

# Aplicaciones y Perspectivas para el uso de Bioestimulantes o Biorreguladores en Agricultura

## Antonio Luiz Fancelli

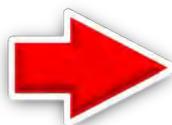
Ing. Agr., MSc, Dr., Consultor y CEO de Fancelli & Asociados – Consultoria Agronômica y ex-Professor del Departamento de Producción Vegetal de Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidad de São Paulo

[fancelli@usp.br](mailto:fancelli@usp.br)

## PROCESO DE PRODUCCIÓN

La esencia del proceso de producción agrícola está relacionada con la tasa máxima de fotosíntesis neta que depende de las condiciones de estrés a las que está sometida la planta.

**Asimilación neta de CO<sub>2</sub>**



$$F_{\text{neta}} = F_{\text{bruta}} - (R + FR)$$

**Fotosíntesis**

**Respiración**

**Fotorrespiración**

**EL ESTRÉS ES LA REGLA Y NO LA EXCEPCIÓN**

condicionantes fisiológicas de la  
**PRODUCCIÓN**



HORMONAS

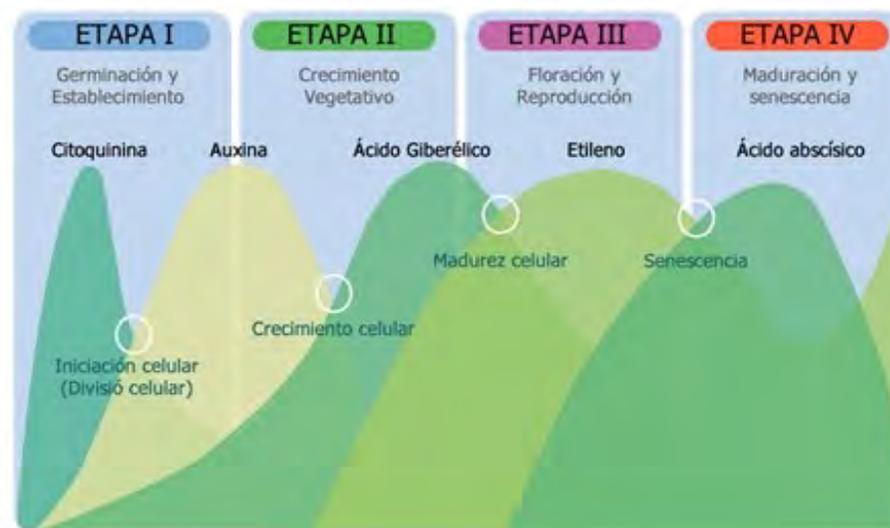
- **Reconocimiento efectivo** (o lectura) de disponibilidad de los **Factores Básicos de Producción**
- Dimensión de la **superficie fotosintética**
- **Duración de la actividad fotosintética**
- **Eficiencia fotosintética**
- **Velocidad** de transporte y **distribución** de fotoasimilados
- **Número y tamaño de los Destinos** (capacidad de acumulación)

## Definiciones y Conceptos

Las **hormonas vegetales** son compuestos orgánicos, no nutrientes, derivados de la síntesis endógena que, en pequeñas cantidades ( $10^{-4}$  a  $10^{-6}$  M), promueven, inhiben o modifican los procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas.

Los reguladores más conocidos pertenecen a los siguientes grupos :

- Auxinas (AX),
- Giberelinas (GA),
- Citoquininas (CK),
- Etileno (ET),
- Ácido abscísico (ABA),
- Brassinoesteroides (BR),
- Jasmonatos (JA) e
- Salicilatos (SA) y
- Poliaminas (PA)



Fonte: Prof. Rafael Rosolen T. Zafred

## Definiciones y Conceptos

- 1 Los **Biorreguladores o Bioestimulantes** son sustancias sintéticas o naturales, exógenas, que cuando se aplican a las plantas, tienen acciones similares a las hormonas vegetales producidas \ por las plantas.
- 2 Los **Biorreguladores o Bioestimulantes** pueden estar asociados a dos o más grupos de sustancias hormonales exógenas o en mezcla con sustancias de otra naturaleza como: poliaminas, aminoácidos, sustancias fúlvicas y húmicas, proteínas especiales, nutrientes, entre otros.



## Definiciones y Conceptos

Los **Bioactivadores** están formados por moléculas químicamente activas capaces de ejercer efectos similares a los biorreguladores, como: extractos vegetales, metabolitos microbianos, aldicarb, tiametoxam, imidacloprid, cianamida hidrogenada, triazoles específicos, varias estrobilurinas y otros.

Los **Bioactivadores** pueden alterar o inducir la síntesis de hormonas endógenas y otros metabolitos activos que interfieren con el metabolismo y en el desarrollo de la planta



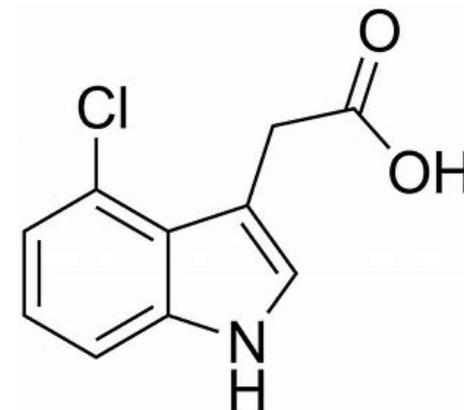
Principales  
grupos de  
hormonas y  
reguladores  
vegetales.

Grupos	Endógeno	Sintético
<b>Auxinas</b>	Ácido Indoliacético (AIA)	Ácido Indolbutírico (IBA), Acido Naftaleno Acético (NAA) 2,4-D
<b>Giberelinas</b>	Ácido Giberélico (GA)	-----
<b>Citocininas</b>	Zeatina	Cinetina Benziladenina (6-BA), Benzilaminopurina (BAP)
<b>Retardadores</b>	-----	Chlormequat (CCC), Daminozide (SADH) Paclobutrazol (PBZ) Ácido 2,3,5-Triiodobenzoico (TIBA)
<b>Inibidores</b>	Ácido Abscísico (ABA)	Hidrazida Maleica (MH)
<b>Etileno</b>	Etileno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	Ethephon

# AUXINAS

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

- a) **Alargamiento celular en células jóvenes** (desarrollo de plantas);
- b) **División celular** (sinergismo con citoquininas);
- c) **Mantenimiento de la dominancia apical;**
- d) **Iniciación radicular y crecimiento radicular;**
- e) **Diferenciación y mantenimiento de tejidos vasculares (xilema y floema);**
- f) Cicatrización de heridas;
- g) Retraso de la senescencia de la hoja;
- h) Regulación del desarrollo de la fruta;
- i) Reducción de la abscisión de las estructuras reproductivas;
- j) Partición de fotoasimilados y
- k) Inducción de movimientos de plantas (Nastismos, tropismos y tigmotropismos).

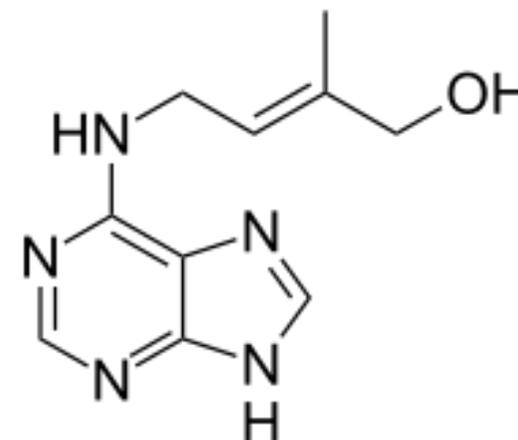




## CITOQUININAS

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

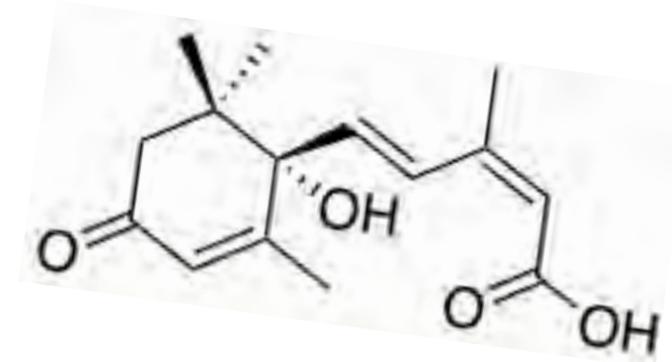
- a) **División celular y diferenciación** (equilibrio con auxina);
- b) **Ruptura de la dominancia apical;**
- c) **Inducción del crecimiento de yemas axilares** (ramas laterales o brotes);
- d) **Desarrollo y protección de cloroplastos;**
- e) **Síntesis de clorofila;**
- f) **Síntesis y aumento de la actividad enzimática del la Rubisco;**
- g) **Definición de el número, tamaño e intensidad de los destinos;**
- h) **Coordinación de la relación fuente-destino y**
- i) **Retraso de la senescencia foliar** (aumento de la duración de la hoja).



## ÁCIDO ABSCÍSICO

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

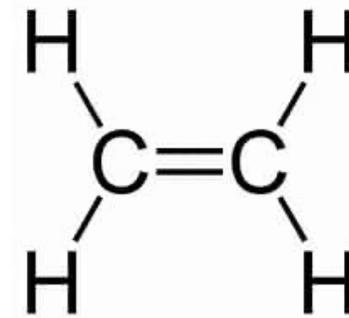
- a) **Control de la pérdida de agua por las plantas;**
- b) **Monitoreo de apertura y cierre estatómico;**
- c) Control de la conductividad hidráulica y el flujo de iones de la planta;
- d) **Desarrollo de semillas;**
- e) Producción de proteínas LEA (protección del embrión);
- f) Latencia de semillas;
- g) Crecimiento de raíces y brotes;
- h) Senescencia foliar y
- i) **Dormência de gemas.**



## ETILENO

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

- a) **Epinastia de hojas;**
- b) Ayuda en la germinación de semillas;
- c) **Estímulo a la floración;**
- d) **Senescencia de hojas y flores;**
- e) Abscisión de hojas, flores y frutos y
- f) **Maduración del fruto**  
(especialmente climaterio).



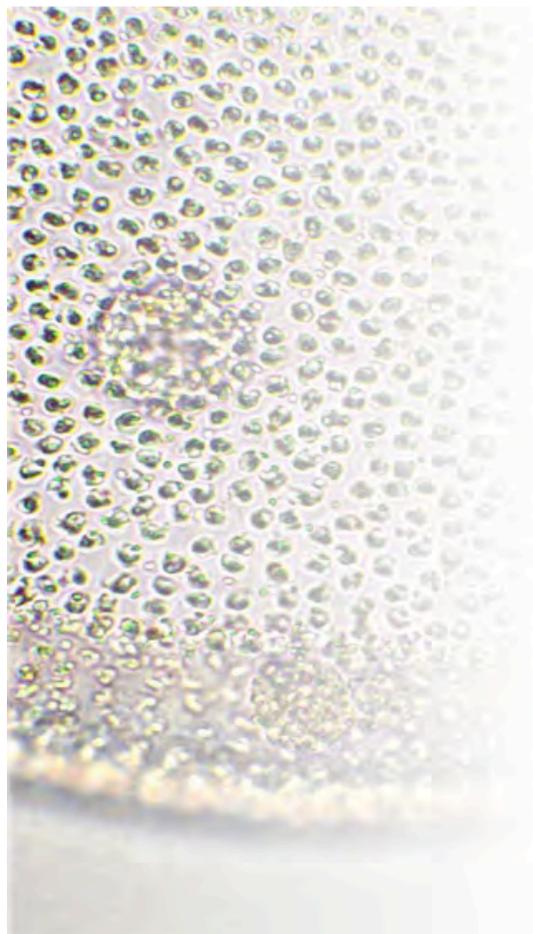
## POR QUÉ USAR BIORREGULADORES O BIOESTIMULANTES

### Razón para el uso de Biorreguladores o Bioestimulantes

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

La planta está programada para perpetuar la especie y transferir sus genes a sus descendientes y, por lo tanto, no necesita e no está preparada para generar altos rendimientos.

El uso correcto de Biorreguladores o Bioestimulantes permitirá que la planta manifieste su potencial genético y, en consecuencia, alcance altas producciones y contribua a la reducción de las brechas de rendimiento. (yield gap)



## POR QUÉ USAR BIORREGULADORES O BIOESTIMULANTES

### Outras Razones para el uso de Biorreguladores o Bioestimulantes

- Permite que las plantas sean más eficientes para aprovechar mejor el potencial del medio ambiente
- Favorece el mantenimiento del equilibrio hormonal
- Promueve la modulación del metabolismo de la planta de forma preventiva
- Prepara la planta para superar situaciones desfavorables

## BIORREGULADORES O BIOESTIMULANTES EN LA VIDA VEGETAL

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br



Los minerales, en forma iónica, son importantes para activar las enzimas; sin embargo, la síntesis de enzimas depende de las hormonas

A pesar de los numerosos productos catalogados como Bioestimulantes y Biorreguladores, los que están compuestos por sustancias hormonales o sus precursores, normalmente, presentan resultados más efectivos.

## USO DE BIORREGULADORES EN LA AGRICULTURA

Las hormonas, predominantemente, actúan de manera asociada y las interrelaciones entre estas sustancias no pueden ser ignoradas.

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

En algunas situaciones, la combinación de muchas señales es esencial por realizar sus efectos.

- ➔ AUXINA+CITOCININA
- ➔ GIBERELINA+CITOQUININA
- ➔ AUXINA+GIBERELINA

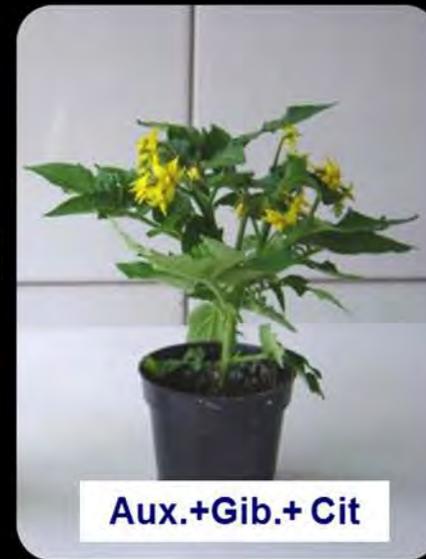
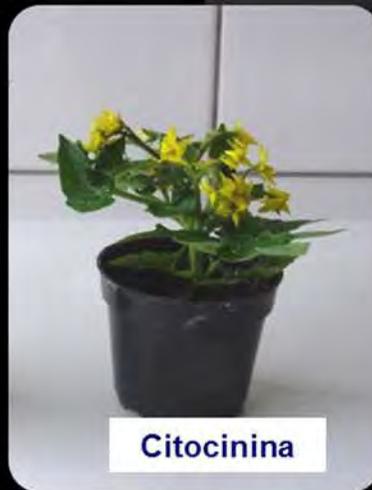


Una hormona puede influir en la biosíntesis de otra.

- ➔ Altas dosis de AUXINA inducen la biosíntesis de ETILENO
- ➔ GIBERELINA puede inducir la síntesis de AUXINA y viceversa
- ➔ CITOQUININA puede reducir la producción de ETILENO por parte de la planta.



Tomate  
Var. Microton



Balanço  
Hormonal

*Cato (2006)*  
*ESALQ/USP*

## Consideraciones Relevantes

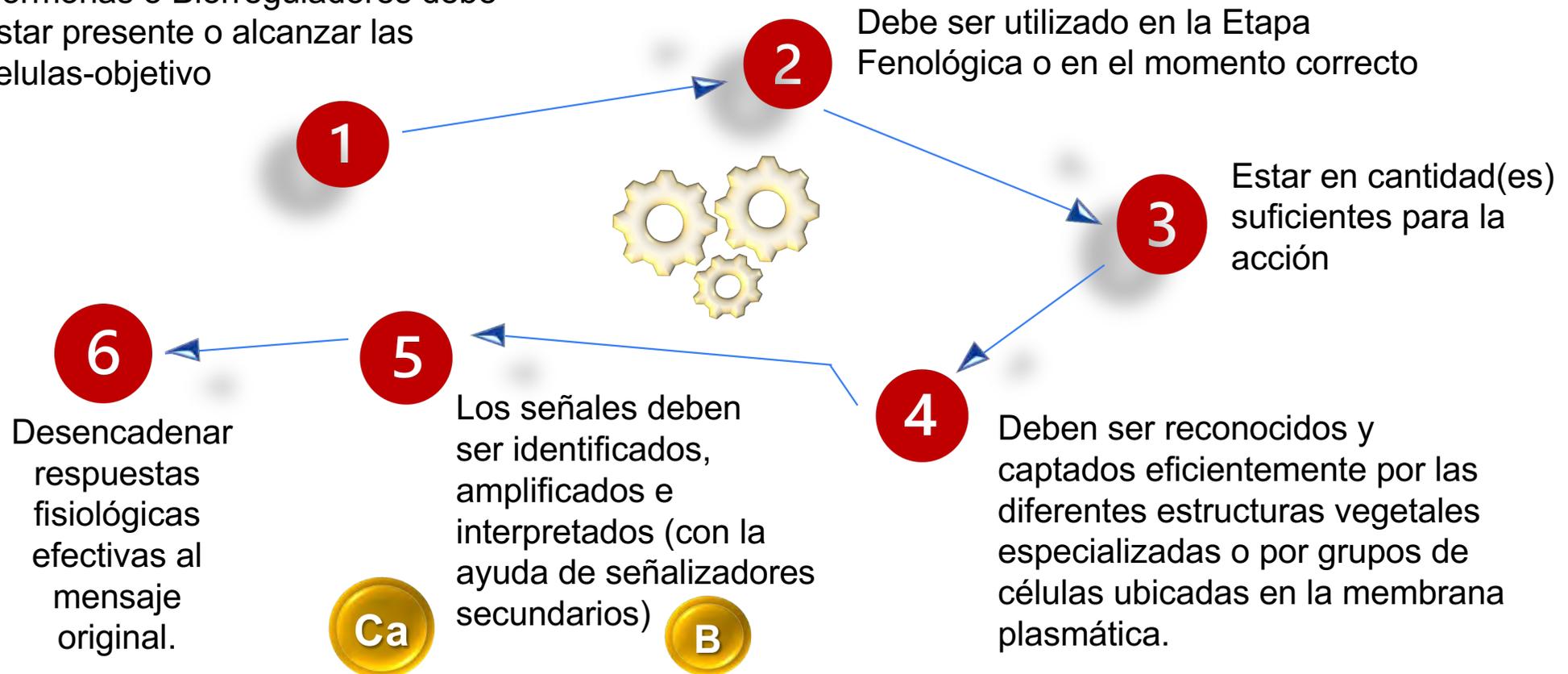
- El uso de Biorreguladores y/o Bioestimulantes a base de una sola sustancia aislada, además de requerir conocimientos, aumenta la probabilidad de error, ya que puede afectar el Equilibrio Hormonal
- La menor incidencia de problemas está relacionada con el uso de productos compuestos por precursores o por dos o más sustancias hormonales, debidamente equilibradas, en cantidades apropiadas y en etapas fenológicas específicas
- Si existe la necesidad de una acción inmediata, se deben recomendar hormonas sintéticas o naturales (preparadas) o metabólicos específicos. Sin embargo, si hay tiempo de acción y el objetivo es preparar la planta para condiciones de estrés, se pueden recomendar precursores hormonales, bioestimulantes o bioactivadores.



## REQUISITOS PARA LA ACCIÓN HORMONAL

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

Hormonas o Biorreguladores debe estar presente o alcanzar las células-objetivo



## PRINCIPALES BENEFICIOS DEL USO DE BIORREGULADORES Y BIOESTIMULANTES

Aumento significativo de Raíces

Mejora en el Tamaño y Arquitectura de las Plantas

Aumento de la Eficiencia fotosintética

Reducción de la producción de radicales libres

Mitigación de Condiciones de Estrés

Reducción en la Tasa de Aborto de Flores, Frutos y Semillas

Mejora del Transporte Efectivo de Fotoasimilados (llenado de granos)

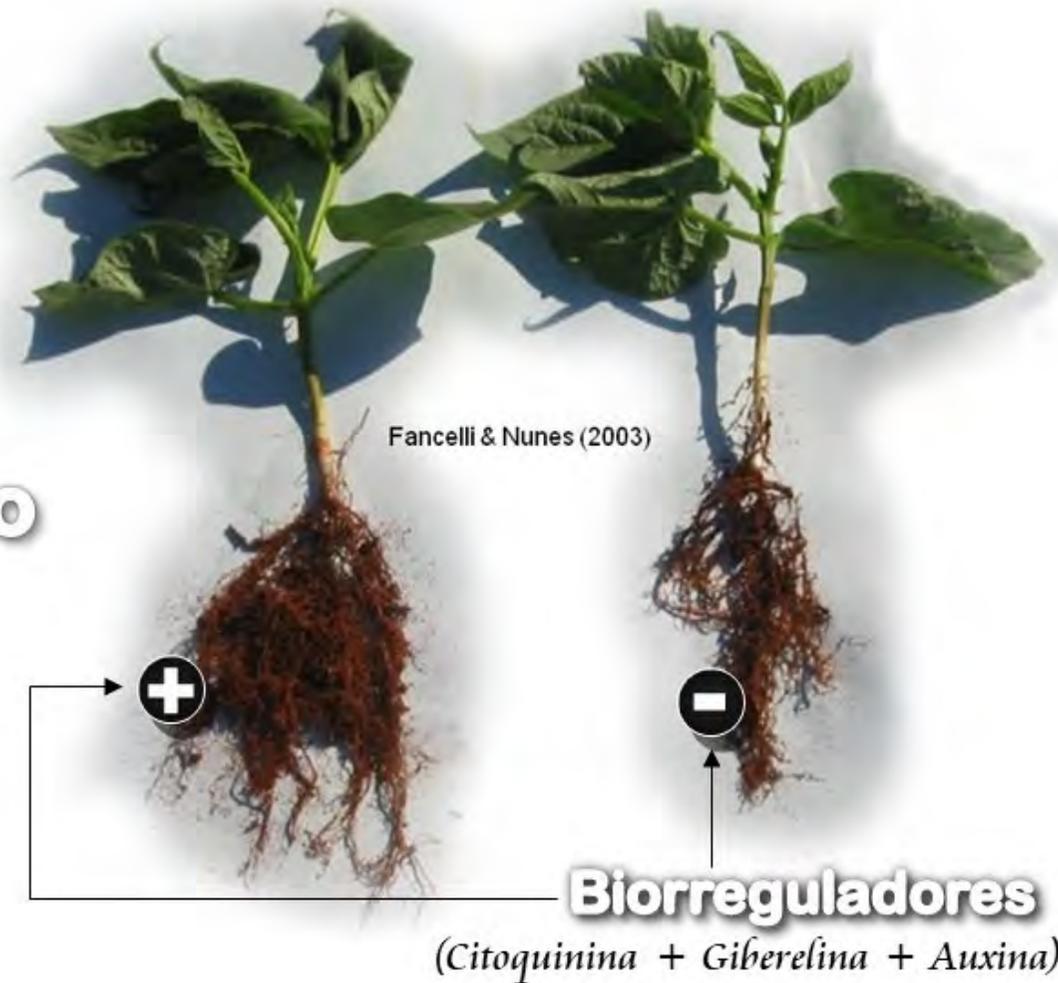
**Aumento significativo  
de las Raíces**

**(con la ayuda de Ca y B  
en el surco de siembra)**

**Presencia de  
*Fusarium solani***

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

**Poroto**



## Mejora en el Tamaño y Arquitectura de las Plantas





Mejora en el Tamaño y Arquitectura de las Plantas

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

Reduce la síntesis  
y la actividad de  
Gibberelina

Biorreguladores  
(com alta *citoquinina*)  
+ Triazol  
(*propiconazol*)



**Mejora en el Tamaño y Arquitectura de las Plantas**

**Fancelli (2023)**  
*fancelli@usp.br*

**Biorreguladores**  
*(com alta citoquinina)*  
**+ TIBA + Triazol**  
*(propiconazol)*

## USO DE BIORREGULADORES EN AGRICULTURA

### Eficiencia Fotossintética

*con ayuda de Mg*

Parámetro	Sin Biorregulador	Con Biorregulador	
Potencial Fotosintético ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	10,9	16,4	+ 50%
Actividad de Rubisco ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	61	87	+ 42%
Eficiencia de conversión de luz	0,091	0,118	+ 30%

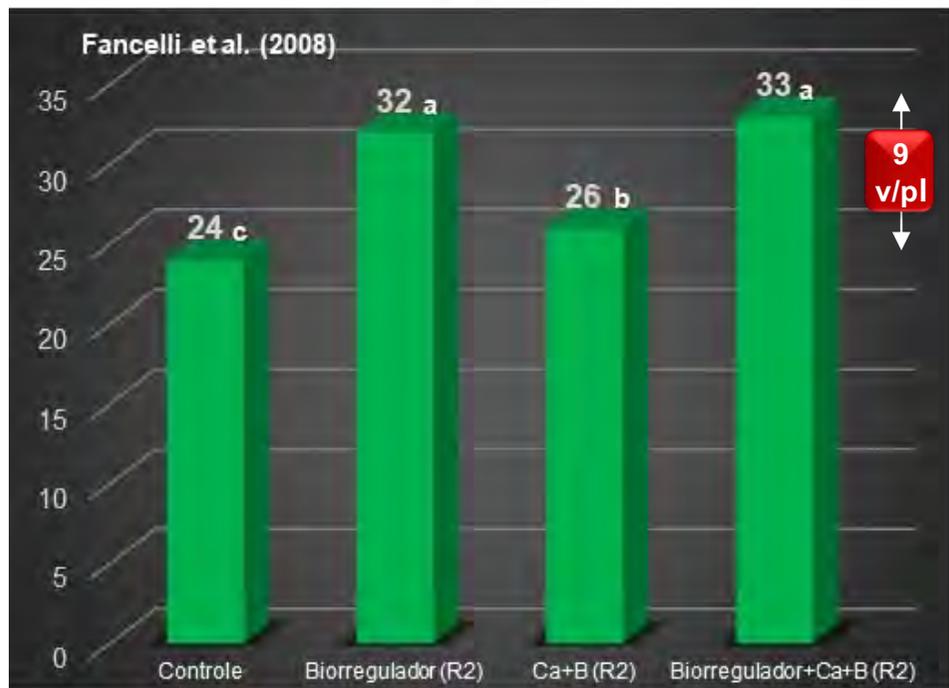
Maia (2013)



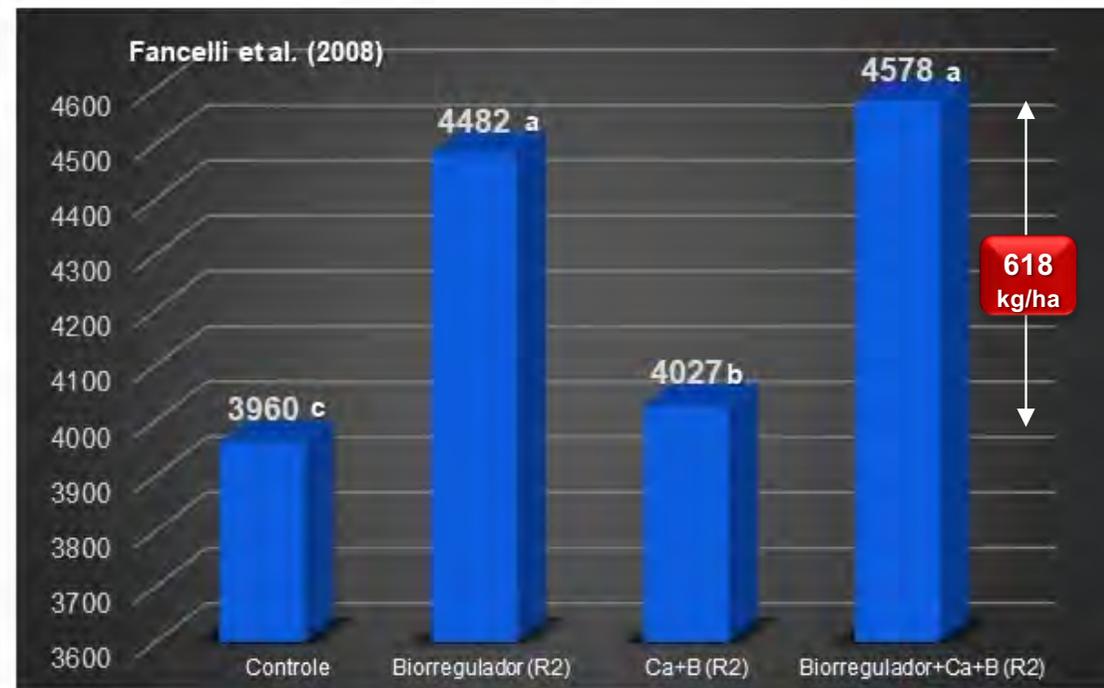
# USO DE BIORREGULADORES EN LA AGRICULTURA

## Reducción en la Tasa de Aborto de Flores, Frutos y Semillas

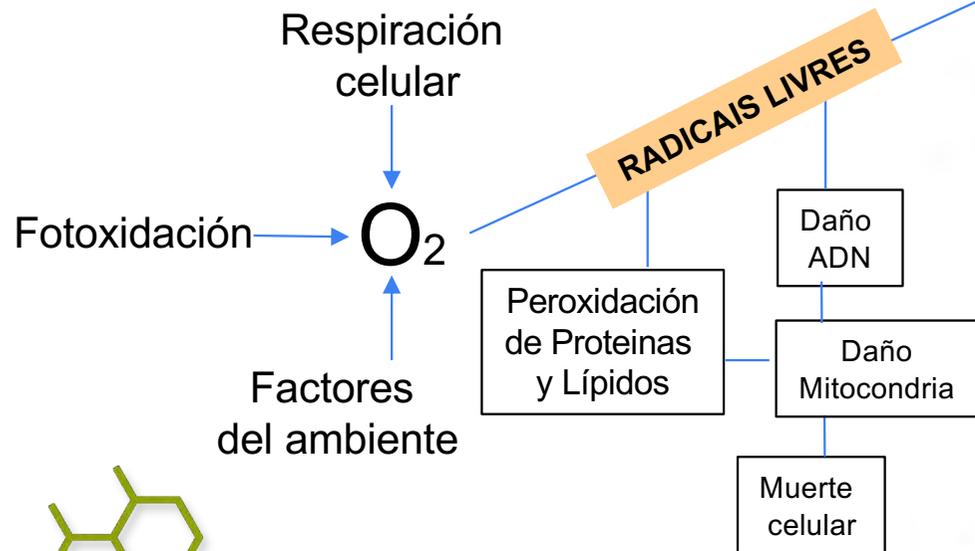
Efeito da aplicação de Biorregulador e de C+B no estágio R2  
No número de vagens no terço superior da planta de Soja



Efeito da aplicação de Biorregulador e de C+B no estágio R2  
No número de vagens no terço superior da planta de Soja



## Reducción de la Producción de Radicales Libres

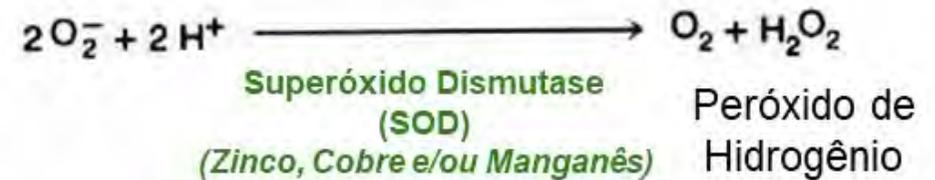


### MITIGACIÓN

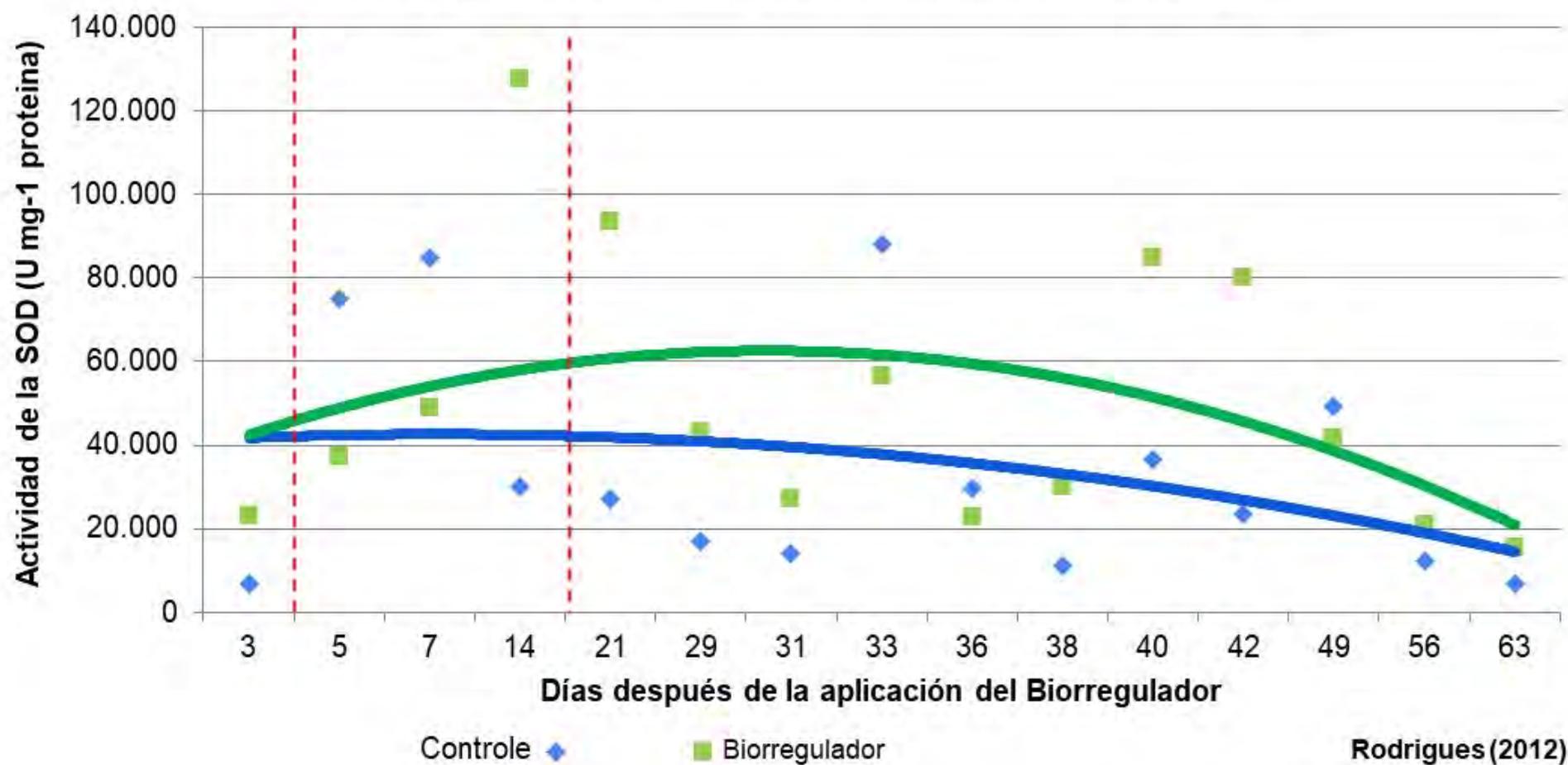
Equilibrio hormonal  
Bioestimulantes  
Nutrientes Específicos



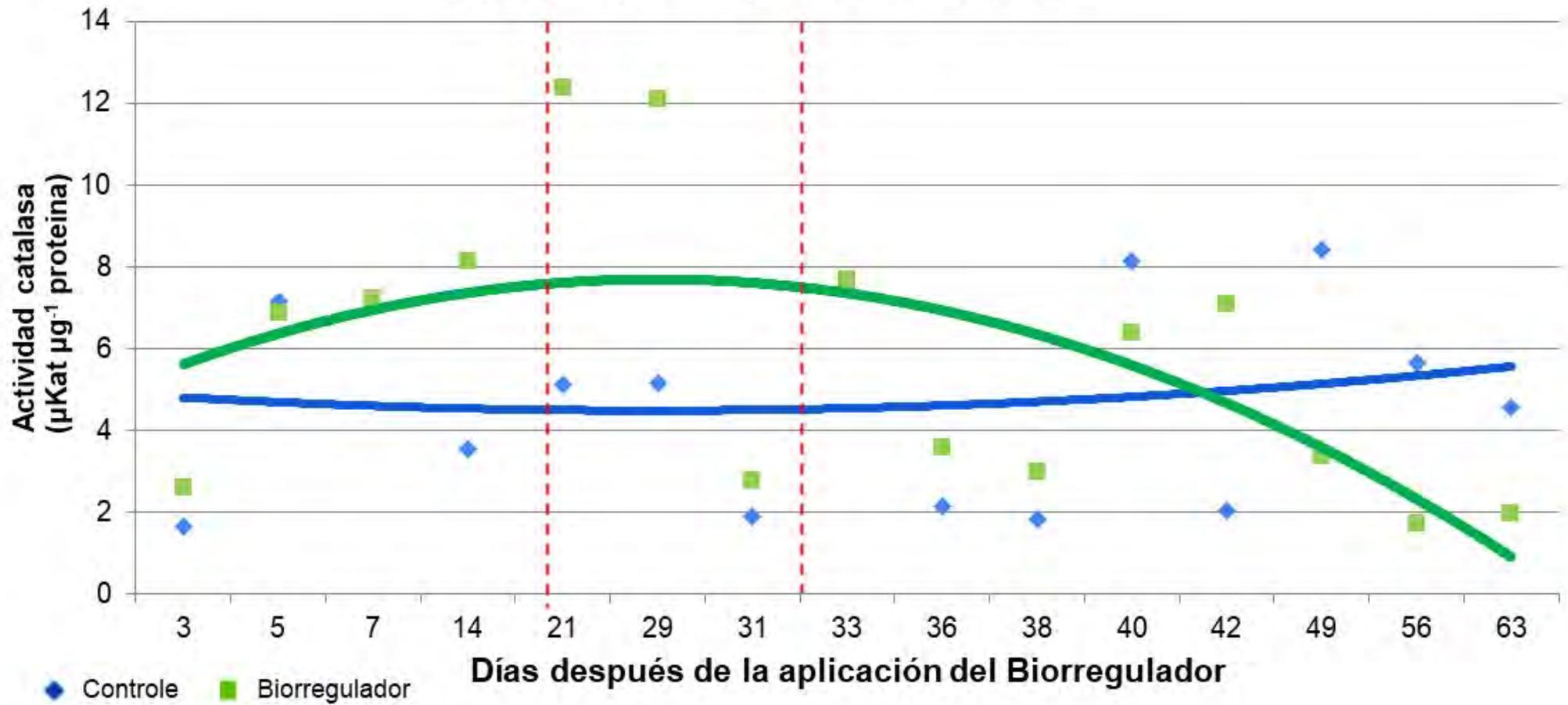
Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br



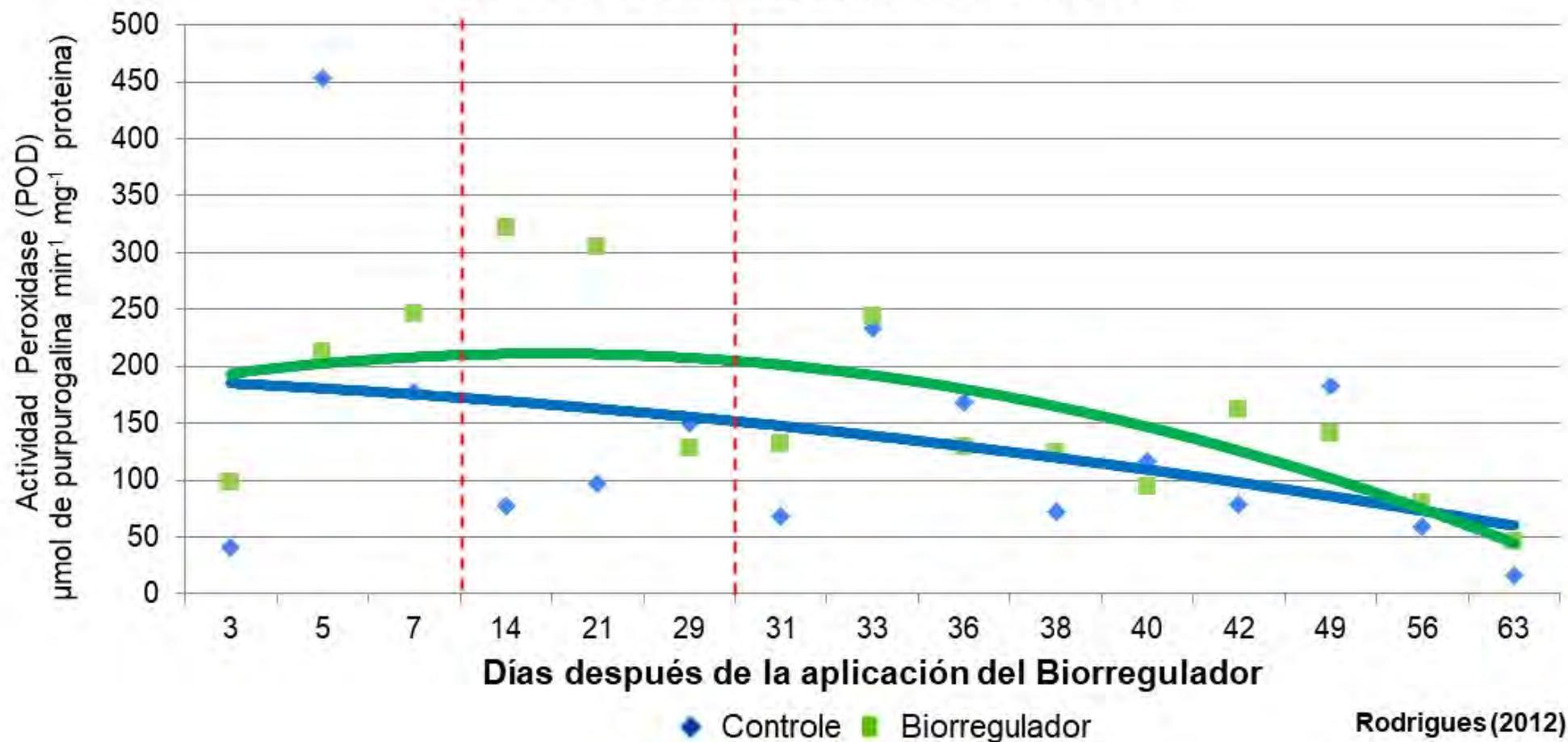
## ACTIVIDAD SUPERÓXIDO DISMUTASA (SOD)



## ACTIVIDAD CATALASA (CAT)



## ACTIVIDAD PEROXIDASA (POD)



## Mitigación de Condiciones de Estrés

Parámetro	Condiciones	Control	Biorreguladores	
Potencial FOTOSINTÉTICO ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	<b>Adecuado</b>	58.9	64.4	+ 9%
	<b>Déficit de Agua</b>	19.3	25.9	+ 34%
<b>Actividad Rubisco</b> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	<b>Adecuado</b>	<b>384.5</b>	<b>424.2</b>	<b>+ 10%</b>
	<b>Déficit de Agua</b>	<b>134.0</b>	<b>180.7</b>	<b>+ 35%</b>

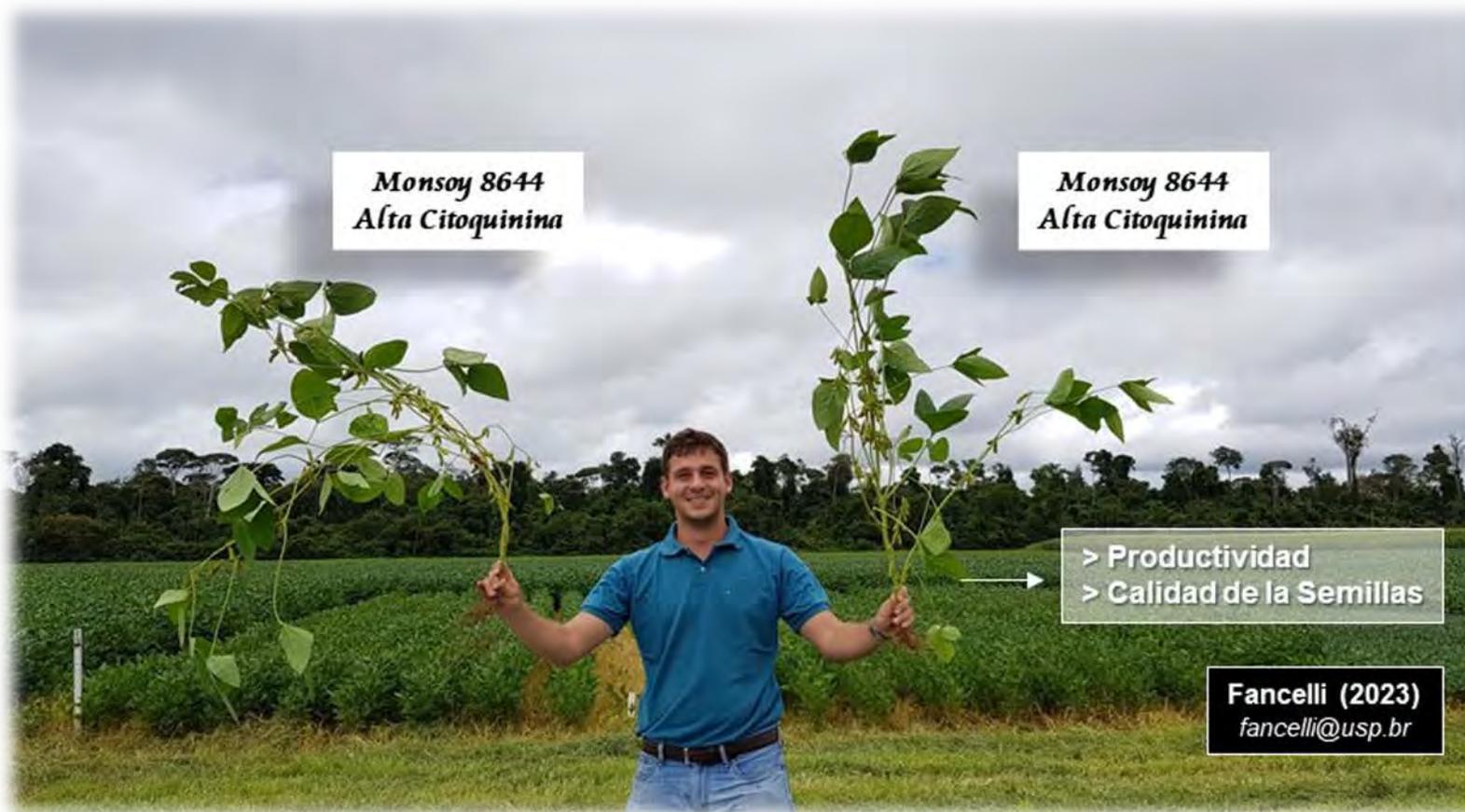


Las evaluaciones se realizaron 7 días después de la aplicación de Biorreguladores (Auxina-Citoquinina-Giberelina) en estadio R1, durante el estrés.

Maia (2013)



# USO DE BIORREGULADORES O BIESTIMULANTE EN LA AGRICULTURA



## Citoquinina

(V5/V6 +  
R2/R3)

## Ca+B

(surco  
de siembra)

## Potasio (K)

(V6)

## B, Cu e Mn

3 aplicaciones  
foliares  
(producción  
de Lignina)

## CONSIDERACIONES FINALES

Todas las posibles estrategias involucradas en la mitigación de los efectos de las condiciones adversas deben ser implementadas de manera conjunta, con **Responsabilidad y Conocimiento**.

Entre estas estrategias, el uso racional y juicioso de:

- 1 Nutrientes específicos (calcio, magnesio, cobalto, selenio y níquel),
- 2 Aditivos fisiológicos (antioxidantes no enzimáticos, poliaminas y aminoácidos esenciales) y
- 3 **Bioestimulantes o Biorreguladores de calidad**

## CONSIDERACIONES FINALES

Fancelli (2023)  
fancelli@usp.br

Dichos procedimientos son fundamentales para desencadenar numerosas acciones fisiológicas capaces de:

- ① Revertir situaciones estresantes;
- ② Fortalecer los mecanismos de Defensa y/o Adaptación de la Planta y
- ③ Asegurar el Uso Efectivo de los Factores de Producción Disponibles.

### **Resultado Esperado:**

Rendimiento mejorado de la planta y **aumento de la productividad** de los cultivos, de forma **Rentable** y **Sostenible**

**MUCHAS GRACIAS!**

**Antonio Luiz Fancelli**

[fancelli@usp.br](mailto:fancelli@usp.br)

