

# **USO DE REGULADORES EN CULTIVOS EXTENSIVOS, INTENSIVOS, PASTURAS Y FORESTALES**

Cátedra de Fisiología Vegetal

FCAyF

UNLP

11 de mayo de 2020

# Bases fisiológicas de la acción de los herbicidas

## Definición de Maleza

- “...término genérico antrópico, que califica o agrupa aquellas plantas que, en un momento o lugar dado y en un número determinado, resultan molestas, perjudiciales o indeseables en los cultivos o en cualquier otra área o actividad realizada por el hombre” Rodríguez 1988

## **Características de las malezas**

- COMPITEN POR RECURSOS**
- ESTRATEGIAS DE INVASIÓN O PERPETUACIÓN.  
FOTOBLASTICAS.**
- ALELOPATÍA**

# Clasificación de la malezas

- **Por ciclo de vida:**
  - – Anuales
  - – Bienales
  - – Perennes
- **Por su morfología**
  - – Hoja ancha = Dicotiledóneas
  - – Hoja angosta = Monocotiledóneas

# Algunas características biológicas y fisiológicas de las malezas

- 1.Facilidad de dispersión
- Semillas similares a las de los cultivos (ej.: Avena guacha en cereales, Cúscuta en Alfalfa)
- Estructuras que permiten dispersión por viento, agua, etc.
  
- 2.Capacidad de persistencia
- Elevada producción de semillas
- Prolongado período de viabilidad
- Germinación escalonada
- Plasticidad fisiológica y genética

| • MALEZA                                | Semillas/planta  | Viabilidad en suelo/años |
|---|------------------|--------------------------|
| • <i>Chenopodium album</i>              | 130.000 -500.000 | >39                      |
| • <i>Solanum nigrum</i>                 | 17.800           | >39                      |
| • <i>Stellaria media</i> (Capiquí)      | 15.000           |                          |
| • <i>Portulaca oleracea</i> (Verdolaga) | 10.000           | 30 -40                   |
| • <i>Capsella bursa-pastoris</i>        | 3.500 -4.000     | 16 -35                   |
| • <i>Senecio vulgaris</i>               | 1.100 -1.200     |                          |
| • <i>Avena fatua</i>                    | 100 - 450        | 3 -8                     |

# Herbicidas

- **Son productos químicos que en concentraciones fitotóxicas se utilizan para matar las plantas, inhibir el crecimiento o la germinación de semillas.**
- **Cualquiera de estos tres efectos le permiten al cultivo ganar en la competencia a las malezas.**



# Clasificación de los herbicidas

## 1. Por el momento de aplicación

**pre-siembra:** se aplican antes de sembrar o plantar.

**pre-emergencia:** se aplican después de la siembra pero antes que emerjan las plántulas.

**post-emergencia:** Se aplican después que emerge el cultivo.

# Clasificación de los herbicidas

## 2. Por su traslado en la planta

**-De contacto.** Poseen transporte limitado dentro de la planta ejerciendo la acción fitotóxica en el sitio donde fueron absorbidos.

**-Sistémico.** Se absorben y translocan. El traslado puede ser por el apoplasto, el simplasto, o ambas vías.

# Clasificación de los herbicidas

## 3- Por familia química

- triazinas, dinitroanilinas, fenoxiacéticos, cloroacetamidas, ciclohexanodionas, sulfonilureas y bipyridilos, entre otros

# Clasificación de los herbicidas

## 4- Por su acción sobre distintas especies

- TOTALES
- SELECTIVOS (relacionado con diferencias en el ingreso a la planta, traslado, mecanismo de acción, detoxificación)



# Selectividad de los herbicidas



- **Absorción.** Fenología de la planta, edad, sol/sombra, especies, densidad y tamaño de estomas. Si es por raíz, presencia de coloides en suelo.
- **Traslado.** Especie vegetal
- **Metabolismo.** Conversión de productos inactivos en activos (2,4 DB no afecta a leguminosas)
- **Sitio de acción.** Diferentes enzimas (inhibidores de la ACCasa sólo en gramíneas).
- **Detoxificación.** Triazinas en maíz, forman rápidamente un derivado que se conjuga con glutatión.

## Absorción por el follaje

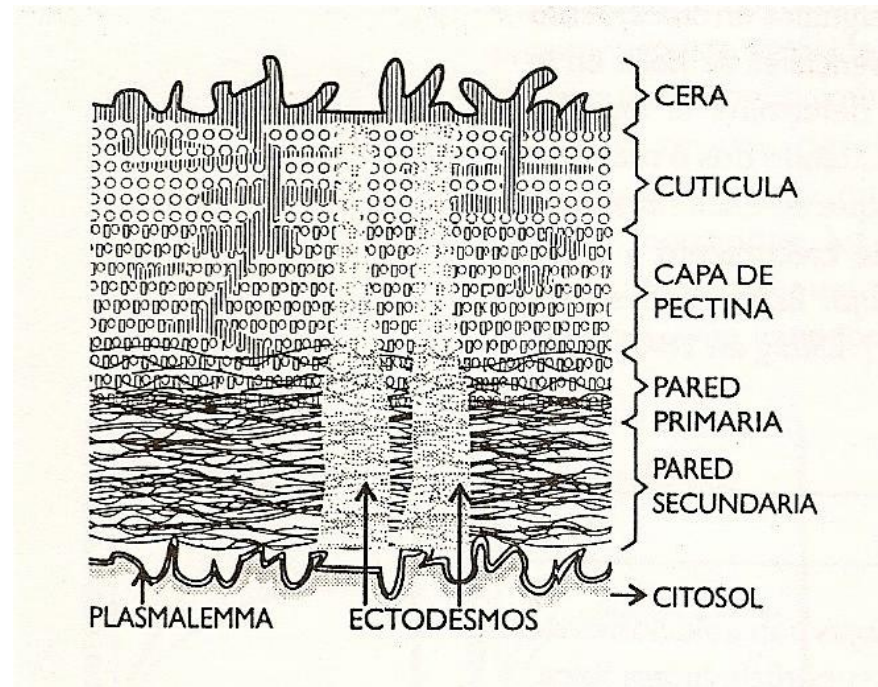
– Cera

– Cutícula

– Ectodermos

– Densidad de estomas

– **Exposición de las hojas.** Erectófilas o planófilas, presencia de ceras, pelos, exposición de las zonas de crecimiento.



## TRASLADO

- Las vías por las que se mueven los herbicidas son las mismas por las que lo hacen los nutrientes y los azúcares, el apoplasto (paredes celulares y xilema) o el simplasto (citoplasma celular, plasmodesmos y floema).
- Hay herbicidas que se mueven sólo por el simplasto, los ejemplos típicos son el 2,4 D y otros del tipo auxínico, su movilidad se ve favorecida por el flujo de fotosintatos pero no es muy rápida.
- Las Triazinas y las Ureas sustituidas se mueven por el apoplasto.
- El Dalapón lo hace por el xilema o el floema, al igual que el Glifosato, el Piclorón y los Clorobenzoicos.

## DETOXIFICACION

- La pérdida de la actividad como herbicida dentro de la planta se conoce como detoxificación.
- La detoxificación puede ocurrir por varias formas, alteraciones en la molécula activa que la transforman en inactivas, por rotura de ligaduras, desprendimiento de átomos, agregado de nuevos átomos o grupos, hidrólisis, reducción, oxidación, etc.
- Pueden ser adsorbidos en coloides y también se pueden acumular en las vacuolas.

Los “antídotos” utilizados inducen la síntesis del tripeptido glutación (en forma diferencial) el cual se conjuga con el herbicida inactivándolo.





# Clasificación de los herbicidas



## 5- Por su mecanismo de acción

### **5.1- Interfieren en el proceso fotosintético**

**Desviadores o aceptores de electrones:** Ej.: Paraquat y Diquat.

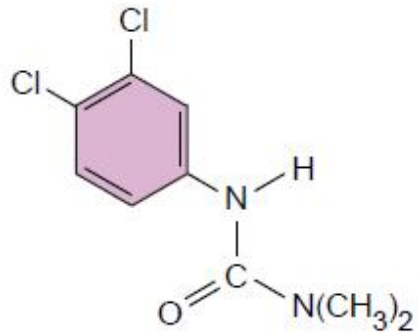
**Inhibidores de transporte de electrones:** Ej.: Simazina, Atrazina, Diuron, etc.

**Desacoplantes de la fotofosforilación:** Ej. : Bromoxinil, Ioxinil, Diclobenil.

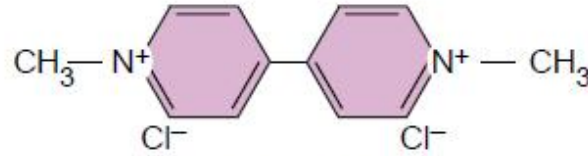
**Inhibidores de la ATP sintasa:** No comerciales.

**Síntesis de carotenoides, indirectamente afectan el desarrollo de los cloroplastos:** Ej.: Metilfluorazona.  
Amitrol

(A)



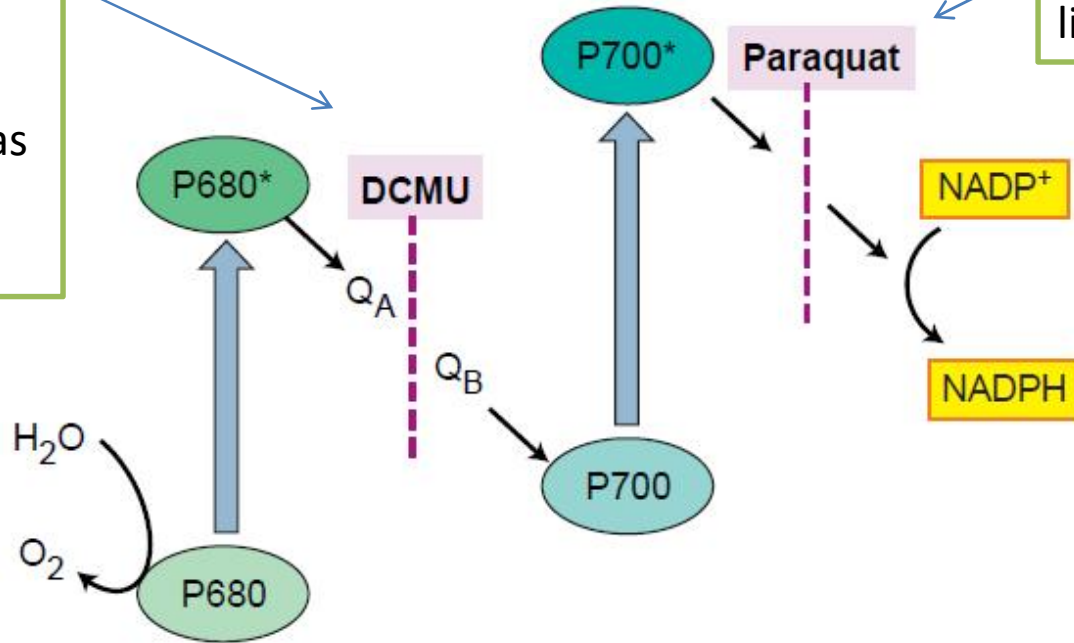
**DCMU** (diurón)  
(diclorofenildimetilurea)



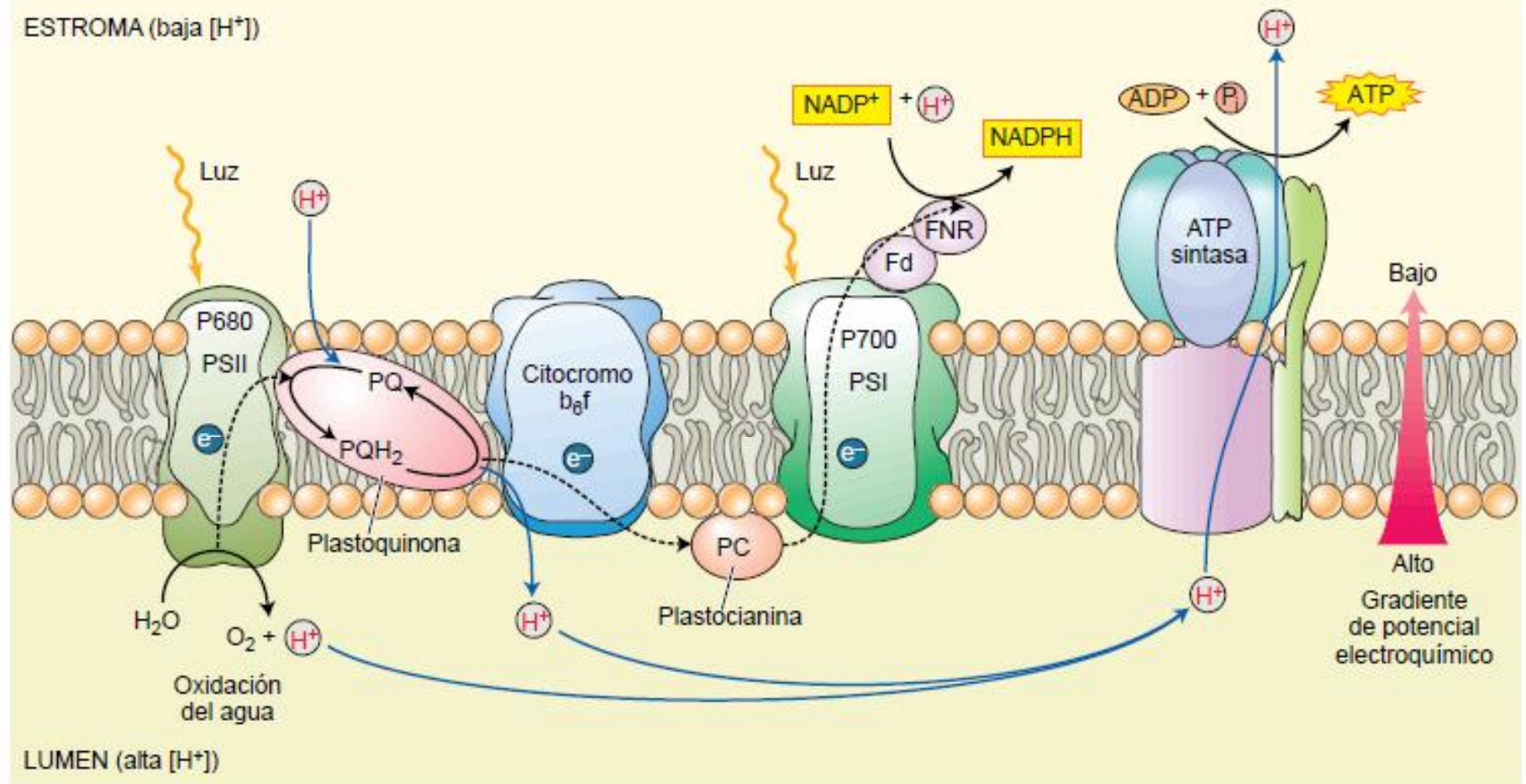
**Paraquat**  
(metilviologen)

Acepta electrones y genera radicales libres

Inhibe el transporte de electrones y genera clorofilas excitadas



ESTROMA (baja [H<sup>+</sup>])



LUMEN (alta [H<sup>+</sup>])

# Clasificación de los herbicidas

## 5- Por su mecanismo de acción

**5.2- Alteran el transporte de electrones y la fosforilación oxidativa en las mitocondrias, o la composición y la integridad de la membrana. Fenilcarbamatos. DNOC**

# Clasificación de los herbicidas

## 5- Por su mecanismo de acción

**5.3- Interfieren en la división celular, producen aberraciones mitóticas, vacuolización y alargamiento celular. Trifluralinas.**

# Clasificación de los herbicidas

## 5- Por su mecanismo de acción

5.4- Compuestos de acción auxínica. 2-4-D,  
picloram

otros que inhiben el transporte de auxinas

# Clasificación de los herbicidas

## 5- Por su mecanismo de acción

### 5.5- Afectan enzimas específicas de la síntesis de aminoácidos.

**Aminoácidos ramificados.** Inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa (ALS) del cloroplasto.  
Sulfonilureas

**Síntesis de glutamina.** Inhibidores de Glutamino Sintetasa en cloroplasto. Glufosinato

**Síntesis de aa aromáticos.** Inhibidores de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS) en cloroplasto. Glifosato

## Condiciones ambientales

- Las condiciones climáticas tienen que ser aquellas que favorecen una alta actividad metabólica, de esta forma los efectos se producen rápidamente resultando más efectivos, disminuyendo además la factibilidad de detoxificación.
- La radiación favorece el traslado del herbicida por el floema conjuntamente con los fotoasimilados, el 2,4D los que lo hacen por simplasto. También favorece a los herbicidas que actúan en la fotosíntesis y los que son aceptores de electrones.
- La **humedad** favorece la hidratación de la cutícula y de esta forma la penetración de herbicidas con grupos polares; también el **flujo transpiratorio** y traslado de los herbicidas que lo hacen por el apoplasto.
- La **temperatura** aumenta el metabolismo.
- Las **lluvias** lixivian el producto tanto de la hoja como del suelo.
- **Viento**, distancia a otros cultivos, de acuerdo a su velocidad y al equipo utilizado (terrestre o aéreo).



# Antídotos

- Son compuestos capaces de proteger un cultivo de la acción de un herbicida, permitiendo la acción fitotóxica sobre las malezas. Se comercializan junto con el herbicida, activan la síntesis de glutatión y su conjugación con el herbicida, perdiendo de esta forma su actividad, de manera diferencial con el cultivo y no con las malezas.
- MON-13900 induce la síntesis de glutatión en cultivos de maíz, sorgo y otras gramíneas. CGA-123407 en arroz. R-29148 en maíz.
- Inducen la síntesis de enzimas que detoxifican a los herbicidas como el Flurazole en cultivos de sorgo.
- CGA-185072 induce la hidroxilación del herbicida CGA-184.927 y su posterior conjugación con la glucosa. Protege a los cultivos de trigo, centeno y triticale.
- HOE-70542 en cultivos de trigo, centeno y triticale, acelera la detoxificación del herbicida Fenoxaprop, el que actúa inhibiendo la enzima clave del metabolismo de los lípidos Acetil Co A Carboxilasa (ACCase).

## MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD

- BROMOXINIL
- Algodón, tabaco, canola y trébol rojo.
- El herbicida actúa sobre Fotosistema II. Proteína D1 impidiendo la unión de la Plastoquinona B (QB). Corta el flujo de electrones.
- La resistencia se logra al transferir el gen de una bacteria (bxn) que degrada al grupo nitrilo impidiendo la unión con la Proteína D1.

## MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD.

- GLUFOSINATO
- Algodón, arroz, maíz, soja, remolacha azucarera y canola.
- El herbicida actúa inhibiendo la glutamina sintetasa, que es la enzima que convierte al glutamato más amonio en glutamina, acumulándose amonio, que es un desacoplante de la fotosíntesis y de la respiración.
- La tolerancia está dada por un gen que codifica una enzima que acetila al Glufosinato convirtiéndolo en no tóxico.

## **MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD.**

- GLIFOSATO
- Algodón, maíz, soja, remolacha azucarera, canola y hay otras especies pero todavía no se logra una variedad comercial de tomate, zanahoria, achicoria y petunia.
- El herbicida es no selectivo, se traslada por aposimlasto y actúa inhibiendo la síntesis de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina y fenil alanina).
- La tolerancia está dada por un gen que codifica una forma bacteriana de la enzima EPSPS.

## MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD

- SULFONILUREA
- Algodón y soja.
- Actua inhibiendo la aceto lactosintasa (ALS) enzima clave en la síntesis de los aminoácidos isoleucina, leucina y valina.
- La tolerancia esta dada por una detoxificación que modifica la unión del herbicida con la enzima.

# Reguladores vegetales

# Auxinas, aplicaciones

- Herbicidas y arbusticidas (hoja ancha)
- Enraizamiento de estacas leñosas
- Evitar la caída de frutos
- Raleo de frutos
- Maduración de frutos (inducción de ACC sintasa)
- Partenocarpia (higos, frutillas, cucurbitáceas, tomate)

# Auxinas, aplicaciones

- Se utiliza la sal sódica del ANA para sincronizar la floración en ananá
- Flores femeninas en cucurbitáceas
- Cultivo *in vitro* de tejidos
- Inhibición de brotación lateral en forestales
- El AIA no se utiliza (enzimas que la oxidan y es fotosensible)



# Aplicaciones comerciales de las auxinas

| <b><u>Nombre químico</u></b>                       | <b><u>Aplicaciones</u></b>                    |
|--|---|
| <b>Acido Indol-3-Butírico<br/>(AIB)</b>            | <b>Enraizamiento</b>                          |
| <b>Acido Naftalenacético<br/>(ANA)</b>             | <b>Enraizamiento</b>                          |
| <b>Acido 4-clorofenoxiacético</b>                  | <b>Cuajado de frutos</b>                      |
| <b>Acido 2,4-Diclorofenoxi<br/>acético (2,4 D)</b> | <b>Modificar el aspecto de los<br/>frutos</b> |
| <b>Acido 2-(1-<br/>Naptalen)acetamida</b>          | <b>Aclareo frutos</b>                         |

# Giberelinas, aplicaciones

- En cítricos retarda la senescencia de los frutos (demora el pasaje de verde a naranja)
- En vid alarga los pedúnculos florales (para evitar enfermedades fúngicas), se obtienen bayas de mayor tamaño y sin semillas
- En manzano para aumentar tamaño y calidad de la fruta
- En Coníferas, para incrementar la producción de semillas
- Rompe la latencia en tubérculos de papa

# Giberelinas, aplicaciones

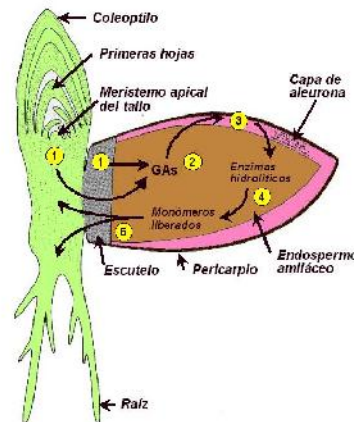
- Aumentan el crecimiento y elongación de los tallos (en caña de azúcar, mayor rendimiento de sacarosa)
- Elongación del escapo floral en alcaucil, que en las plantas en roseta es inducido por el fotoperíodo de día largo
- Inducción de floración en plantas de día largo cultivadas en época no apropiada
- Rompen la dormición de yemas en frutales

# Giberelinas, aplicaciones

- Crecimiento y desarrollo de frutos, Partenocarpia (damasco, cereza)
- Estimulan germinación de numerosas especies, y en cereales movilizan reservas para crecimiento inicial de la plántula (industria de la malta)
- Inducen formación de flores masculinas en plantas de especies diclinas
- Reemplaza la necesidad de horas frío (vernalización) para inducir la floración en algunas especies (hortícolas en general)

# Giberelinas, aplicaciones

- Romper la dormición en semillas
- Pueden sustituir los requerimientos de frío o luz para germinar
- Intervienen en la movilización de reservas que sustenta el crecimiento inicial de las plántulas

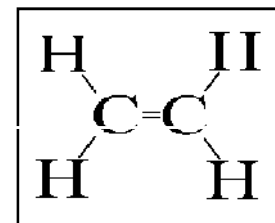


# Citocininas

- Retrasan la senescencia (en flores y hortalizas de hoja)
- La relación auxina/citocinina regula la morfogénesis en cultivos de tejidos. En la industria de la micropropagación para promover brotes de las yemas axilares y tallos adventicios
- Modifican la dominancia apical y promueven el crecimiento de yemas laterales (manzano, rosales)
- En combinación con GAs controlan tamaño y forma de frutos

# Efectos fisiológicos etileno

- Estimula la germinación de semillas
- Inhibe el crecimiento del tallo y de la raíz
- Controla las respuestas al estrés
- Participa en la diferenciación radical
- Controla la maduración de frutos



# Etileno, aplicaciones

- Es una de las fitohormonas más ampliamente utilizadas en agricultura
- El compuesto químico más ampliamente utilizado es el ethephon o ácido 2-cloroetilfosfónico (nombre comercial Ethrel), en solución acuosa, fácilmente absorbible y transportado al interior de la planta. Libera etileno lentamente y produce la maduración de manzanas y tomates, así como el cambio de color en cítricos, y acelera la abscisión de flores y frutos.
- AVG y STS inhiben la síntesis o acción del etileno y retardan la maduración de frutos



## USO DE REGULADORES EN CULTIVOS EXTENSIVOS, INTENSIVOS, PASTURAS Y FORESTALES

- Inhibidores de dormición de semillas y yemas. Los reguladores que se utilizan para romper la dormición de las yemas son principalmente **giberelinas y citocininas**.
- Prolongación del reposo de yemas **inhibidores**, dependiendo del costo de aplicación, o con antigiberelinas (CCC, Phosfon-D, Alar).

# Dormición y brotación en papa

- Cuando los tubérculos deben almacenarse por períodos prolongados con destino al consumo fresco o para la industria, deben ser conservados a temperaturas entre 6 a 10 °C, pero a la vez se deberá evitar la brotación.
- **Inducción de dormición:**
- **ClIPC se aplica como producto comercial al 50 % sobre los tubérculos almacenados a razón de 100 ml.Tn-1 de tubérculos.**
- **Ester metílico del  $\gamma$ -ANA que se aplica a razón de 25 mg.Tn-1 de tubérculos.**
- **Hidrazida maleica (HM) Inhibidor de brotación que se aplica sobre el follaje entre 10 a 15 días, previo a la cosecha, el cual se traslada a los tubérculos e inhibe su brotación posterior. La HM se aplica a razón de 1000-2500 ppm. ha-1 hasta goteo.**

## HM (Hidrazida maleica) Inhibidor de la brotación

- **CEBOLLA**
  - Antes de la cosecha (aproximadamente 15 días) inhibe la posterior brotación de los bulbos. La HM se aplica a razón de 1000-2500 ppm hasta goteo.
- **PAPA**
  - La HM se aplica a razón de 1000-2500 ppm hasta goteo, sobre el follaje entre 10 a 15 días, antes de la cosecha. Estos tubérculos no podrán utilizarse como papa semilla.

## **CIIPC:** Inhibidor de la brotación

- **PAPA:**  
Como producto comercial al 50 % sobre los tubérculos almacenados a razón de 100 ml.Tn-1 de tubérculos.
- **BATATA:**  
Como producto comercial al 50 % sobre los tubérculos almacenados a razón de 100 ml.Tn-1 de tubérculos.

**Ruptura de la Dormición:**

**Aplicaciones de GA3 en concentraciones de 50 a 100 ppm.**

**Tratamientos de citocinina entre 10 a 100 ppm.**

## INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN: ANANA

- Pequeñas concentraciones de auxinas inducen la floración mientras que altas la inhiben.
- La única auxina que no es efectiva es el AIA, esto se explica dado que enzimas, como la AIA oxidasa, y la luz la destruyen.
- Se utiliza la sal sódica de ANA en concentraciones de 20 ppm.
- El 2,4-D se usa en concentraciones entre 5 a 10 ppm.
- El etileno en agua da mejores resultados. Tratamientos con ethefon da buen resultados.

## **Inducción de floración en plantas bienales: GA<sub>3</sub>**

- **Hortalizas de hoja que requieren un tratamiento en frío o días largos para florecer, responden a las giberelinas.**
- **Se induce a florecer por medio de giberelinas a plantas bienales: zanahoria, remolacha, col, lechuga, acelga, achicoria.**
- **Los resultados indican que los requisitos de bajas temperaturas en la floración de plantas bienales, pueden reemplazarse parcial o totalmente, por medio de una o varias aspersiones foliares de giberelinas en concentraciones de 100 a 1000 ppm.**

**Inducción de floración en plantas anuales de **día largo**  
cultivadas en régimen de **día corto**: GA<sub>3</sub>**

- **Todas las especies de DL cultivadas en DC responden al tratamiento con GA. En algunos casos requieren varias aplicaciones.**
- **Concentraciones. Varían entre 100 y 1000 ppm.**



# ABSCISIÓN

- **Control hormonal de la abscisión de las hojas en cultivos agrícolas. Algodón, PARAQUAT como defoliante. 300 g/ha.**
- **En frutales manzanas, durazno, pera, ciruela, ETHEFON antes de la cosecha 500-2000 ppm.**

# Bibliografía consultada

- Guía de Cátedra “Reguladores vegetales y herbicidas” D. Gimenez, J. Beltrano
- Manejo de malezas problema. Modo de acción herbicida. P. Diez de Ulzurrun, Ed. REM – AAPRESID
- Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en Plantas. Alvaro Anzalone. Univ. Centroccidental Lisandro Alvarado