



CONGRESO
INTERNACIONAL
de Nutrición y Fisiología
Vegetal Aplicadas™



MANEJO DE LA ALTERNANCIA EN FRUTALES

Julio 2018

WELCOME TO VALAGRO

Where Science Serves Nature



Dr. Gianluca Di Tommaso
Global Head of crop management

LA ALTERNANCIA Y SU IMPORTANCIA

Es el fenómeno en el cual los árboles frutales alternan años de mucha producción y años de poca o nula producción.

- ❖ En años de **buena producción** los frutos son pequeños y por tanto de menor valor comercial.
- ❖ En los años de **mala producción**, los frutos son pocos pero de gran tamaño, lo cual también afecta su valor comercial.



Este proceso tiene una repercusión económica, ya que lo ideal es que se tuvieran una **producción equilibrada cada temporada**.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ALTERNANCIA

La **alternancia** da como resultado una producción abundante en un año (gran cantidad de fruta) seguida de un año de escasa producción (cantidad mínima de fruta). Estos ciclos de alternancia pueden ser **causados** por una variedad de **factores**.

La merma en los cultivos puede ser causado por:

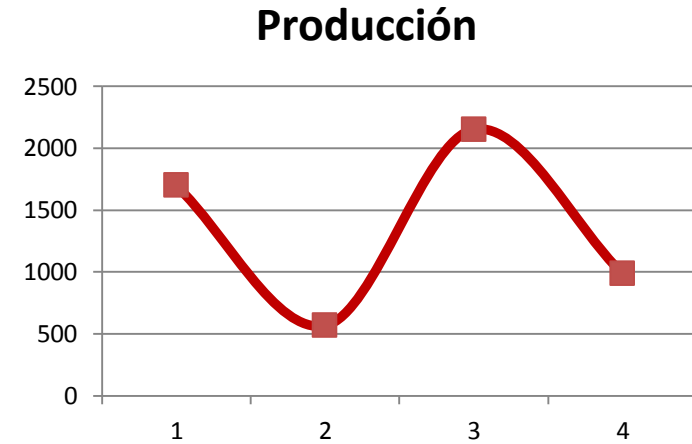
1 Factores climáticos: frío extremo, bajas o altas temperaturas Estrés por déficit hídrico durante la floración o el cuajado (causa un número bajo de flores o caída excesiva de flores y / o frutos)

2 Factores endogenos

3. Baja fecundación: causa una excesiva caída de fruta / flor (abscisión)

4. Poda excesiva: resultados en números bajos de flores o frutos y crecimiento excesivo de brotes vegetativos

Por el contrario excesivo cuajados y retencion de frutos son la causa de alta produccion



Se puede utilizar una **variedad de prácticas de manejo del cultivo** para administrar los ciclos de alternancia, que incluyen la poda, el riego, la fertilización y el monitoreo de los árboles

FACTORES CLIMÁTICOS

CALOR - SEQUÍA



- Reducción de germinación de polen
- Desecación estigma

FRÍO EXTREMO



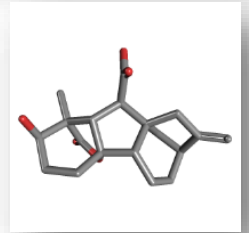
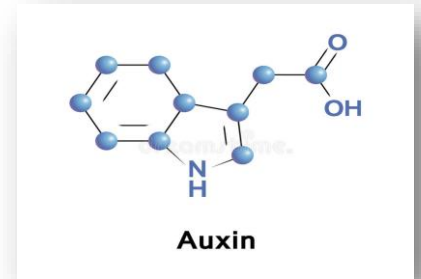
- Floración
- Reducción del cuajado

El clima por lo general es muy variable, sin embargo, la alternancia se presenta de manera estable y bianual, por lo que se descartaría que las causas fueran solo climáticas.

INTERFERENCIA ENTRE EL CRECIMIENTO DE FRUTOS Y CRECIMIENTO VEGETATIVO

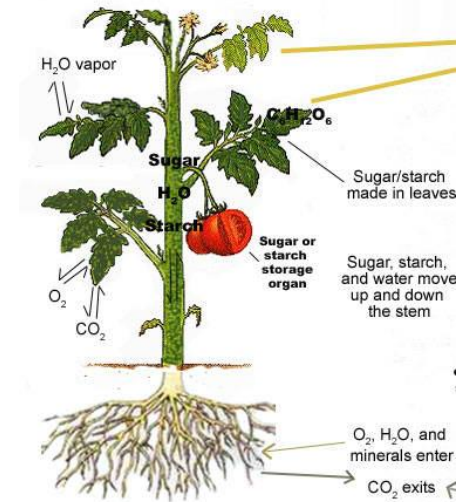
• Equilibrio Hormonal

Las semillas de los frutos en desarrollo producen Auxinas y Giberelinas que en algunas especies pueden actuar inhibiendo la inducción a flores y yemas (esto pasa mas en frutos como manzana, nuez y similares)



• Competencia por los nutrientes

Los frutos en desarrollo compiten por los nutrientes con los ápices vegetativos, y por ello ocasiona una reducción en el desarrollo de éstos. Como los brotes son los que soportan la mayor carga de la producción es por ello que se ve reducida la cosecha.



Leaves: photosynthesis, respiration, and photorespiration
 Roots: respiration, no photorespiration

El efecto de las semillas en la prevención de la caída de la fruta.

Se sabe que las semillas contienen cantidades relativamente grandes de compuestos hormonales, incluida la **auxina** (inhibición de la caída), y se los considera ampliamente **responsables del control del crecimiento de la fruta** (Nitsch, 1970).

Cultivos estándar de árboles frutales, que crecen en condiciones climáticas óptimas y exhiben cultivos regulares, muestran un mecanismo de retroalimentación que controla la caída de frutos de acuerdo con la cantidad de frutos cuajados y la caída progresiva

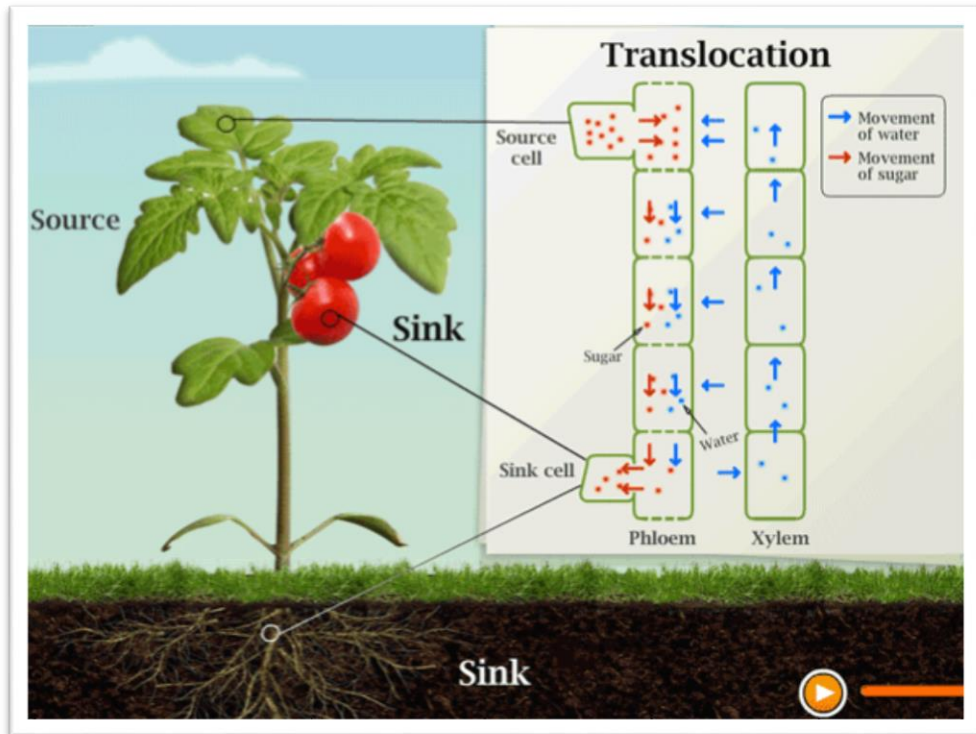
La propiedad importante de la producción regular de los cultivos es su capacidad de auto-raleo, la capacidad de controlar el número de frutos, de acuerdo con el potencial de cultivo.



La capacidad de controlar la caída, produciendo cantidades moderadas de fruta año tras año, parece ser una característica importante de los **cultivos de producción regular**

El efecto de la sobrecarga de frutas

La cosecha pasada producida durante el año anterior es quizás la causa de alternancia más universalmente reconocida



Las frutas abundantes en desarrollo crean gran demanda de nutrientes y sustancias de reservas.

Tanto los nutrientes minerales como los orgánicos se pueden obtener a partir de materiales recién asimilados o reservas previamente acumuladas en diferentes tejidos de árboles.

El efecto de la sobrecarga de frutas

En la temporada de cosechas abundantes se produce un agotamiento de las reservas de carbohidratos en los puntos de reservas como raíces, yemas, etc., además de minerales. Siendo un factor limitante en la floración.



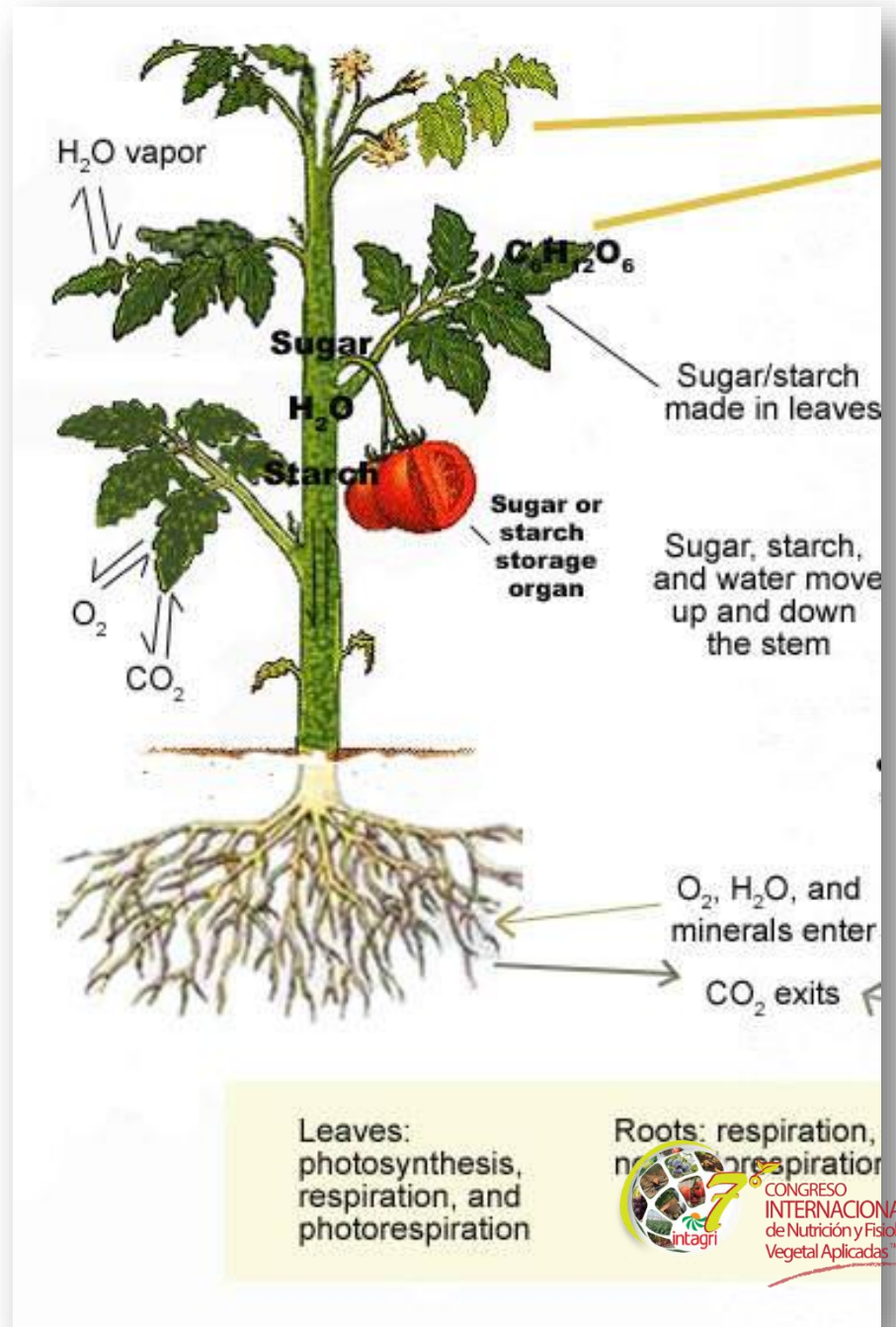
Las sobrecargas de frutas pueden alterar el equilibrio hormonal del árbol y afectar futuros eventos morfogénéticos y de desarrollo.



Competencia entre **reservorios vegetativos y reproductivos**

Sin embargo, hay condiciones en las que un **nuevo brote vegetativo puede convertirse en un mejor reservorio que las frutas**

Un caso especial donde esto se mostró claramente para el aguacate



Problemas en la **Polinización** puede afectar la alternancia también

Los cultivos de frutas autopolinizadas tienden a **alternar más que los autoestériles**, lo que parece enfatizar la polinización excesiva como un factor de alternancia (Williams y Edgerton (1974))

El aguacate en realidad tiene problemas específicos de polinización, debido a lo que se ha denominado ***dicogamia protoginosa con complementariedad diaria sincrónica***



Control de la **formación de las flores**

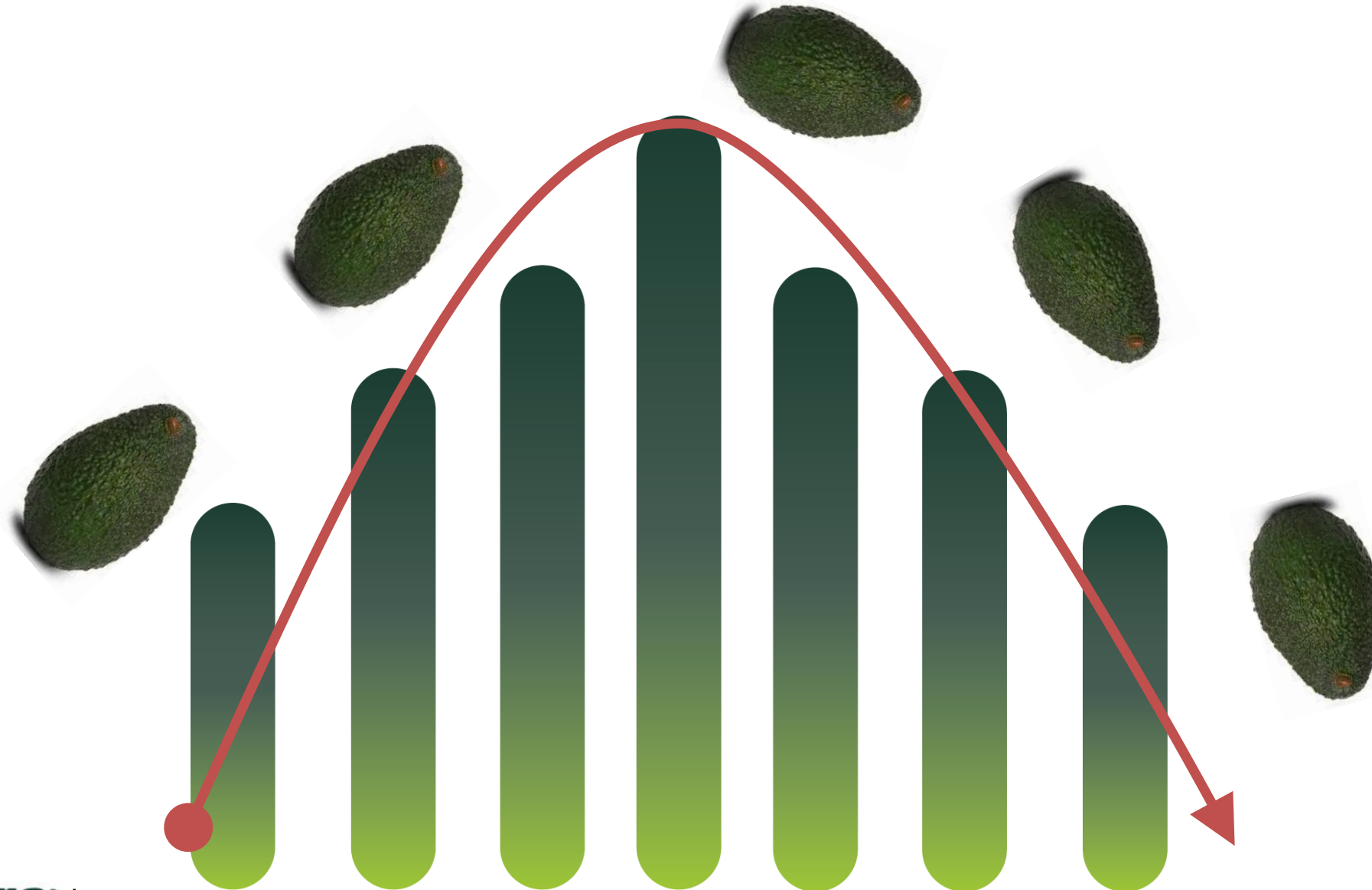
En principio, el control de la formación de flores (aumento o disminución) de acuerdo con las necesidades debería ser útil para controlar la alternancia en la mayoría de las especies.

Uso de Producto antagonico a las giberelinas (etephon),

Los efectos variables pueden deberse al hecho de que estos antagonistas de la síntesis de giberelinas deben alcanzar el sitio de síntesis antes de que se produzcan las giberelinas. Por lo tanto, es una cuestión de tiempo y forma de aplicación.

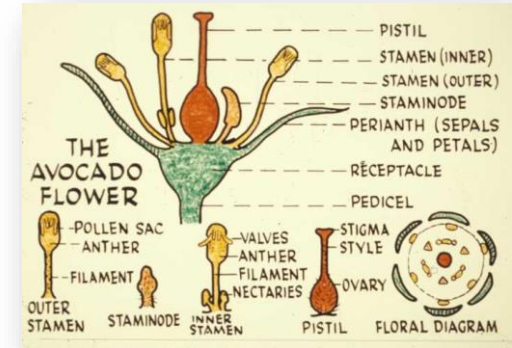
- ✓ **Raleo de frutas**
- ✓ **El adelgazamiento de flores y frutos durante el año es un medio valioso para superar la alternancia**
- ✓ **Técnicas de poda**
- ✓ **El método agrotécnico clásico para regular el cultivo en la mayoría de los árboles frutales es la poda selectiva**

¿POR QUÉ EL AGUACATE TIENE ALTERNANCIA DE PRODUCCIÓN?



Factores que mas afectan la alternancia en aguacates

Las flores de aguacate se inician solo de 6 a 8 semanas antes de la floración, lo que ocurre en la mayoría de los cultivares en condiciones subtropicales en el hemisferio norte durante marzo y abril.



- El aguacate produce un gran número de flores, un millón o más por árbol; sin embargo, generalmente solo se retienen entre 300 y 500 frutos hasta la madurez
 - Un trabajo reciente de Biran (1979) enfatizó la competencia entre las oleadas vegetativas y la retención de fruta. Se obtuvo un aumento de 10 y 20 veces en el número de frutos al frotar sistemáticamente todo el crecimiento vegetativo de las ramas (entre marzo y junio).
- La eficiencia fotosintética de las hojas de aguacate es muy baja, con un máximo de solo 9 a 10 mg CO₂ dm²h, como es el caso con muchas plantas perennes perennes, el promedio es de 20 a 3). Puede causar un mayor agotamiento de carbohidratos que los otros árboles pueden soportar, durante los años de alto rendimiento



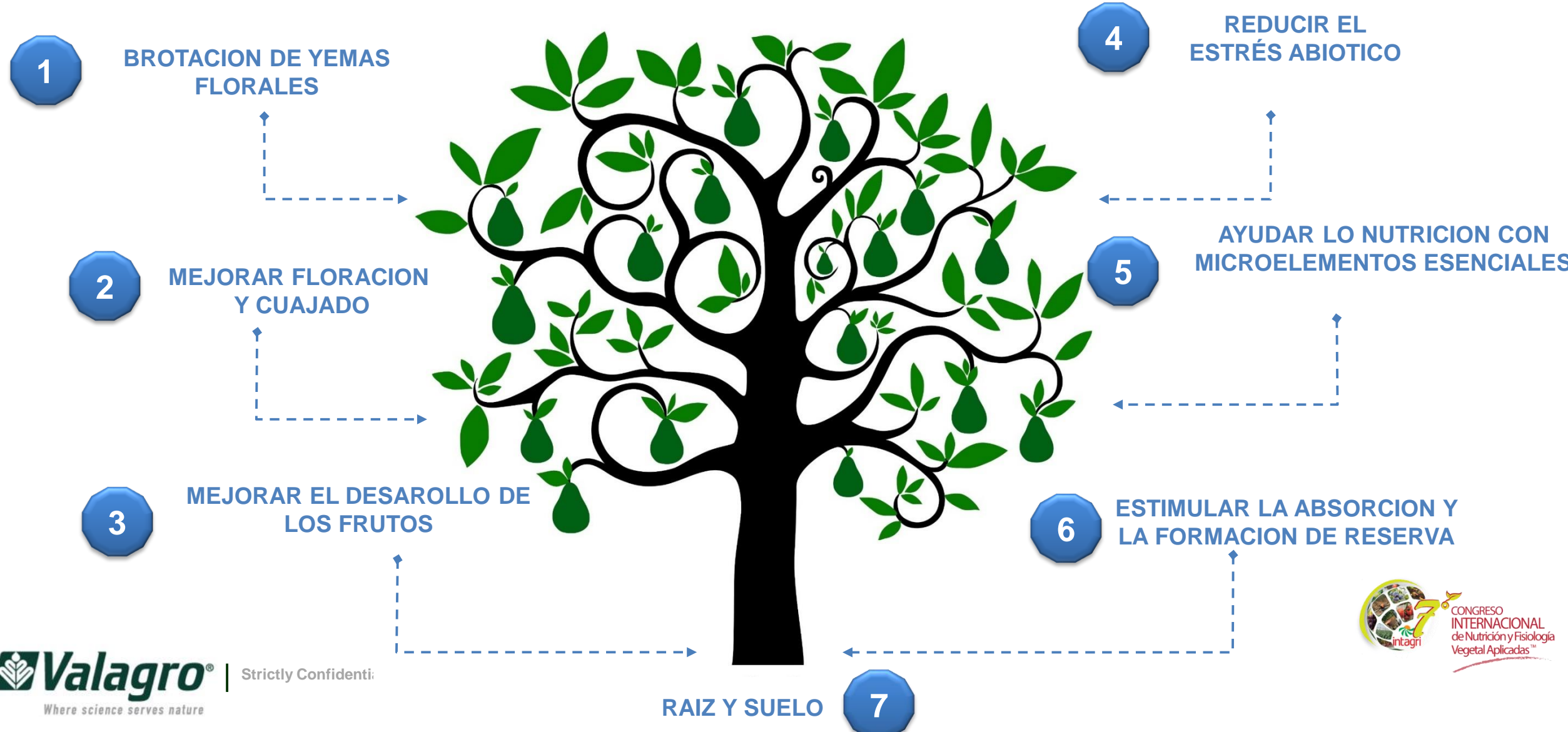
Gene **PaFLC** es un gene represor de la floración

Exceso de carga de fruto o cosecha tardía favorecen la activacion de este gene

El PaFLC inhibe la activacion del gen **PaFT**

anteriormente se consideraba era la hormona llamada FLORIGEN y que actualmente se sabe que es un gen ubicado en las hojas. El gen PaFT al activarse forma proteínas que se trasladan hasta el meristemo (yema) donde señalizan la activación de otros genes para que se inicie la formación de las estructuras florales.

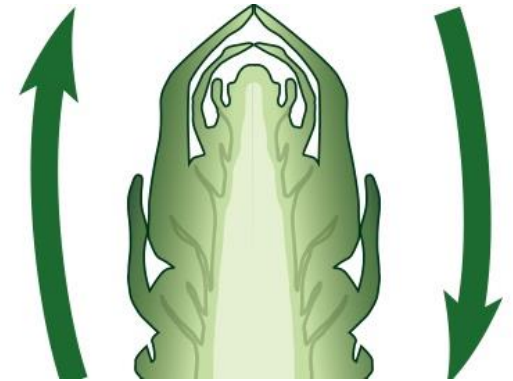
MANEJO Y ESTRATEGIA PARA REDUCIR LA ALTERNANCIA A TRAVÉS DE LA NUTRICIÓN Y LA BIOESTIMULACIÓN



La brotación va acompañada de la degradación del almidón, la principal reserva de nutrientes para varios tipos de plantas, inducido por la reanudación de las actividades de respiración. La falla en el requerimiento de frío satisfactorio, no siempre garantiza la inmediata movilización de las reservas de nutrientes, lo que dará lugar a una brotación gradual y desigual



1 BROTACIÓN DE YEMAS FLORALES



PBS para la estimulación de la brotación- **Extracto Vegetal**



Polisacáridos y
Diterpenos



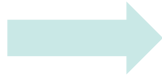
Promueven la síntesis de Giberelinas. Juegan un papel importante en la división y elongación celular.

Aminoácidos



Construcción de bloques proteínicos, importantes en estrés abiótico, precursores de múltiples moléculas activas.

Polisacáridos



Biomoléculas con gran capacidad de almacenar sustancias de reserva (azúcares). Aumenta la **Tasa Respiratoria y los Niveles de Energía**.

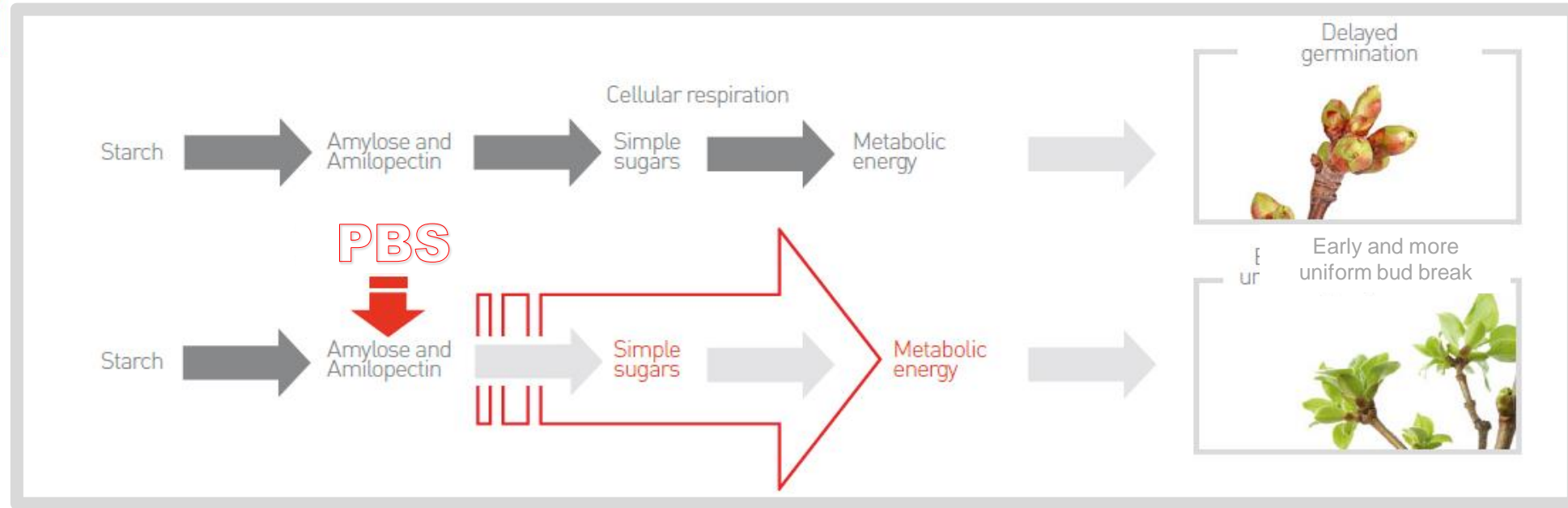
Calcio



Activación de los enzimas involucradas en el proceso de producción de energía



BROTACIÓN DE YEMAS FLORALES



1
Polisacáridos y
Diterpenos

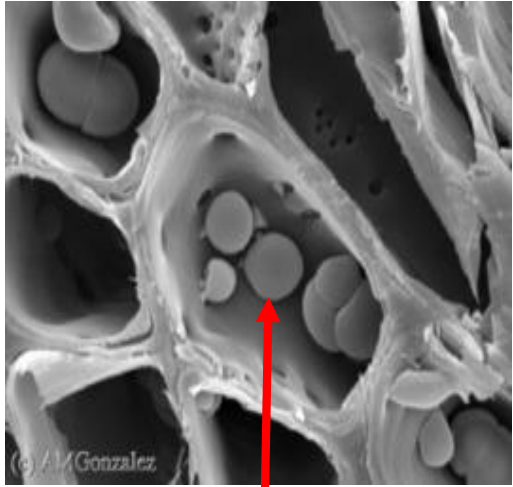


Estimulación de la respiración

La brotación va acompañada de la degradación del almidón, la principal reserva de nutrientes para varios tipos de plantas, inducido por la reanudación de las actividades de respiración. La falla en el requerimiento de frío satisfactorio, no siempre garantiza la inmediata movilización de las reservas de nutrientes, lo que dará lugar a una brotación gradual y desigual

Gracias a los monosacáridos y polisacáridos aportados, durante el rebrote vegetativo, la planta aumentará sus tasas de respiración y niveles de energía, en caso de condiciones climáticas desfavorables.

BROTACIÓN DE YEMAS FLORALES



Granulo de Almidón

Amilosa y Amilopectina



Azúcares simples



Energía metabólica

Amilosa y Amilopectina



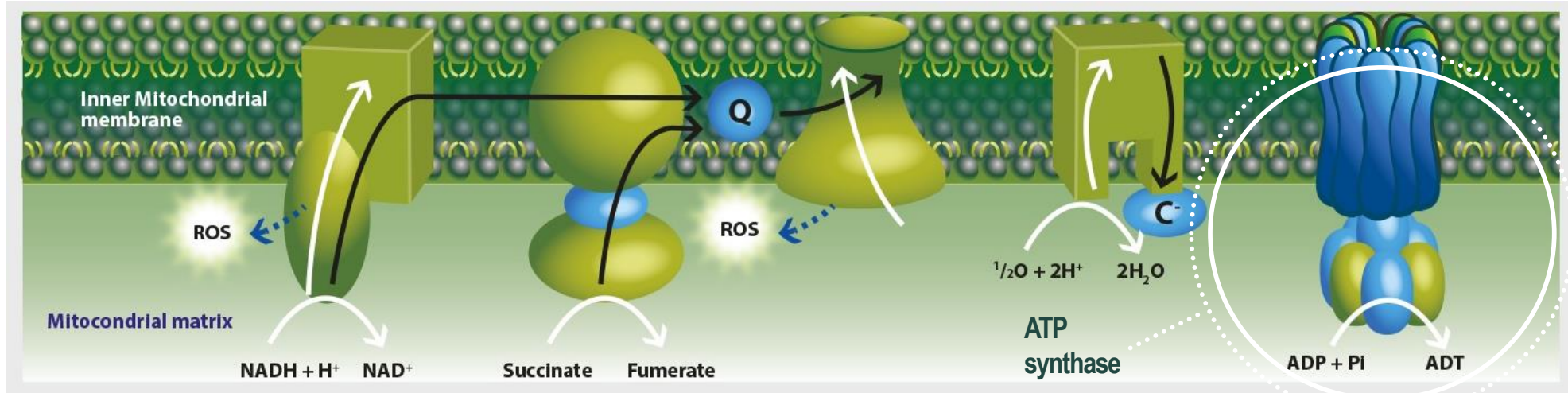
Azúcares simples



Energía metabólica

Diterpenos
Polisacáridos
Aminoácidos
Calcio





2



Apoyo a actividades enzimáticas

Calcio

Otro paso importante está representado por la fosforilación oxidativa respiratoria que tiene lugar dentro de las mitocondrias celulares.

La presencia de calcio en el producto puede aumentar las actividades enzimáticas, produciendo energía (ATP) en la última etapa. De hecho, **el calcio actúa como un activador de la ATP sintasa.**

PBS Basado en algas marinas : Fitoingredientes activos extraído de algas marinas

INGREDIENTES

OLIGOMEROS
BIOACTIVOS

BETAINAS

AMINO ÁCIDOS

FRACCIÓN
MINERAL

OBJETIVOS

ESTIMULA LA FLORACIÓN Y EL
CUAJADO DE FRUTOS



BIOESTIMULACIÓN PARA MEJORAR LA FLORACIÓN Y CUAJADO

Oligómeros bioactivos



Control de crecimiento y desarrollo, modulación de muchos procesos fisiológicos, mensajero químico en la comunicación inter-celular, interacción con proteínas específicas llamadas receptores.

Aminoácidos



Construcción de bloques proteínicos, importantes en estrés abiótico, precursores de múltiples moléculas activas.

Betaínas



Respuesta activa contra el estrés abiótico (osmótica, sequía, altas temperaturas), aumento de la retención de agua dentro de las células, mejora el contenido de clorofila de la hoja, protección de la fotosíntesis.

Micronutrientes (B, Zn-Edta)



Mejora de los procesos reproductivos



BIOESTIMULACIÓN PARA MEJORAR LA FLORACIÓN Y CUAJADO



PBS en *A. thaliana*

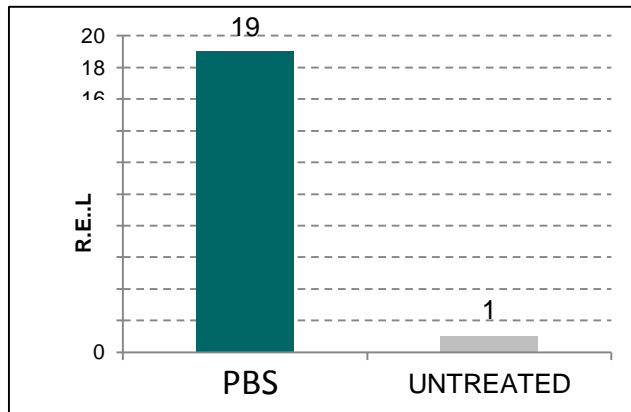


Tecnología de Microarray



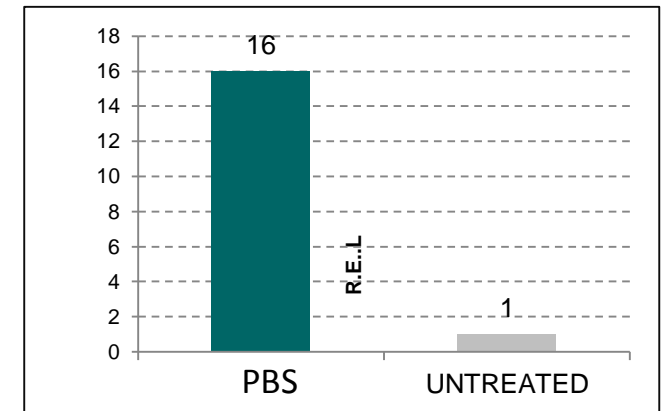
Huella digital transcriptómica

MARCADOR GENÉTICO : AT2G04070
(transporte de solutos)



R.E.L: RELATIVE EXPRESSION Nivel

MARCADOR GENÉTICO : AT2G04070
(desarrollo del polen, crecimiento del tubo polínico)



PBS aumenta la activación de genes involucrados en específicas funciones fisiológicas de floración y cuajado (as per www.arabidopsis.org)

Extracto vegetal y Alga: Fitoingredientes activos y funciones de uso



Vitaminas



Tienen funciones de cofactor específicas y por lo tanto sirven como activadores de las principales actividades biosintéticas. Estimula la citocinesis, lo que induce un aumento en la cantidad de células producidas en una unidad de tiempo determinada. En consecuencia, en las frutas tratadas encontramos un mayor número de células, que después del proceso sucesivo de distensión celular producen frutos más grandes.

Aminoácidos



Mantiene los requisitos de proteína de la planta, que se derivan del proceso acelerado de división celular inducido por el producto. Esta intensa síntesis de sustancias orgánicas también es responsable del aumento en el volumen de peso de la fruta.



Estimula La División Celular



PBS en *A. thaliana*



Tecnología de Microarray

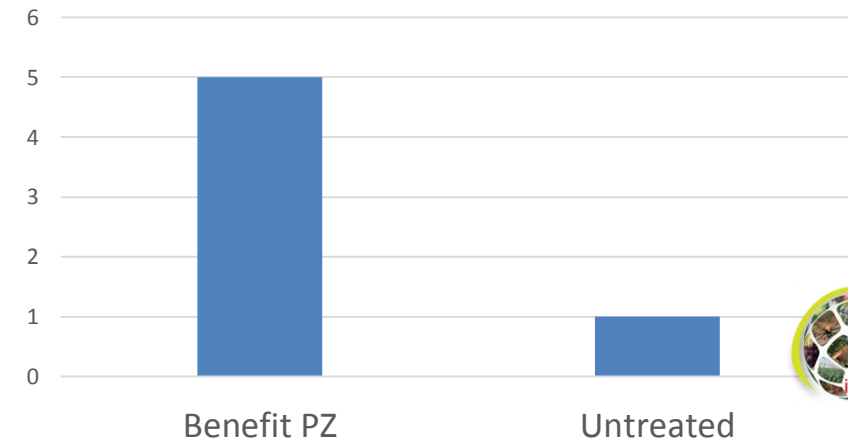


Huella digital transcriptómica

GEN AUXINICO INDUCIBLE

Gene ID	Gene name	Function (TAIR)
At4532280	IAA29	Vía de señalización activada por Auxina

At4532280



REDUCIR EL ESTRÉS ABIÓTICO

Calor - Sequía



CONOCER COMO ACTUAN, PARA MANEJARLOS

- Reducción de germinación de polen
- Desección estigma

Frío extremo



- Floración
- Reducción del cuajado

EL MANEJO DEL ESTRES ABIÓTICO PUEDE AYUDAR A REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS

REDUCIR EL ESTRÉS ABIÓTICO

FACTORES DE
ESTRÉS
ABIÓTICO

FÍSICO

Temperatura:
alta t°
baja t°

Agua:
Sequía
Inundación

Radiación:
Infrarojo
Ultravioleta etc.

Viento
Campos magnéticos
Etc.

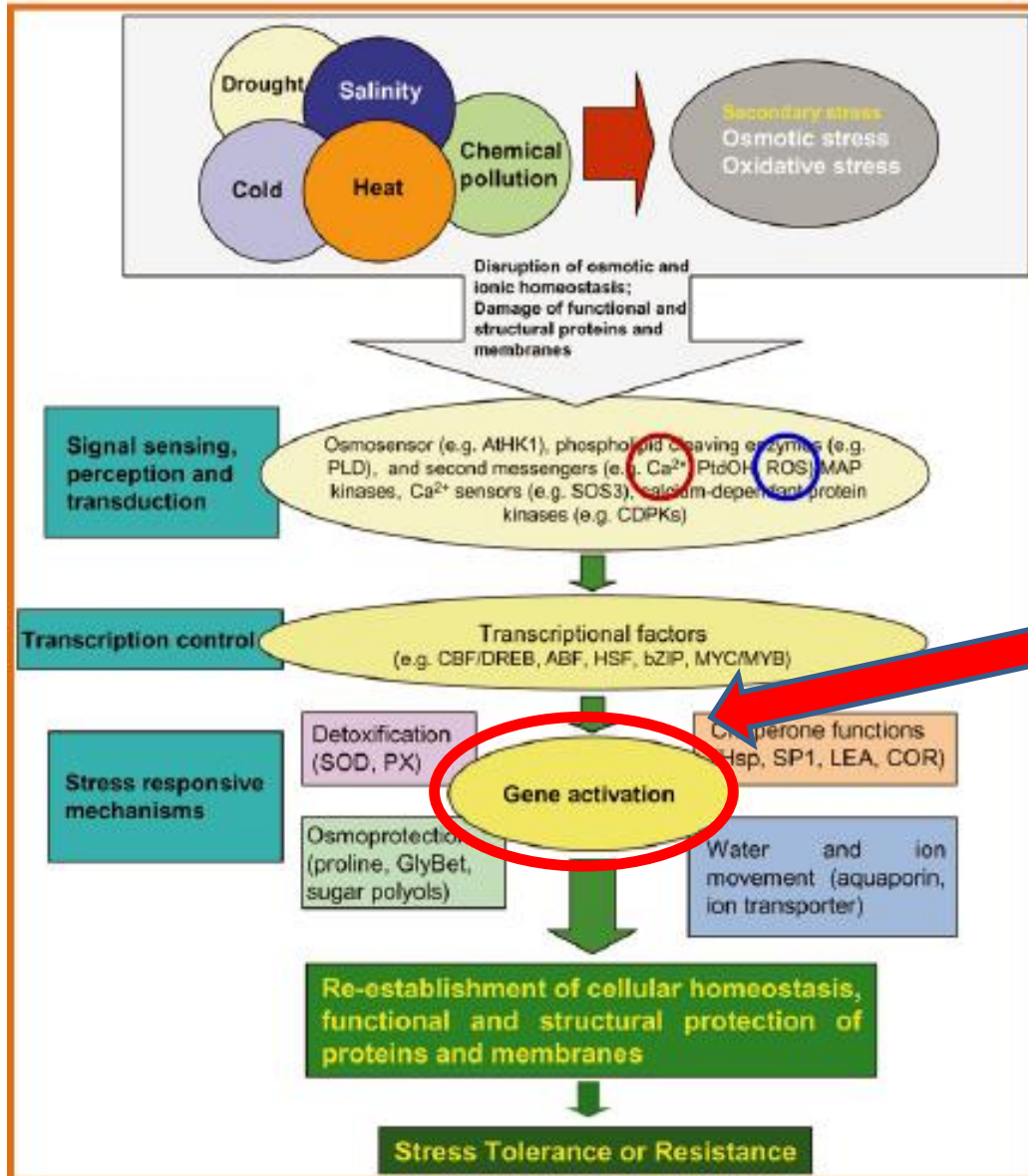
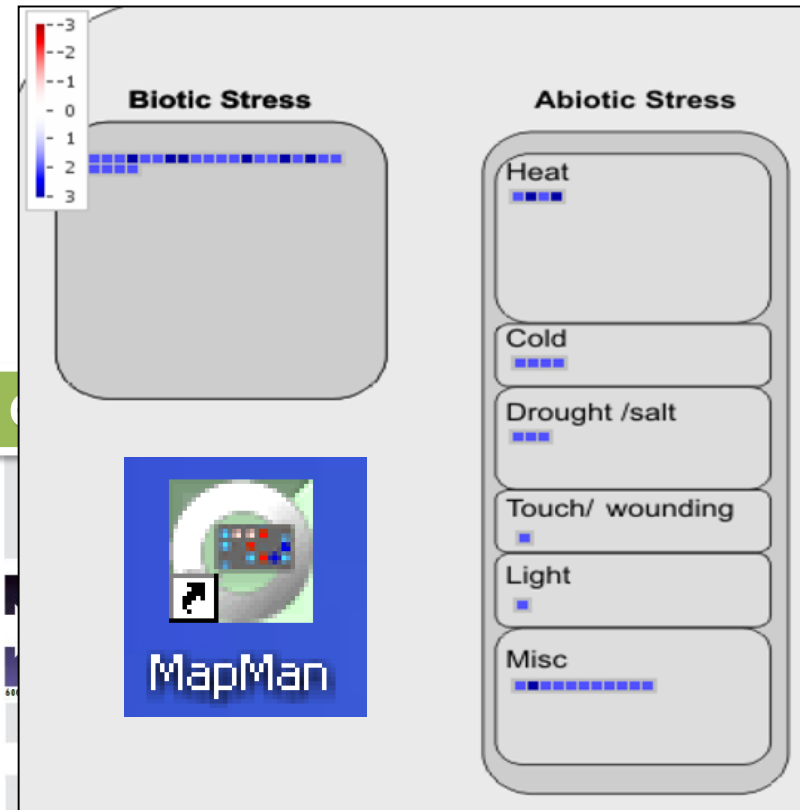
QUIMICO

contaminación del aire
Pesticidas
Toxinas
PH del suelo y agua
Salinidad

1. INTRODUCCIÓN



Efectos sobre los genes del estrés
(genes regulados por incremento > 3 veces)



REDUCIR EL ESTRÉS ABIÓTICO

Extracto Vegetal desarrollado específico para el estrés abiótico:



REDUCIR EL ESTRÉS ABIÓTICO

VITAMINAS



Síntesis de clorofila que mejora la actividad fotosintética de la planta.
Osmolitos orgánicos contra diferentes tensiones: salinidad, altas temperaturas, sequía.
Protección contra la deshidratación celular

AMINOÁCIDOS



Brindan una prevención óptima y la recuperación de las principales funciones metabólicas. Además, en el caso de que estas funciones se vean comprometidas, contribuyen a la recuperación rápida del crecimiento de la planta.

BETAINAS



Estos compuestos actúan como osmolitos orgánicos, que protegen activamente contra el estrés osmótico, la sequía, la salinidad y las altas temperaturas. La acumulación intercelular de estos compuestos favorece la retención de agua dentro de las células, protegiéndolas de la deshidratación.

Oligómeros



Activador metabólico para una recuperación rápida en condiciones de estrés

Anti estrés

Locus Identifier	Annotation	FUNCTION	MEGAFOL Fold5vs1
AT4G10270	wound-responsive family protein	STRESS wound	62
AT3G10040	transcription factor	STRESS anoxia	46
AT3G02550	LOB domain protein 41 / lateral organ boundaries domain protein 41 (LBD41)	STRESS biotic eFP	33
AT4G33070	pyruvate decarboxylase, putative	STRESS anoxia	25
AT4G33560	similar to wound-responsive protein-related [Arabidopsis thaliana] (TAIR:AT2G14070.1)	STRESS wound	16
AT1G77120	ADH1 (ALCOHOL DEHYDROGENASE 1); alcohol dehydrogenase	STRESS anoxia	14
AT1G02930	[AT1G02930, ATGSTF6 (EARLY RESPONSIVE TO DEHYDRATION 11); glutathione transferase];[AT1G02920, ATGSTF7 (GLUTATHIONE S-TRANSFERASE 11); glutathione transferase]	STRESS drought	6
AT3G13310	DNAJ heat shock N-terminal domain-containing protein	STRESS heat	5
AT1G19250	FMO1 (FLAVIN-DEPENDENT MONOOXYGENASE 1); monooxygenase	STRESS biotic	5
AT2G34390	[AT2G34390, NIP2;1/NLM4 (NOD26-LIKE INTRINSIC PROTEIN 2;1); water channel];[AT2G29870, major intrinsic family protein / MIP family protein]	STRESS anoxia	5
AT5G66400	RAB18 (RESPONSIVE TO ABA 18)	STRESS osmotic	4
AT3G62550	universal stress protein (USP) family protein	STRESS OSMOTIC	3
AT3G53980	protease inhibitor/seed storage/lipid transfer protein (LTP) family protein	STRESS OSMOTIC	3
AT4G11650	ATOSM34 (OSMOTIN 34)	STRESS OSMOTIC	3
AT1G56300	DNAJ heat shock N-terminal domain-containing protein	STRESS HEAT	3
AT4G17470	palmitoyl protein thioesterase family protein	STRESS drought eFP	3
AT1G29395	COR414-TM1 (cold regulated 414 thylakoid membrane 1)	STRESS COLD	3
AT1G50060	pathogenesis-related protein, putative	STRESS BIOTIC	3
AT3G12500	ATHCHIB (BASIC CHITINASE); chitinase	STRESS BIOTIC	3



No siempre es suficiente garantizar el apropiado aporte de los elementos principales de la nutrición: cultivos de alto rendimiento necesitan una especial “asistencia” para cubrir problemas ambientales y para lograr óptimas características de calidad

La deficiencia de Zn está presente en la mayoría de las regiones productoras del mundo, en los diferentes rangos de pH del suelo en los que se cultiva el aguacate, la deficiencia de zinc también puede estar asociada a aplicaciones excesivas de P. La importancia de eliminar esta deficiencia radica en que ésta, no sólo reduce la cantidad de fruto cosechado, sino que es una de las principales razones para que los cultivos de aguacate produzcan frutos pequeños y de forma redondeada.

- Asorbido y Utilizado como Zn(II)
- Entra en la estructura de varias enzimas

Está involucrado en los procesos de división celular, en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en la síntesis proteica

Indispensable para la síntesis y la protección del IAA contra la oxidación



La cantidad de B invertida en una cosecha de aguacate Hass de 30 toneladas es similar a la de Zn (120 – 200 g). Durante muchos años, el B no formó parte del grupo de nutrimentos con los que se fertilizaba el aguacate. Ahora mucho trabajo han demostrado su efecto sobre el proceso de floración, amarre y forma del fruto y la calidad de poscosecha

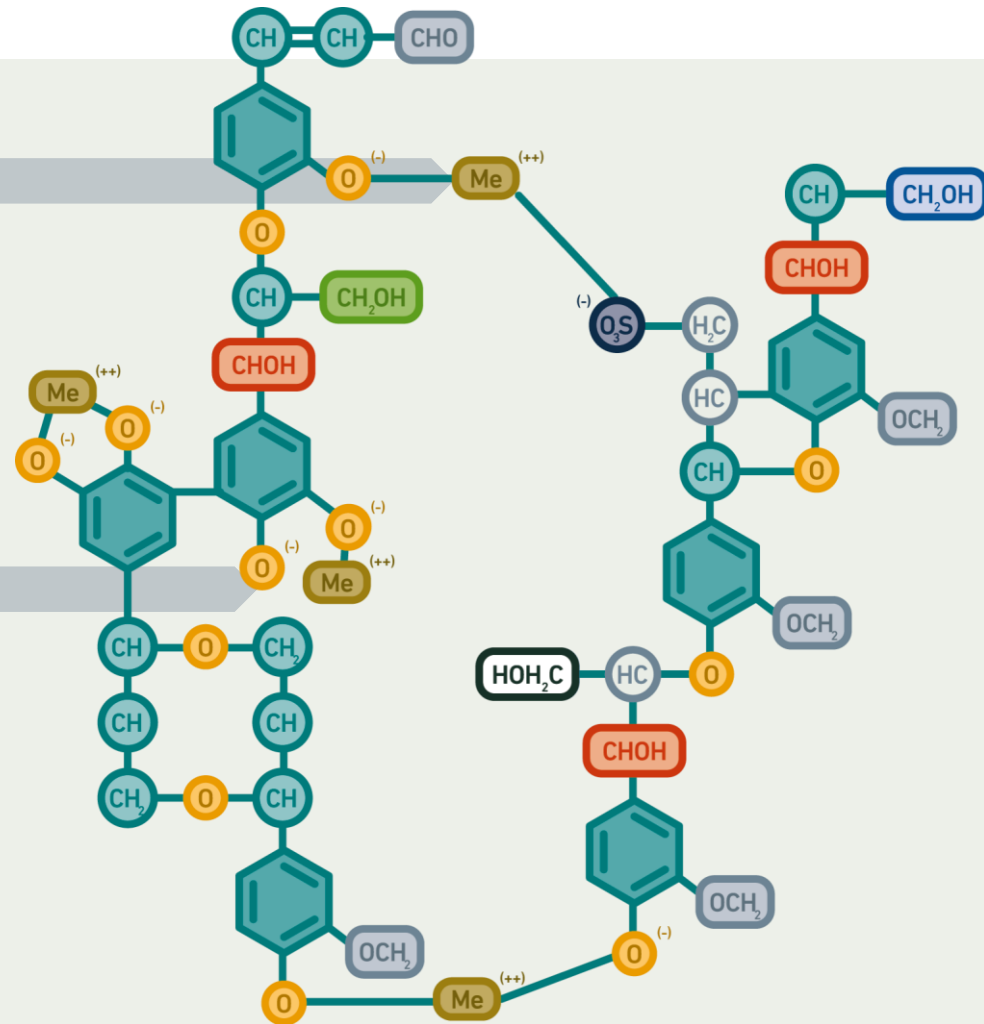
- Absorbido principalmente como $B(OH)_3$ y $B(OH)_4$
- Transporte de los azúcares
- Producción de la pared celular
- Involucrado en el metabolismo de los carbohidratos
- Involucrado en los procesos de respiración
- **Síntesis de IAA (elongación de tejidos)**
- **Elongación del túbulo polínico**



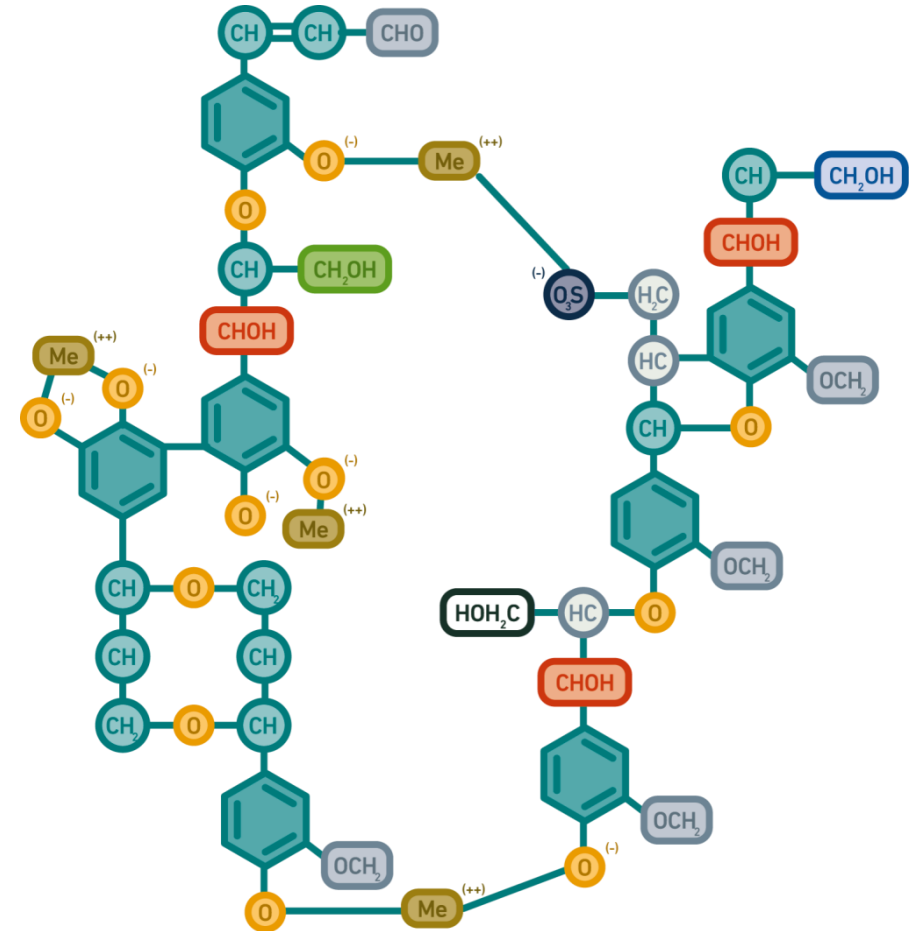
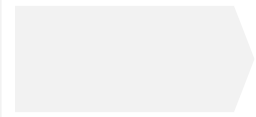
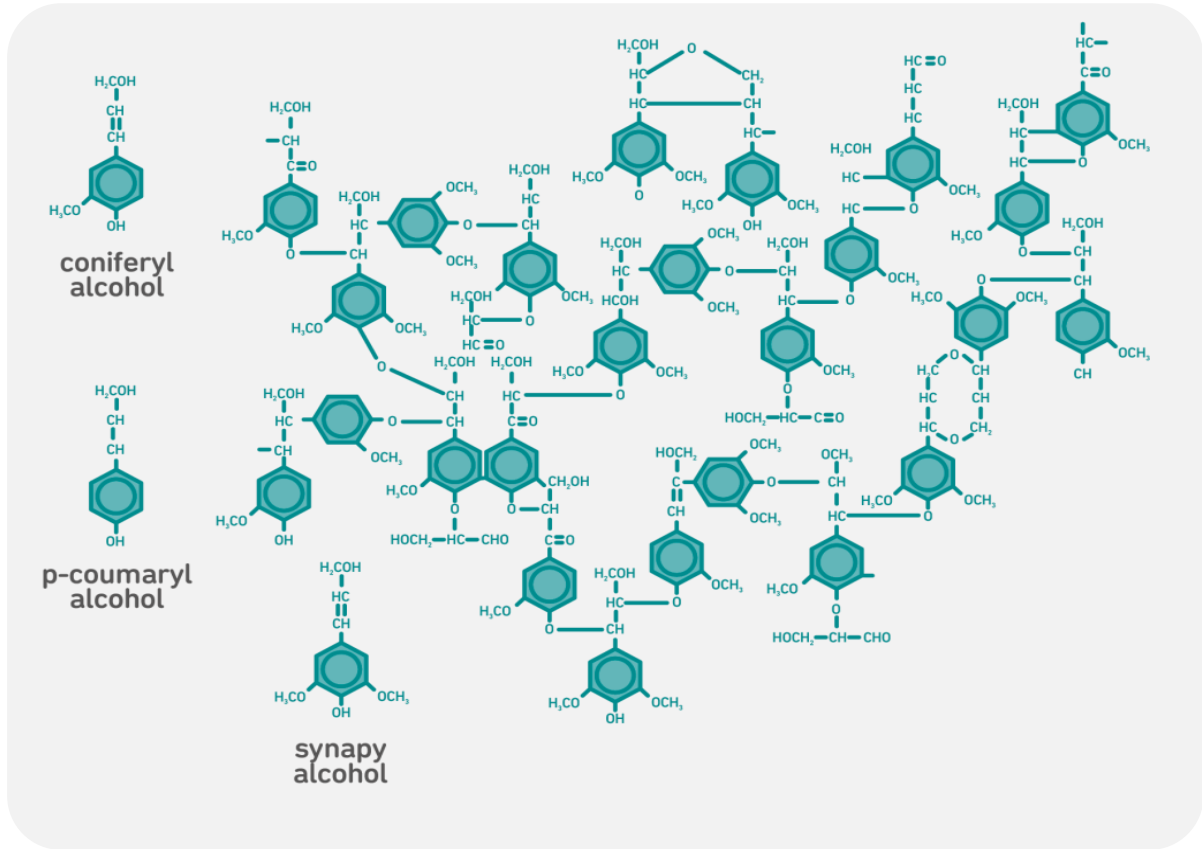
PATRÓN LSA

El metal puede complejarse en uno o más puntos mediante interacciones iónicas

Complejo estable



AYUDAR LA NUTRICION CON MICROELEMENTOS ESENCIALES

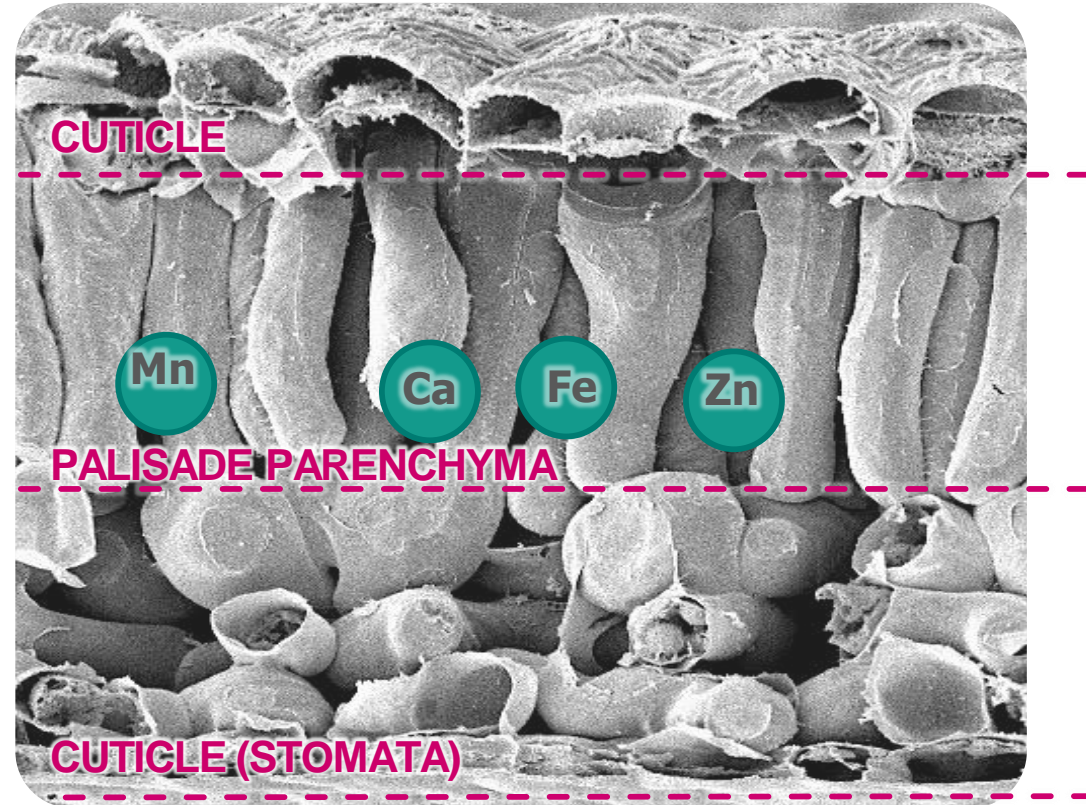


La absorción del producto

1. La solución LSA se absorbe rápidamente a través de la cutícula de la hoja y no deja residuos metálicos en la superficie.
2. La acción complejante de LSA no solo favorece la penetración del metal sino que, una vez que el metal ingresa al tejido vegetal, ejerce su acción protectora y, por lo tanto, su biodisponibilidad.
3. La planta reconoce LSA como una fuente de energía o alimento; por lo tanto, los microelementos que se unen a la LSA se liberan en la planta, previniendo y curando las deficiencias de los microelementos.



LSA-Metal = penetration and release of elements



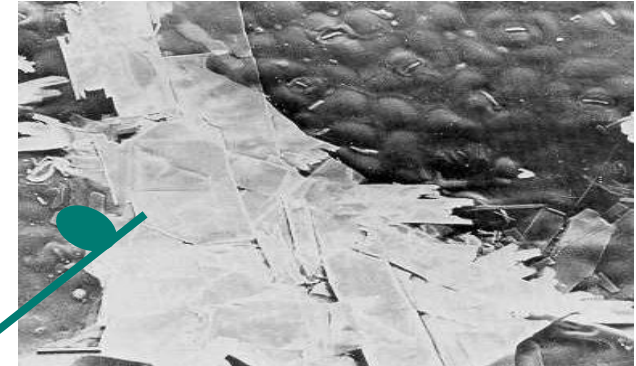
Sección transversal de la hoja (dicotiledón)

Formulaciones de microelementos + LSA en complejos estables:
Tratan y previenen la deficiencia de microelementos

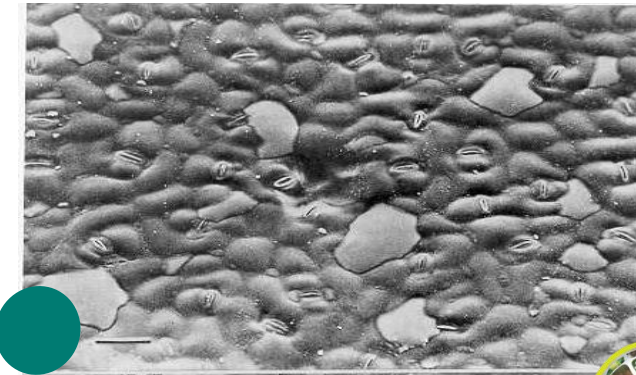
Sales insolubles = no pueden penetrar la cutícula

Los óxidos son elementos insolubles y solo pueden absorberse a través de las aberturas estomáticas. Esto significa que solo están disponibles para la planta en algunos casos y después de largos períodos de aplicación. Después de su aplicación, abundantes residuos insolubles se pueden ver en la superficie de la hoja bajo un microscopio.

Residuos metálicos permanecen en la superficie externa (racimos del tamaño de unas pocas micras)



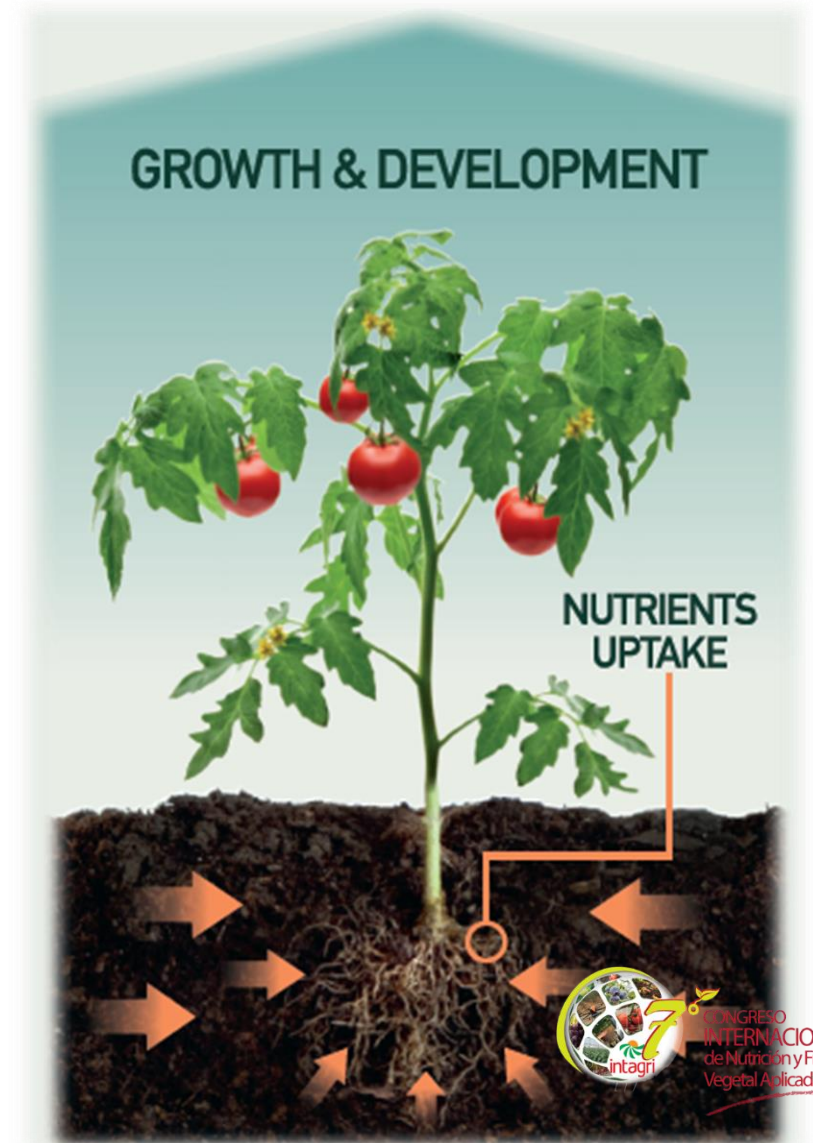
Gran cantidad de residuos metálicos causados por aplicaciones de óxidos.



Con LSA y formulación estable, la solución adsorbe rápidamente y no deja residuos en las hojas

ESTIMULAR LA ABSORCIÓN Y LA FORMACION DE RESERVA

Extracto Vegetal desarrollado específicamente para aumentar la capacidad de absorción



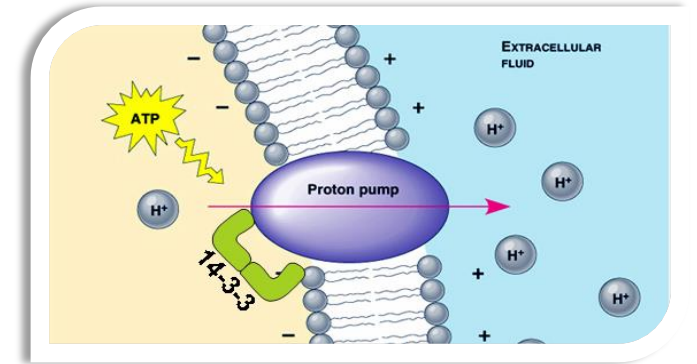
ESTIMULAR LA ABSORCION Y LA FORMACION DE RESERVA

CAIDRINA



1° Acción

Las "bombas protónicas" están en el centro de la capacidad de las plantas para absorber nutrientes; de hecho, su capacidad de expulsar los protones (H^+) de la célula es un factor crucial en la nutrición de las plantas. Estas estructuras están directamente influenciadas por la actividad de la Caidrina (CAS RN 5988-22-7). 2° Acción La caidrina también favorece la introducción de nutrientes en forma de moléculas complejas (proteínas, polisacáridos), cuya síntesis, necesaria para el crecimiento de todas las plantas, es favorecida y mejorada.

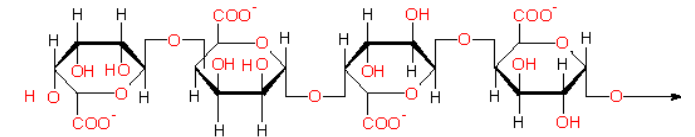
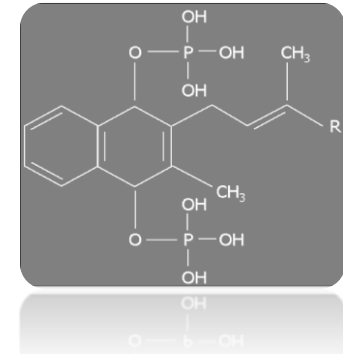


ÁCIDO ALGÍNICO

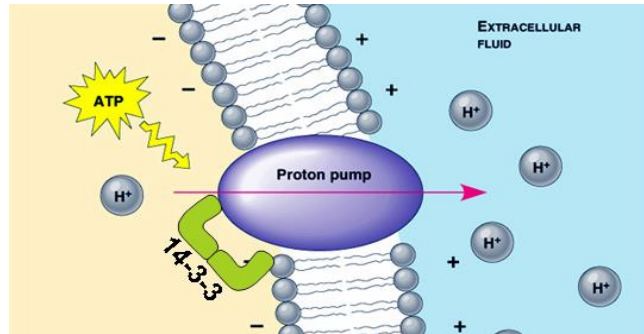


2° Acción

El ácido algínico funciona en sinergia con la Caidrina para mejorar la absorción de nutrientes, gracias a su acción compleja sobre los nutrientes en el suelo. Como resultado, la presencia de Caidrina, que optimiza su penetración, aumenta la concentración de estos compuestos en las células de la planta.



ESTIMULAR LA ABSORCION Y LA FORMACION DE RESERVA



Locus Identifier	AnnotationAnnotationAnnotationAnnotation	FUNCTION	ACTIWAVE
AT4G23700	ATCHX17 (CATION/H+ EXCHANGER 17); m	TRANSPORT	4
AT5G13580	ABC transporter family protein	TRANSPORT	4
AT3G02850	SKOR (stelar K+ outward rectifier); cyclic nucl	TRANSPORT	3
AT1G78000	SULTR1;2 (SULFATE TRANSPORTER 1;2);	TRANSPORT	3
AT5G17860	cation exchanger, putative (CAX7)	TRANSPORT	3

RAIZ Y SUELO



Mejorar la fertilidad



Desarrollar las raíces

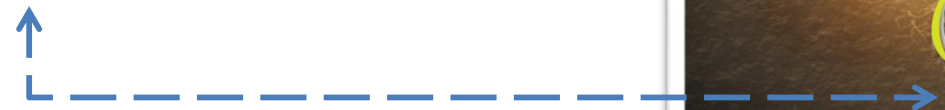


RAICES

Extracto Vegetal desarrollado para el desarrollo radicular

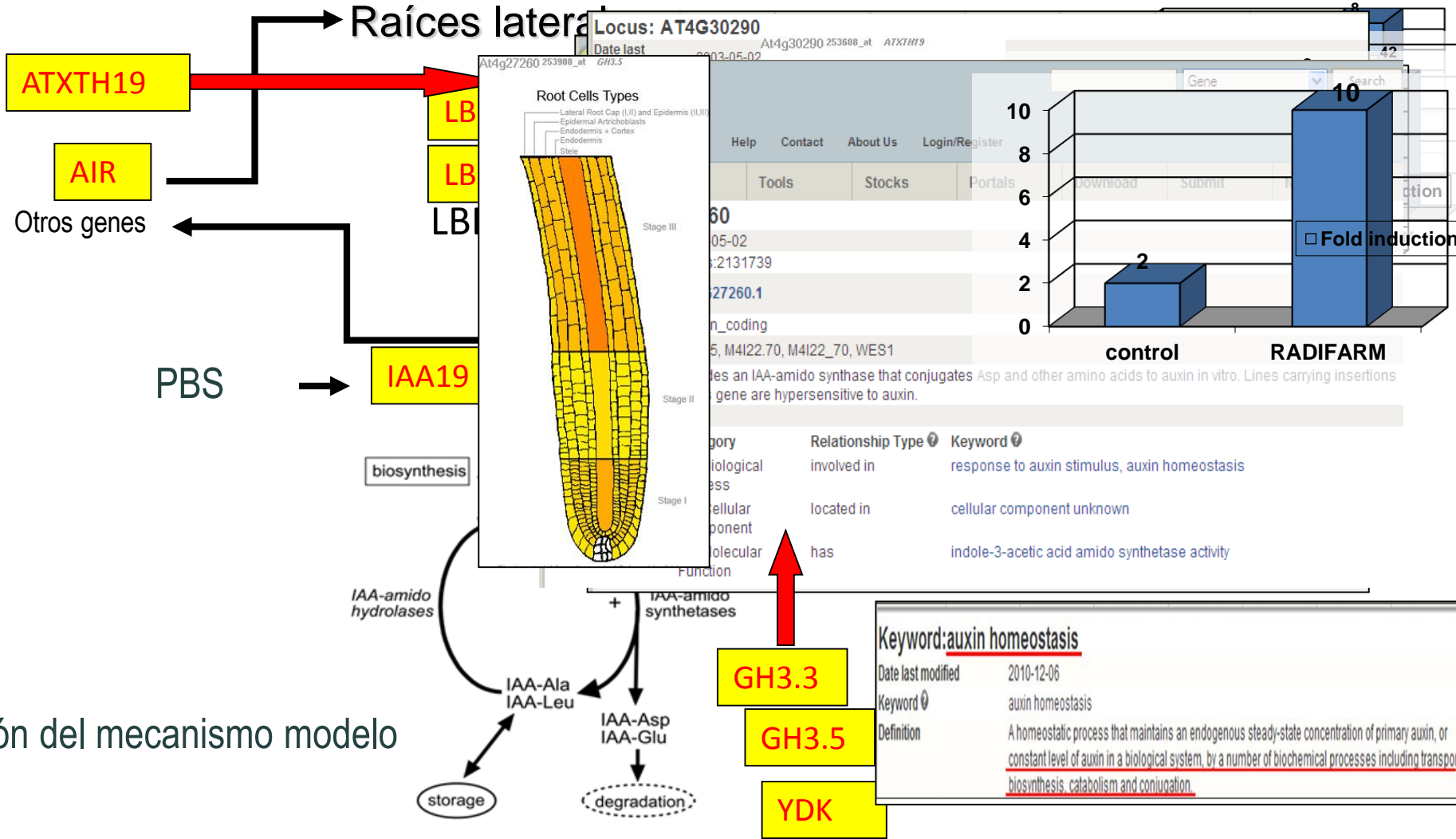


RAICES



RAICES

Estimula El Desarrollo Del Sistema Radicular

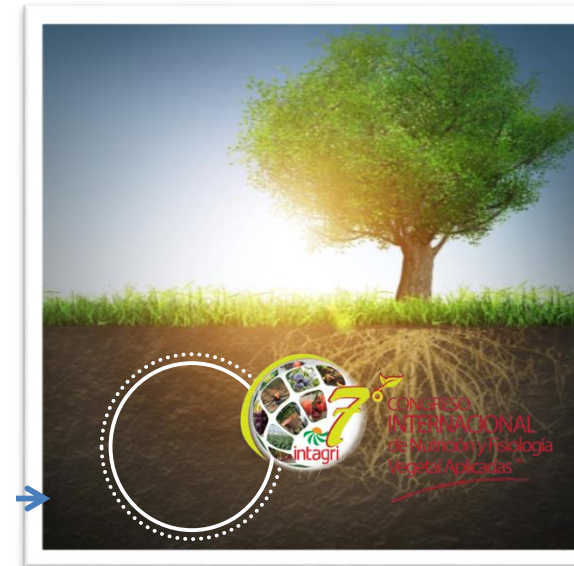


Acción del mecanismo modelo



Los ácidos húmicos seleccionados presentes en el producto son responsables de la inhibición del IAA (Ácido Indolacético) oxidasa; esta acción ayuda a mantener un nivel más alto de IAA (Ácido indolacético) en los tejidos vegetales y estimular el crecimiento. Las vitaminas en la fórmula (Vitaminas PP, B9 y B6) están directamente involucradas en el transporte enzimático de los grupos funcionales responsables de los principales procesos de oxidación y metabolismo de los lípidos. La deficiencia de estos elementos puede causar la parada total del crecimiento de la planta.

Suelo MEJORAR LA FERTILIDAD



MANEJO Y ESTRATEGIA PARA REDUCIR LA ALTERNANCIA A TRAVÉS DE LA NUTRICIÓN Y LA BIOESTIMULACIÓN

Uso de PBS para Manejo estres abioticos

Uso PBS Manejo Cuaje y desarrollo frutales

Uso de PBS con diterpeno despues de la poda



Uso PBS Manejo desarrollo raiz y fertilidad

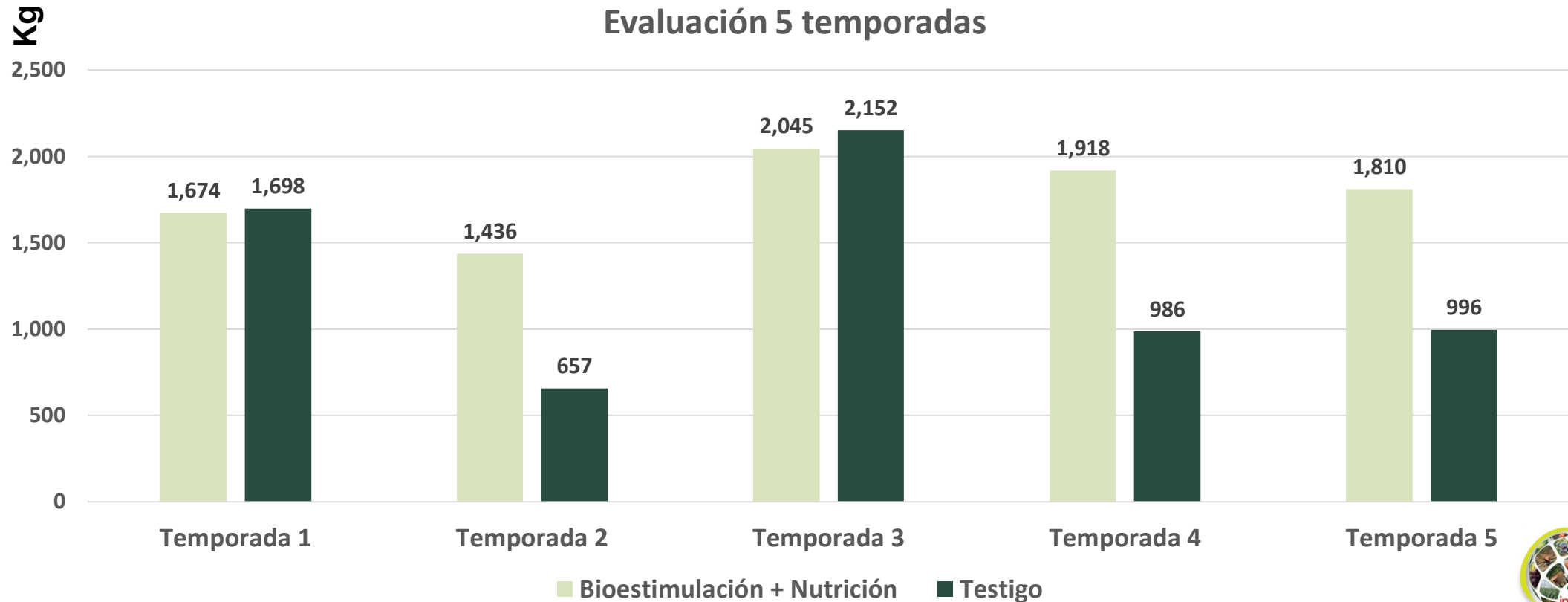
USO PBS Manejo absorcion de los elementos

EVALUACIONES



EVALUACION DEL UN PROGRAMA DE NUTRICION Y BIOESTIMULACION DURANTE 5 TEMPORADAS

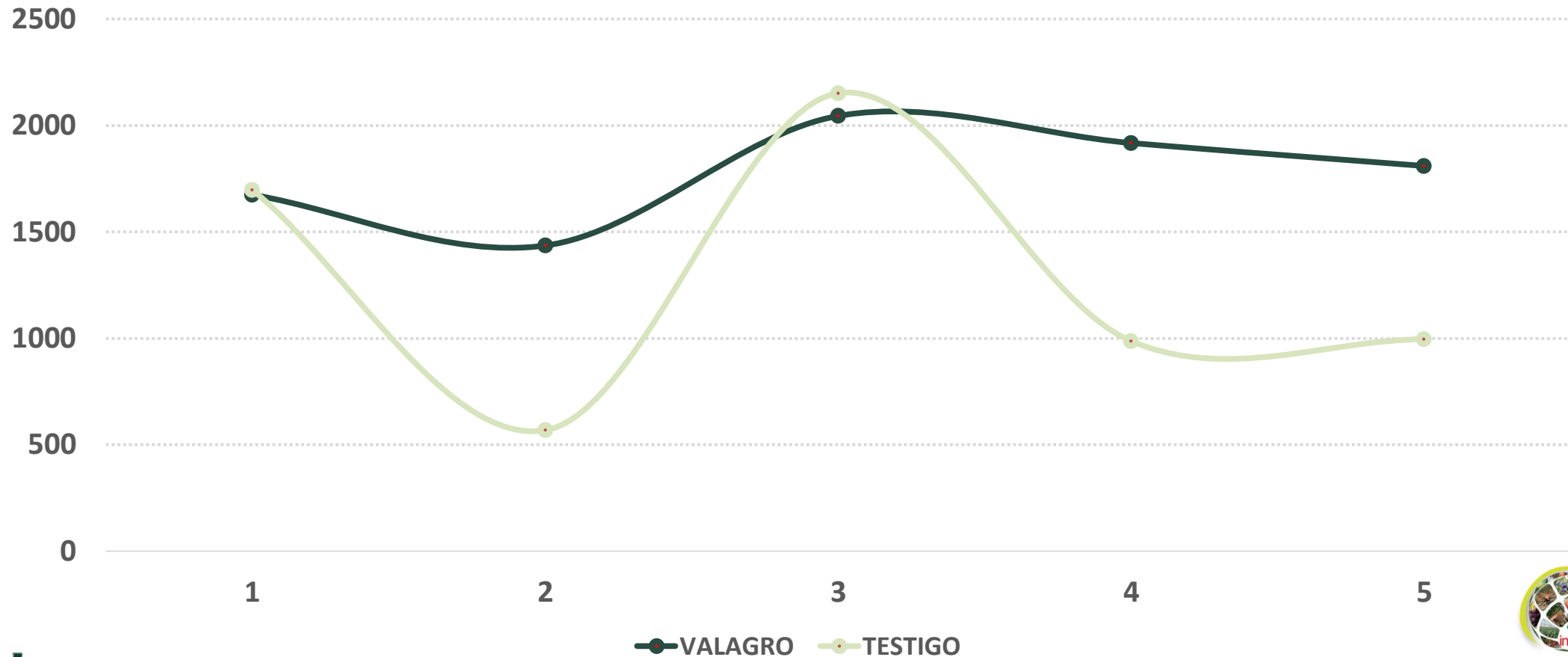
Se ha provado durante los ultimos 5 años un programa de bioestimualcion en arboles de agucacate hass, en la zona de Michoacan, donde se ha encontrado una redduccion considerable de la alternancia de produccion.



TENDENCIA DE PRODUCCION DURANTE 5 TEMPORADAS

Con un programa de bioestimulación y nutrición integral podemos lograr reducir el efecto de la alternancia en el cultivo de aguacate.

Comportamiento en las 5 temporadas



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

Follow us on:



WIN THE GLOBAL CHALLENGE TOGETHER



Where science serves nature