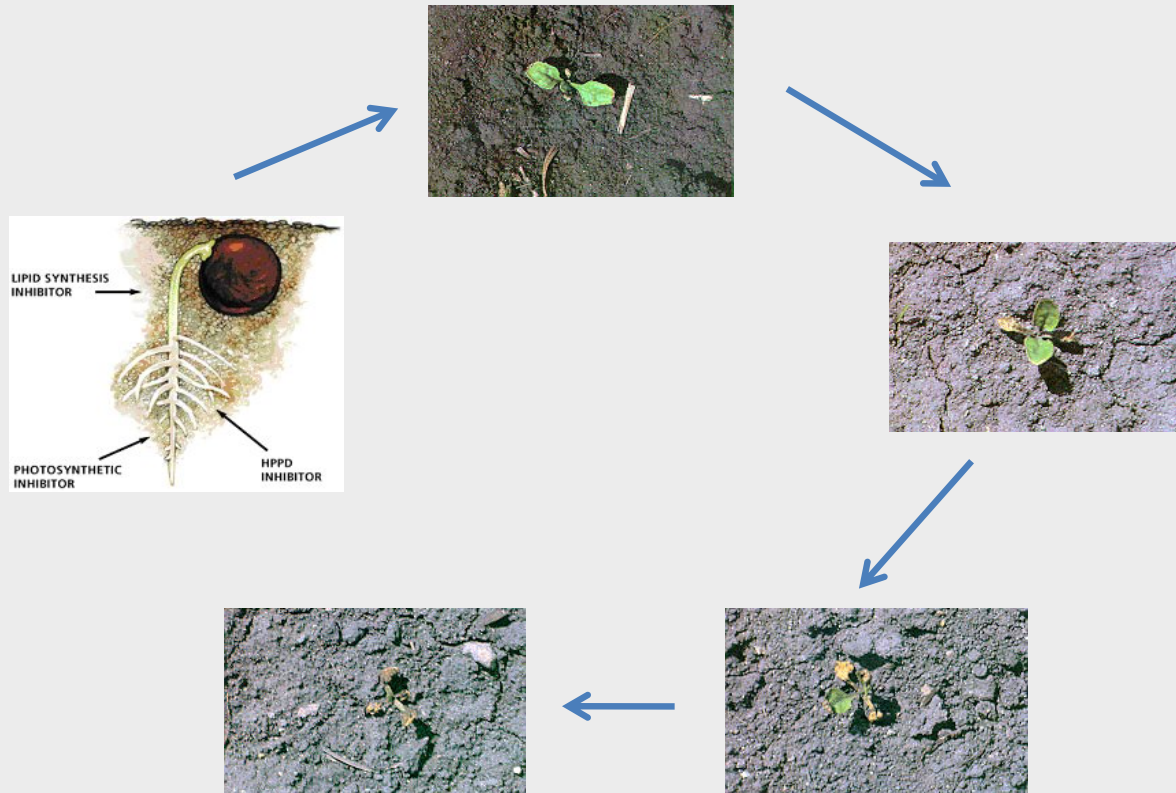
Karmex  
Afalón  
Combine

**Amidas**

Propanil

Stam

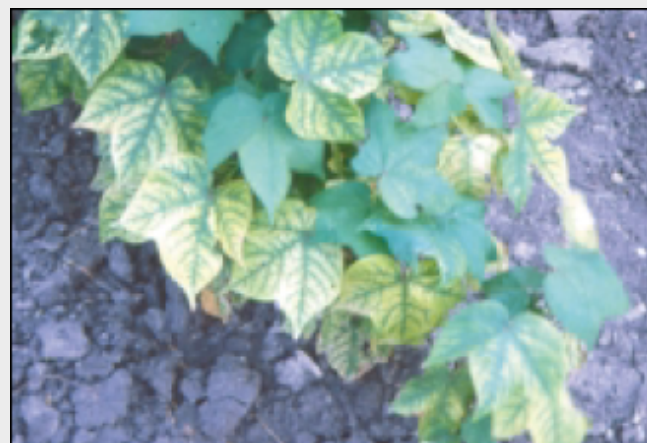
# Herbicidas pre-emergente



Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Corona Plaza San José Central, Costa Rica

  
**ACEM**  
Asociación Costarricense  
para el Estudio de las Malezas





Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



# AFECTACIÓN MEMBRANAS CELULARES

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



# AFECCIÓN MEMBRANAS CELULARES

Aceptores de electrones en el fotosistema I

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



22

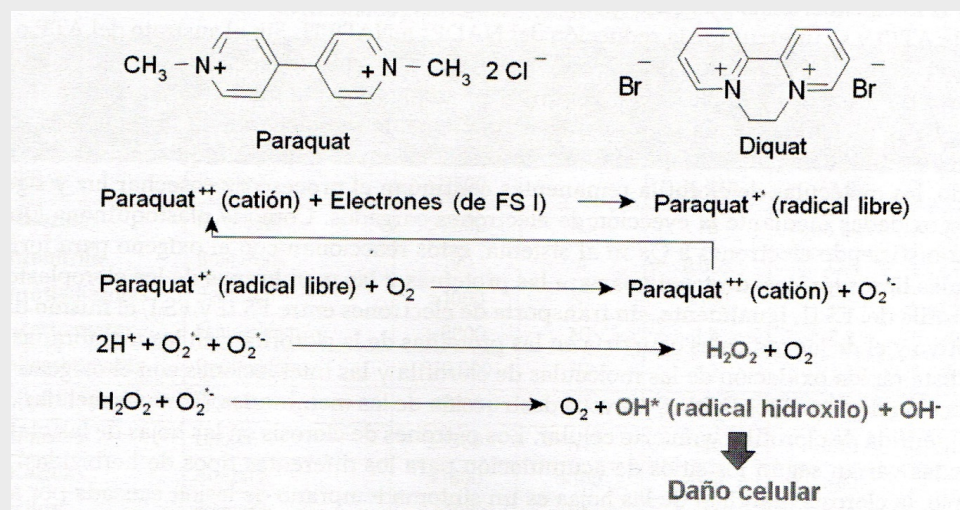
## Fotosistema I

(Aceptores de electrones)

Bipiridilos

Paraquat  
Diquat

Gramoxone  
Reglone



Mecanismo de acción del paraquat y el diquat.  
 Según Stephenson y Solomon, 2014.

- Herbicida post-emergente de contacto
- Una alta luminosidad acelera su efecto
- Requiere de buena cobertura del follaje
- La presencia de polvo en las hojas reduce su eficacia
- Se inactiva en el suelo



# **AFECCIÓN MEMBRANAS CELULARES**

Inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica





14

## Inhibidores PPO

(Protoporfirinógeno oxidasa)

### Difenileter

Oxyfluorfen  
Fomesafen  
Lactofen

Goal  
Flex  
Cobra

### Aril triazinona

Carfentrazone  
Sulfentrazone

Affinity  
Boral

### Oxadiazol

Oxadiazon  
Oxadiargyl

Ronstar  
Raft

### Pirimidinediona

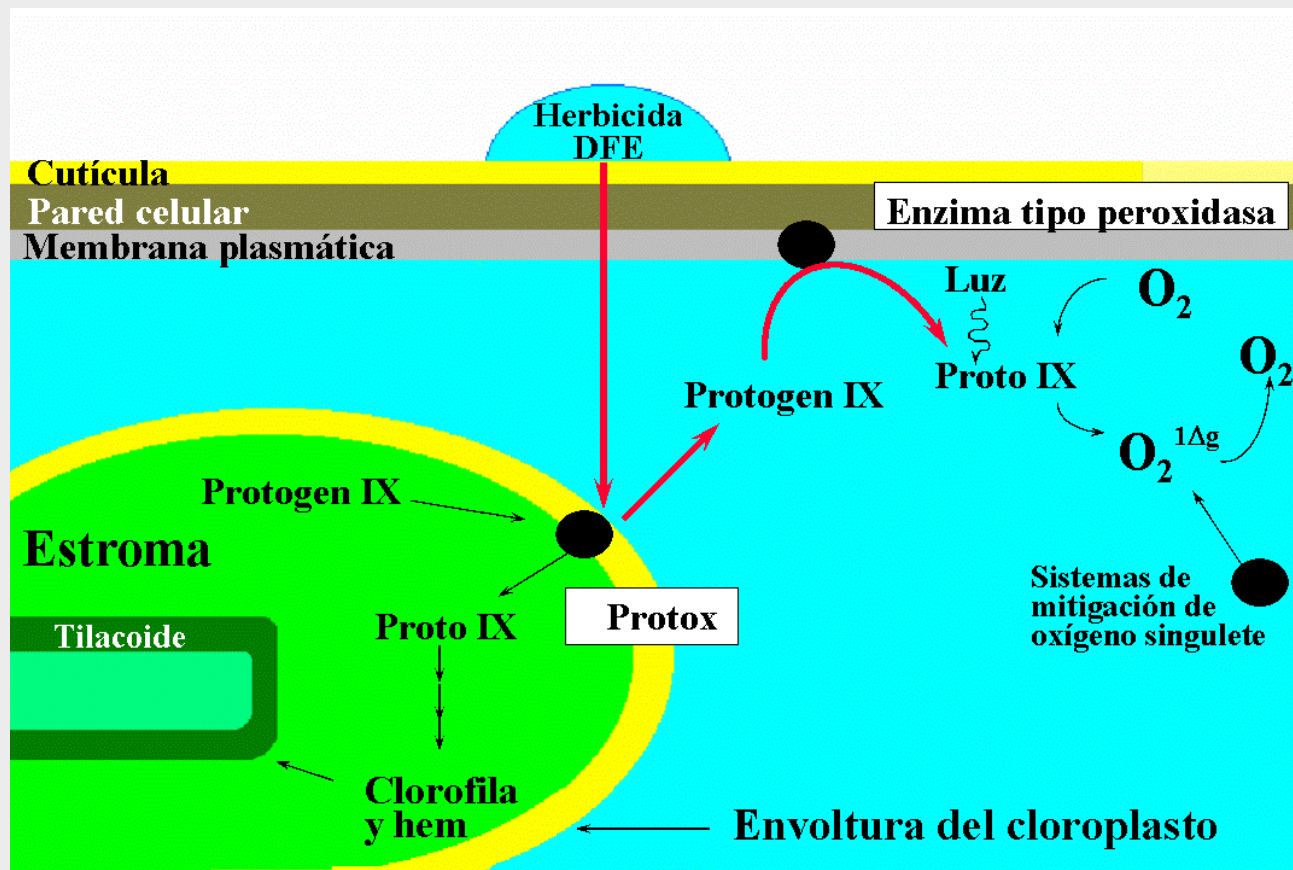
Saflufenacil

Heat

### N-feniltalimida

Flumioxazin

Sumisoya



# INHIBIDORES DEL CRECIMIENTO

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**  
15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



# INHIBIDORES DEL CRECIMIENTO

Inhibidores de la polimerización de la tubulina

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



3

## Inhibidores ensamble de microtúbulos

### Dinitroanilinas

Pendimetalina

Prowl

Trifluralina

Treflan

Oryzalina

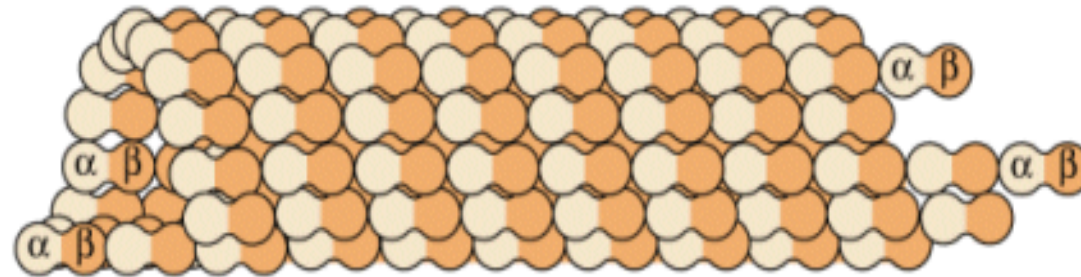
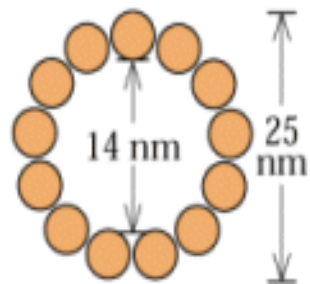
Oryzalin

# Dinitroanilinas

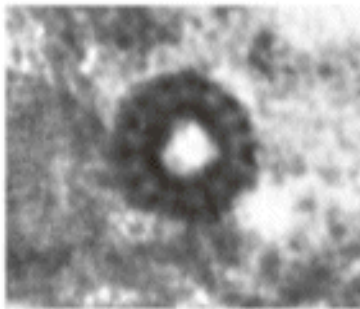
- Herbicidas pre-emergentes
- Insolubles en agua
- Poco móviles en el suelo
- No son sistémicos
- Inhiben la formación de los microtúbulos
- Absorbidos por las raíces o por el brote
- No inhiben la germinación



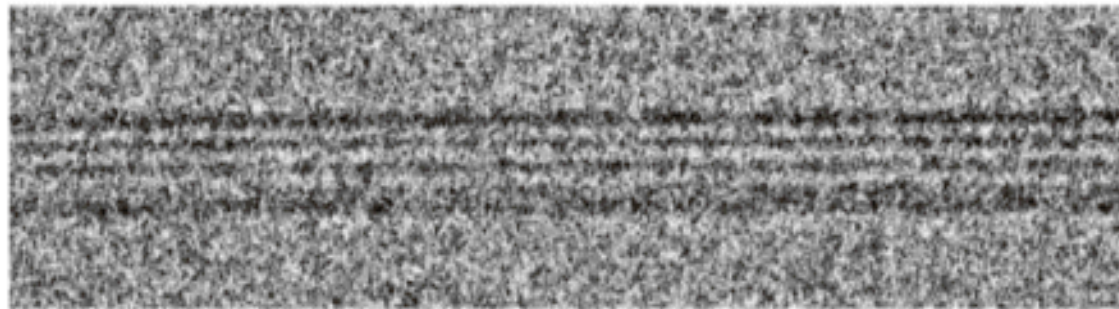
(B)



(C)

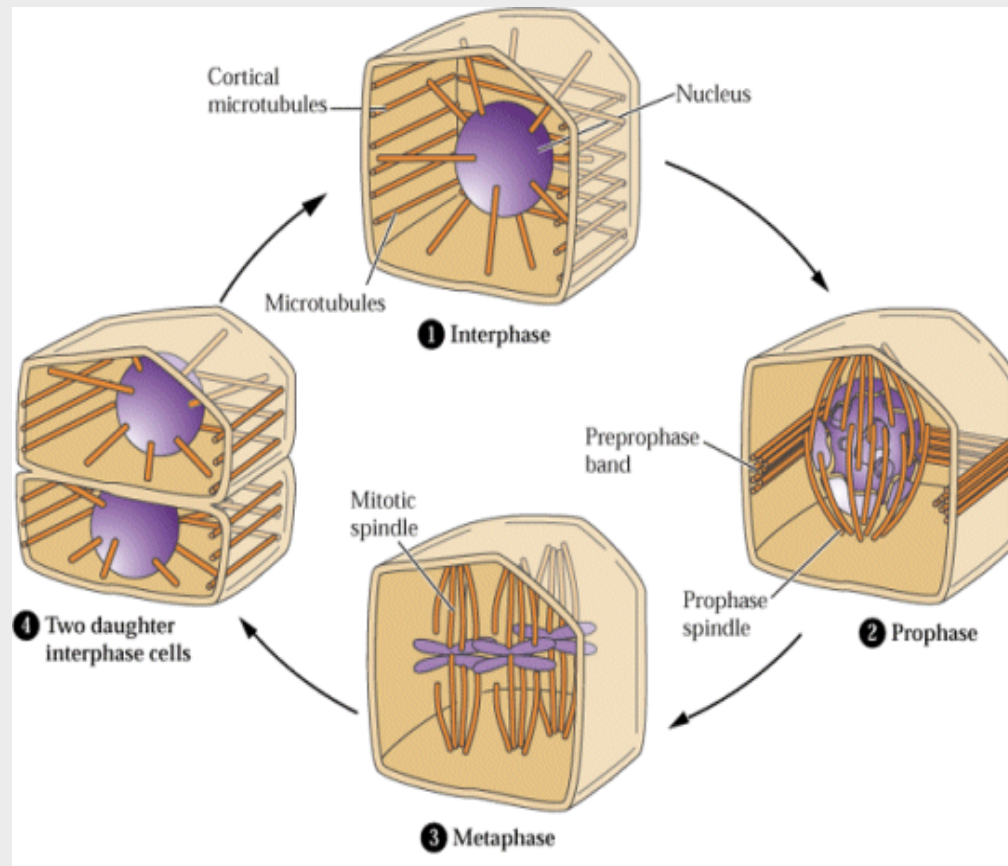


(D)



Microtúbulos





Ciclo de los microtúbulos

# INHIBIDORES DEL CRECIMIENTO

Inhibidores del crecimiento del brote

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



8

## Inhibidores Lípidos

(No ACCasa)

### Tiocarbamatos

EPTC

Thiobencarbo

Molinato

Erradicane

Bolero

Ordram

15

## Inhibidores Ácidos grasos de cadena larga

### Cloroacetamidas

Acetoclor

Alaclor

Metolaclor

Pretilaclor

Harness

Lazo

Dual

Rifit

- Herbicidas de acción pre-emergente
- La mayoría de las malezas susceptibles no emergen
- Las gramíneas que logran emerger presentan hojas malformadas y enroscadas



Hormonales

# AUXINAS SINTÉTICAS

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cumbre Plaza San José Central, Costa Rica



4

## Axinas sintéticas (Hormonales)

### Fenoxi

2,4-D  
MCPA

Fullmina  
Fenoxal

### Benzoico

Dicamba

Banvel

### Piridin carboxílico

Fluroxypyr  
Triclopyr  
Picloram  
Aminopyralid

Plenum  
Garlon  
Tordon  
Pastar

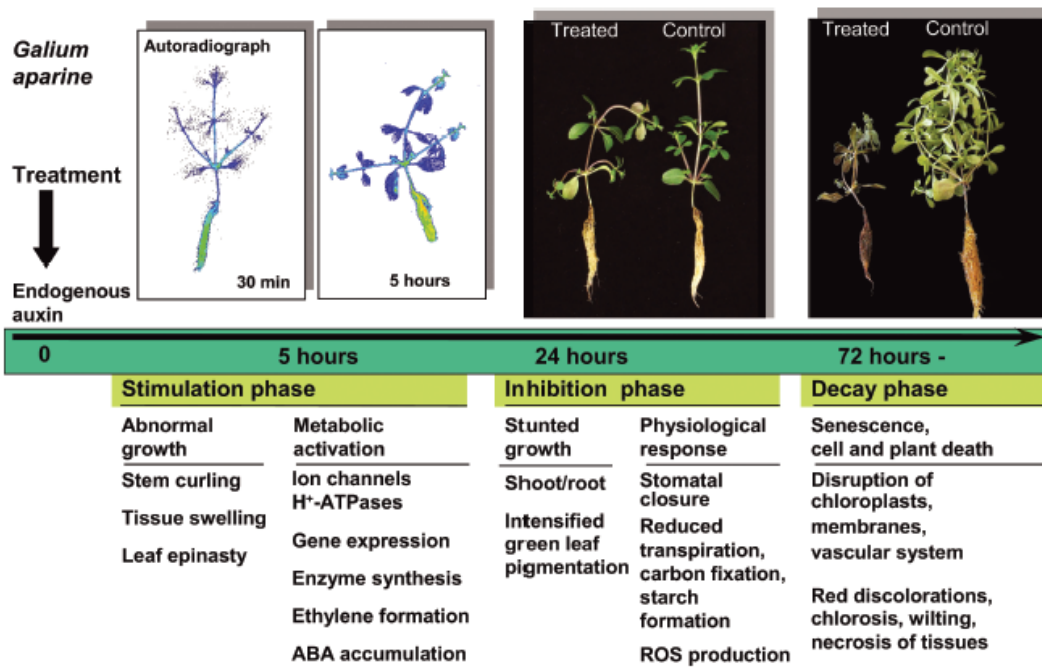
### Quinolin carboxílico

Quinclorac

Facet

- Las auxinas son hormonas naturales que regulan el crecimiento de las plantas al modular la expresión de genes que conducen a cambios en la división celular, la elongación y la diferenciación.
- Las células perciben la señal de las auxinas por medio de un receptor identificado como proteína F-box TIR1 (Inhibidor del transporte 1), el cual es parte de un complejo proteínico ( $SCF^{TIR1}$ ) (Tan *et al.*, 2007).
- Las auxinas sintéticas se unen también a TIR1.





Las tres fases de la respuesta a herbicidas auxínicos

- La aplicación de herbicidas auxínicos provoca un desbalance hormonal que induce:
- División celular descontrolada, epinastia, destrucción de tejidos vasculares, proliferación de raíces en el tallo.



- Los herbicidas hormonales se utilizan para controlar malezas de hoja ancha en pastos y en cultivos como arroz y caña de azúcar
- A bajas dosis pueden mejorar la eficacia de las sulfonilureas



# INHIBIDORES SÍNTESIS DE PIGMENTOS

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



12

## Inhibidor PDS

(phytoene-desaturase)

**Anilidas**  
**Piridazinonas**

Diflufenican  
Norfluorazon

Tuken  
Zorial

13

## Inhibidor DOXP

(1-deoxy-D-xyulose-5-phosphate synthase)

**Isoxazolidinonas**

Clomazone

Command

27

## Inhibidores 4-HPPD

(4-hidroxyphenyl-pyruvate dioxygenase)

**Isoxasoles**

Isoxaflutole

Merlin

**Tricetonas**

Mesotrione

Callisto

# Inhibidores de pigmentos

- Herbicidas con actividad residual en el suelos
- Absorbidos por las raíces y el brote y transportados en el xilema
- Sin carotenoides, la clorofila es destruida por la luz del sol
- La textura del suelo es importante para la selectividad
- Algunas formulaciones pueden ser volátiles



- Las hojas se tornan amarillas o blancas; a veces traslúcidas
- El crecimiento nuevo viene amarillo o blanco, lo cual indica absorción por la raíz





## Información de Contacto

Email: [garitaisrael@gmail.com](mailto:garitaisrael@gmail.com)

Teléfono: (506) 8338-5837

Apartado postal: 219-3009 Santa Bárbara

Heredia, Costa Rica

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica



# Preguntas y Respuestas

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

15 y 16 de marzo, 2018  
Hotel Cerezo Plaza San José Central, Costa Rica

