



Stoller
Plant Performance

GUÍA PRÁCTICA DEL CULTIVO DE SOJA

Índice.

Introducción.	3
CAPÍTULO I: Ecofisiología del cultivo de soja.	4
- Ecofisiología y factores que definen rendimiento.	5
- Fecha de siembra.	6
- Densidad y modelos de siembra.	7
CAPÍTULO II: Implantación del cultivo.	12
- Pautas para un buen rendimiento.	13
CAPÍTULO III: Germinación: hormonas promotoras de crecimiento.	17
- Hormonas que regulan la germinación.	18
- Dinámica de la germinación.	19
CAPÍTULO IV: Nitrógeno: un nutriente clave para la soja.	20
- ¿Por qué es tan importante este nutriente para la soja?	21
- ¿Cómo obtiene nitrógeno la planta?	21
- ¿Qué características debe tener un inoculante?	22
- ¿Cómo impacta la inoculación en el cultivo?	23
- ¿Cómo se relaciona la ubicación de los nódulos con la productividad?	23
- ¿Cómo obtener eficiencia en la fijación biológica de nitrógeno?	25
- Aspectos a considerar para una buena nodulación.	26
CAPÍTULO V: Estrés abiótico.	27
- Efectos del estrés abiótico en los cultivos.	28
- Defender el potencial productivo.	29
CAPÍTULO VI: Calcio y Boro en etapas reproductivas.	32
- Cómo hacer que las retenciones jueguen para nosotros.	33
- Calcio y pared celular.	35
- Calcio y floración.	36
- Calcio y crecimiento.	36
- Calcio y estrés.	37
- Estrategias para el aporte de calcio.	38
CAPÍTULO VII: Soja Fuerte.	40
- ¿Qué es Soja Fuerte?	41
- Portafolio Soja Fuerte.	42
- Guía de aplicación.	42

Introducción.

El **cultivo de soja en Argentina** es uno de los principales en la economía argentina. Su expansión en el país forma parte del proceso de «sojización» y del boom de las materias primas que tuvo lugar a comienzos de la década del 2000.

Actualmente, la producción de soja en Argentina ocupa el 47% de la superficie cultivada, lo cual demuestra su peso en la economía nacional. Aunque en la última década se mantiene por debajo de su producción récord, sigue manteniendo preeminencia.

En esta guía práctica compartimos temas de interés que necesitás tener a mano para planificar o consultar rápidamente en esta campaña de soja que, como siempre, trae grandes desafíos a nivel productivo y climático.



Capítulo I

Ecofisiología del cultivo de soja.

FEDERICO D. MORLA

Cultivos Oleaginosos. Departamento de Producción Vegetal.
Facultad de Agronomía y Veterinaria (UNRC).

Ecofisiología del cultivo y factores que definen su rendimiento.

El rendimiento promedio de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) aumentó constantemente tanto a nivel mundial como en Argentina (Di Mauro et al., 2017; Egli & Hatfield, 2014; Grassini et al., 2021). La identificación de los factores involucrados en la variación del rendimiento se convierte en un desafío, debido a las interacciones entre el manejo del cultivo y el ambiente donde se lo produce (Andrade et al., 2010). Con frecuencia, variables ambientales como la condición hídrica de la estación de crecimiento (relacionada al fenómeno El niño, ENSO), y la capacidad productiva (biológica, física y química) de los suelos explican la variación del rendimiento del cultivo a través de los años (Faé et al., 2020). No obstante, **variables de manejo del cultivo, como la fecha de siembra, densidad, elección de cultivares y nutrición**, tienen una importancia preponderante en los resultados que obtiene el productor (Madias et al., 2021; Salvagiotti, 2009; Vitantonio-Mazzini et al., 2020).

Un acercamiento comúnmente utilizado para caracterizar numéricamente la determinación del rendimiento es la resultante del producto de los componentes directos del rendimiento: número de granos por unidad de superficie (granos m⁻²) y el peso individual de esos granos (g).

Desde el punto de vista ecofisiológico, el número de granos, principal componente del rendimiento, se determina en la fase R3-R6, denominada período crítico (PC). Recientes estudios señalan que la variación en la materia seca acumulada durante la fase R3-R6 explicaba mayormente la variación en el número de granos, en comparación con la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y/o la duración de esta fase (Monzon et al., 2021).

Esta acumulación de biomasa está determinada por la radiación solar, la temperatura, el CO₂ atmosférico y los rasgos del genotipo a utilizar (Van Ittersum et al., 2013). Además de las prácticas agronómicas que influenciarán la duración del período de crecimiento, la interceptación de la radiación por el canopeo del cultivo, su conversión en biomasa y su partición hacia los órganos cosechables (Lobell et al., 2009). A su vez, para las condiciones de producción de la región, el manejo del agua es el factor principal sobre el cual trabajar para la obtención de alta producción en soja (Salvagiotti, 2009).

En este manuscrito, se analizarán algunos aspectos del manejo agronómico del cultivo de soja, teniendo en cuenta conocimientos científicos y tecnológicos logrados para la región sojera de Argentina, con énfasis en la región centro sur de Córdoba.

Fecha de siembra.

La elección de la fecha de siembra (FS) tiene como objetivo maximizar el rendimiento y la calidad del producto, procurando ofrecerle al cultivo las condiciones más favorables para la expresión máxima del potencial genético (Mourtzinis et al., 2019).

Posee una alta influencia sobre el crecimiento y definición del rendimiento. Permite, además, contrarrestar los efectos adversos del estrés ambiental, como sequías, temperaturas tanto extremas por defecto (heladas) como sub o supra-óptimas, o condiciones predisponentes para el desarrollo de plagas y/o enfermedades (Bastidas et al., 2008; Rattalino Edreira et al., 2017; Vitantonio-Mazzini et al., 2020).

La fecha óptima de siembra es aquella que permite obtener los más altos rendimientos, varía desde finales de octubre hasta principios de noviembre en la región centro de Argentina. A su vez, la literatura sugiere que FS tempranas permiten capturar mayor cantidad de radiación durante el PC y, por lo tanto, aprovechar el potencial del genotipo utilizado para alcanzar mayores rendimientos. Pero, a su vez, este PC queda expuesto a condiciones desfavorables de estrés hídrico, asociadas a elevada demanda atmosférica de agua, a períodos de sequía y a la ocurrencia de episodios de calor (Grassini et al., 2021; Mourtzinis et al., 2019). Por lo que FS tempranas permiten como objetivo llegar a un mayor potencial de rendimiento bajo condiciones ambientales favorables, pero también a un mayor riesgo productivo (mayor brecha de rendimientos) cuando estas no lo son (Giayetto et al., 2015; Rattalino Edreira et al., 2017).

En la mayoría de las circunstancias, el rendimiento de la soja disminuye constantemente cuando la siembra se retrasa después de la FS óptima. En la región sud oeste de Córdoba, la pérdida de rendimiento resultante de la siembra tardía promedió los 14 kg ha⁻¹ día⁻¹ entre principios de noviembre y principios de enero. Resultados similares se describen para el este de la provincia (Zona Crea Monte Buey - Inrriville) con disminuciones de 16 kg ha⁻¹ día⁻¹.

Morfofisiológicamente, la siembra tardía da como resultado una disminución de la altura de la planta, disminución del número de vainas y granos por unidad de área, lo que conduce a menores rendimientos. El retraso en la siembra también influye en la concentración de proteína y aceite del grano (Bosaz et al., 2019).

Se desarrollan a continuación otras prácticas agronómicas a utilizar muy relacionadas con la FS, como la densidad de plantas y la elección de cultivares, principalmente grupos de madurez (GM).



Densidad y modelos de siembra.

El rendimiento de los cultivos está determinado por la eficiencia con que la población de plantas utiliza los recursos ambientales disponibles. La correcta elección del número de plantas por superficie y su distribución espacial (distancias entre y sobre la línea de siembra) procura alcanzar un punto de equilibrio entre la oferta de recursos y la competencia intraespecífica. Estas prácticas de manejo tienen como objetivo alcanzar el 95% de interceptación de la radiación hacia el inicio del PC (Vega & Salas, 2012). En este sentido, Andrade et al. (2002) recomiendan estrechar la distancia entre surcos en todos aquellos casos en los que no se llegue a cubrir el surco (IAF crítico) al momento del inicio del PC del cultivo.

El grado de indeterminación característico de soja hace que la respuesta del rendimiento del cultivo sea relativamente insensible a un amplio rango de densidades de plantas, ajustándose a un modelo de respuesta del tipo asintótico (Egli, 1988). Esta relativa insensibilidad en la respuesta está dada por la expresión de los mecanismos de plasticidad vegetativa, principalmente la ramificación (Agudamu et al., 2016), y está regulada por el genotipo y las condiciones ambientales. Por lo que situaciones en las que se comprometa la captura de radiación por parte del canopeo o se reduzca el número de nudos reproductivos, como puede ser la baja disponibilidad hídrica, grupos de madurez relativamente cortos o poco ramificadores,

y fechas de siembra tardías, serán las que presenten mayores respuestas al aumento de densidad de plantas y/o el acortamiento de la distancia entre surcos (Vega & Salas, 2012). Estos autores recomiendan para condiciones de producción del centro de Argentina densidades de entre 24 y 36 pl m⁻² en ambientes productivos, e incrementos de densidad del orden del 25% en ambientes de menor calidad.

Se conoce también, que existen diferencias considerables en cómo se distribuye el rendimiento en el tallo principal y las ramas entre los distintos cultivares. Por ello, aquellos cultivares que tienen un rendimiento superior de las ramas deben seleccionarse para hileras anchas, mientras que el mayor rendimiento del tallo principal debe usarse como criterio de selección para planteos de estructura de cultivo de hileras estrechas (Norsworthy & Shipe, 2005).

De similar manera, se observó que disminuciones en la distancia entre surcos favorecen alcanzar mayores rendimientos bajo buenas condiciones ambientales, en las que también es propicia la utilización de cultivares de ciclos más cortos. A su vez, el acortamiento entre hileras favorece la competencia del cultivo con respecto a malezas de difícil control (Rosset & Gulden, 2019). Sin embargo, es conveniente tener en cuenta que densidades altas y surcos estrechos pueden ser contraproducentes en situaciones de sequía progresiva o estrés terminal, ya que la cobertura temprana del canopeo implica un incremento del consumo de agua (Vega & Salas, 2012).

ELECCIÓN DE CULTIVARES

La obtención de altos rendimientos involucra **maximizar la captura de recursos disponibles** por lo que, para la elección de cultivares, el primer paso es seleccionar la duración del ciclo del cultivo, o sea el grupo de madurez (GM) (Grassini et al., 2021). En conjunto con la FS, en la elección del GM deben considerarse:

- 1.- La duración de la estación de crecimiento (período libre de heladas, régimen térmico e hídrico, o factores de manejo como la cosecha del cultivo antecesor).
- 2.- La ubicación del PC (R3-R6).
- 3.- Escape a algunas adversidades (Kantolic et al., 2013).

Dentro de la región sojera argentina se utilizan GM que van del II al VIII (Grassini et al., 2021), mientras que en la región pampeana centro GM III a V (de Felipe et al., 2016; Di Mauro et al., 2018; Madias et al., 2021; Vitantonio-Mazzini et al., 2020). **Los cultivares de ciclo corto**, de baja área foliar por planta y plasticidad vegetativa, presentan una mayor dificultad para alcanzar una intercepción completa ante condiciones ambientales desfavorables, sin embargo permiten mejor captación de recursos durante el PC y llenado de granos, por lo que en ausencia de limitaciones severas resultan ventajosos.



Al contrario, cultivares de ciclo largo y mayor potencial de ramificación, presentan más tolerancia al estrés ambiental (Giayetto et al., 2015).

Generalmente, la producción de biomasa es mayor cuando **el ciclo es más largo**, pero esto no implica mayores rendimientos, ya que el peso del grano puede modificarse con la disponibilidad de recursos durante la etapa en la que el mismo se define (Kantolic et al., 2013). En este sentido, Vitantonio-Mazzini et al. (2020), señalan a la FS y la elección del genotipo como las prácticas de manejo de mayor impacto en el rendimiento de soja de la región pampeana centro.

Una vez definido el GM, se seleccionará el cultivar según su potencial y estabilidad de rendimiento, resistencia o tolerancia a adversidades bióticas o abióticas, susceptibilidad al vuelco, entre otras (Kantolic et al., 2013). En la actualidad, existen 1088 cultivares inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares (INASE), los que han demostrado ser uniformes, estables y diferentes a cualquier otro cultivar registrado anteriormente. Al analizar 174 cultivares liberados al mercado entre 1980 y 2015, de Felipe et al. (2016), cuantificaron que el progreso genético fue de 43 kg ha⁻¹ año⁻¹, o 1,1% año⁻¹.



Y que fisiológicamente este progreso se explica principalmente por una mayor acumulación de biomasa aérea, asociada con un aumento de la eficiencia de uso de la radiación y la absorción total de N por parte de los cultivares modernos (de Felipe et al., 2020).

La revolución biotecnológica, como herramienta para el mejoramiento genético, permitió reducir el uso de plaguicidas y aumentar los rendimientos, disminuyendo además los costos de producción. Por estas razones, el 96,5% de la soja producida en Sudamérica es transgénica (Neto et al., 2020). Estos autores citan estos principales eventos genéticos como los más importantes en soja: Roundup Ready® RR; Bt ®; Inox® (resistencia a roya, usada en Brasil); Intacta® e Intacta RR2 Pro®; Liberty Link®;

Conkesta Enlist E3®; Cultivance®, señalando además, un gran número de eventos genéticos todavía en etapas experimentales. También, el mejoramiento genético podría ayudar a mitigar los impactos negativos proyectados del cambio climático en el rendimiento del cultivo. Rasgos tolerantes a la sequía están dando resultados prometedores, como, por ejemplo, en la estabilización de las tasas de transpiración (Devi et al., 2014). En este sentido, recientes estudios muestran que el gen HB4 pudo conferir tolerancia a la sequía y mayores rendimientos en soja probadas a campo, particularmente en ambientes cálidos y secos (Ribichich et al., 2020).



MANEJO NUTRICIONAL

Los aumentos sostenidos en el rendimiento de los cultivos incrementó la demanda de nutrientes por parte de los mismos. Esto contribuyó a una disminución en el nivel de algunos macro y micronutrientes, principalmente en aquellos lotes de agricultura continua (Sainz Rozas et al., 2013). No obstante, la fertilización en soja es una práctica menos frecuente en Argentina, respecto a los cereales.

El nitrógeno (N) es el nutriente más limitante para la productividad de los cultivos en general; el rendimiento de soja se correlaciona positivamente con la absorción total de N, y entre el 44-72%, dependiendo de la actividad de los rizobios, generalmente se explica por la fijación biológica de nitrógeno (FBN), en complemento del N mineral que aporta el suelo (Ciampitti & Salvagiotti, 2018). El proceso de FBN se considera extremadamente sensible e influenciado por distintos nutrientes y condiciones ambientales (Santachiara et al., 2019). Se conoce que la FBN se reduce por la alta disponibilidad de nitratos en el suelo, condiciones de anegamiento, altas y bajas temperaturas, y episodios de estrés hídrico. Por el contrario, se ha informado que la radiación, la concentración de dióxido de carbono y la disponibilidad de nutrientes (P, K y S) tienen efectos potenciadores (Divito & Sadras, 2014). Estudios recientes demostraron que el N puede ser un limitante del rendimiento de la soja en ambientes de alta producción (> a 4500 kg ha⁻¹) (Cafaro La Menza, 2019). Por lo que prácticas de manejo tendientes a mejorar estas condiciones antes mencionadas favorecerán la FBN.

Al respecto, existen buenos resultados con: fertilización balanceada (Díaz-Zorita et al., 2019), adición de micronutrientes (Mo + Co) al tratamiento de semillas (Campo et al., 2000), fertilización con nitrógeno por fuera de la zona de nodulación (Salvagiotti et al., 2008), co-inoculación con otras bacterias (Morla et al., 2019) o microorganismos. Aunque algunas de estas tecnologías requieren seguir siendo ajustadas y validadas.

En la región pampeana argentina, el nutriente más limitante para producción de soja es el fósforo (P) (Salvagiotti et al., 2021). La respuesta esperada a la fertilización con P está relacionada a la disponibilidad del nutriente, P extractable (Bray I), en la capa arable (0- 20 cm) del suelo. El análisis de suelo previo a la siembra es una herramienta confiable como insumo en la decisión de manejo de este nutriente. Varias redes de ensayos en la región pampeana determinan valores críticos de entre 9 y 17 mg kg⁻¹ (15 mg kg⁻¹ para el sur de Córdoba), por debajo de los cuales el cultivo de soja responde a la fertilización (Gutiérrez Boem & Salvagiotti, 2014).

El azufre (S) es otro macronutriente de relevancia en el cultivo. Relacionado con la síntesis de aminoácidos y proteínas, su deficiencia tiene efecto sobre procesos enzimáticos como la fotosíntesis (Salvagiotti et al., 2021). La relación entre la respuesta de rendimiento de soja a la fertilización azufrada y las variables de suelo o ambiente no están todavía cuantificadas de forma consistente en la región pampeana.

Concentración de sulfatos en el suelo a la siembra se presenta como buen predictor, aunque todavía el número de ensayos en la región es bajo.

Es conocido que S se encuentra muy asociado a la materia orgánica del suelo, por lo que la decisión de fertilizar con S se basa en un criterio agronómico en el que se contemplan los antecedentes de la zona, la historia de uso de suelo, rotaciones realizadas, la longitud del barbecho, y el rendimiento objetivo del sistema de producción (Gutiérrez Boem & Salvagiotti, 2014).

Varios micronutrientes han tomado importancia en los sistemas de producción pampeanos, y su incorporación al esquema de manejo nutricional del cultivo podría generar incrementos adicionales en el rendimiento (Gaspar et al., 2018). Algunos ejemplos son, como se mencionó anteriormente, el **cobalto (Co)** y el **molibdeno (Mo)** aplicados vía tratamiento de semilla, importantes en el proceso de FBN. El **boro (B)**, esencial por su participación

en la **diferenciación y retención de estructuras reproductivas**, mostró respuestas significativas en aplicaciones foliares de 0,28 a 1,12 kg B ha⁻¹ previo al inicio del PC (R2) (Ross et al., 2006). El **cinc (Zn)**, con frecuencia relacionado a los cereales, también ha mostrado respuestas tanto a nivel de rendimiento como a la concentración en grano (**biofortificación**), cuando se lo aplica tanto en el suelo, en semilla o de manera foliar (Martínez Cuesta & Carciochi, 2016).

No existe mucha información local al agregado de otros nutrientes (Gaspar et al., 2018). Sin embargo, puntualmente se han observado aumentos de rendimiento por la aplicación de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Gutiérrez Boem & Salvagiotti, 2014).

CONSIDERACIONES FINALES

Identificar los factores ecofisiológicos que definen y limitan los rendimientos de soja es el primer paso para poder guiar prácticas de manejo tendientes a lograr máximos rendimientos y disminuir las brechas existentes en la actualidad.

A través de prácticas de manejo, como la fecha de siembra y elección del genotipo, se debe lograr hacer coincidir los períodos de definición del rendimiento (PC) con la mayor oferta de recursos disponibles.

Realizar una fertilización balanceada, acompañando al mantenimiento de la fertilidad integral del suelo, asegura que no existan limitaciones en la actividad fisiológica del cultivo. Existen, además, otras tecnologías disponibles, como el uso de bioestimulantes, reguladores de crecimiento, biofertilizantes, o microorganismos con actividad PGPR, que pueden ser adaptadas y utilizadas en el cultivo.

Otros manejos agronómicos como la protección de los cultivos, rotaciones, antecesores, entre otros, no están desarrollados en este informe, sin embargo son de mucha importancia para la producción del cultivo.



Capítulo II

Implantación del cultivo.

Ingeniero Agrónomo: M. SC. LUIS VENTIMIGLIA

Pautas para un buen rendimiento del cultivo.

Para la buena implantación del cultivo de soja hay que tener en cuenta una serie de pautas las cuales, en su conjunto, contribuirán inicialmente al primer paso para aspirar a un buen rendimiento, es decir, el logro del cultivo.

I BARBECHO QUÍMICO

Es una práctica casi indispensable para mantener el lote libre de malezas. Todo dependerá de la rotación que este lleve y también de las condiciones ambientales. En general, los años húmedos son más propensos a mayores nacimientos de malezas, las que se deben controlar, principalmente, a efectos de que no se lleven el agua, vital elemento de vida. En años como los que venimos teniendo últimamente con “La Niña”, se torna más imprescindible poder preservar el agua para los cultivos.

Normalmente, además de utilizar algún activo de acción total, se deben usar otros que tengan una acción residual, para evitar la germinación de nuevas camadas de semillas.

Se debe llegar al momento de implantación con el lote libre de malezas, o en el peor de los casos, con una presión de las mismas muy baja y con malezas pequeñas, las cuales serán controladas con la aplicación de diferentes principios activos que integran la mezcla de productos, ayudados con los preemergentes utilizados.

2 CALIDAD DE SEMILLA

Contar con una semilla viable, con muy buena energía y poder germinativo, es vital para lograr comenzar a pensar en obtener un buen cultivo.

Cuando se trabaja con semilla original o de primera multiplicación, adquirida en un comercio responsable, tenemos la seguridad de contar con una buena semilla. Si bien hay una cantidad importante de simiente que se adquiere de esta manera, también es real que muchos productores utilizan semilla propia o semilla de algún vecino.

En este caso, es clave mandar a hacer un análisis a un laboratorio específico, antes de la clasificación de la misma y también, otro posterior a la clasificación y próximo a la siembra.

En el camino, pueden ocurrir un número importante de acontecimientos, los cuales en general son nocivos para la buena germinación de la semilla.

El dinero invertido en estos análisis, el cual será mínimo en los costos de cualquier cultivo, es imprescindible para saber la calidad o la problemática que puede tener la semilla que se va a sembrar.

3 REGULACIÓN DE LA MÁQUINA SEMBRADORA

Es otra operación para la cual el productor, sembrador o responsable, debe invertir un cierto tiempo para lograr el objetivo perseguido. El mismo pretende que cada semilla se ubique de tal manera, que tenga las condiciones adecuadas para poder transformarse en una plántula.

Partimos de la base que la máquina debe estar limpia; tanto los órganos de siembra, como también aquellos que distribuyen el fertilizante de base. Ver que el árbol de cuchillas este bien nivelado, esto no quiere decir que todas las cuchillas se encuentren a la misma altura, sino que todas las cuchillas se encuentren cortando a la misma profundidad.

Chequear en todos los surcos la profundidad de siembra. Puede haber surcos, por ejemplo, aquellos que son pisados por el tractor que, al comprimir el suelo, requieran una regulación de las cuchillas y de los órganos que comandan la profundidad de siembra diferente al de los otros surcos.

Recordemos que la soja es muy sensible a emerger. Requiere absorber una cantidad importante de humedad, mucho más que las gramíneas.

La soja es una dicotiledónea, esto quiere decir que la semilla se dividirá en dos partes (cotiledones) que serán empujadas hacia arriba por un órgano llamado hipocotíleo, el cual llevará a esos cotiledones al exterior del suelo.

A diferencia de las gramíneas, las cuales presentan una especie de punzón, las leguminosas no tienen la “aerodinámica” suficiente para poder emerger fácilmente.

La profundidad de siembra no debe pasar nunca los 5 cm; a más profundidad, las posibilidades de lograr malas emergencias son mucho más probables.

La semilla debe quedar en la parte húmeda del suelo, apretada y cubierta con la tierra suficiente para que le permita absorber por imbibición el agua del suelo, así se podrán hidratar y desencadenar el proceso de germinación.

4 APOORTE DE PRODUCTOS PARA AYUDAR EN LA IMPLANTACIÓN

Existen diferentes productos que se deberían siempre incorporar en la semilla antes de sembrar. Nunca se debería sembrar una soja sin inocular la semilla o el suelo, si el método es chorreado.

La inoculación puede llevar diferentes productos, pero el que nunca debe faltar es la bacteria *Bradyrhizobium Japónicum*, la cual asegura la fijación de nitrógeno, clave para una especie como la soja, que es nitrógeno dependiente.

De ser necesaria, también se debe recurrir a la utilización de un fungicida. Esto lo podremos saber en función del análisis de suelo, condiciones de siembra, cultivo antecesor, época de siembra, etc.

Conjuntamente, se deberían utilizar otros productos, por ejemplo, un bioestimulante.

Como su nombre lo indica, los mismos estimulan diferentes procesos metabólicos, los cuales son claves, no solo para una buena implantación, sino también para el desarrollo posterior del cultivo.





Capítulo III

Germinación: hormonas promotoras de crecimiento.

La importancia de las hormonas promotoras del crecimiento durante la germinación.

HORMONAS DE MAYOR IMPORTANCIA QUE REGULAN ESTE PROCESO

La germinación se genera con el ingreso de agua a la semilla, proceso que se conoce como imbibición.

Posteriormente, se desencadenan una serie de mecanismos fisiológicos que involucran a las hormonas promotoras de crecimiento.

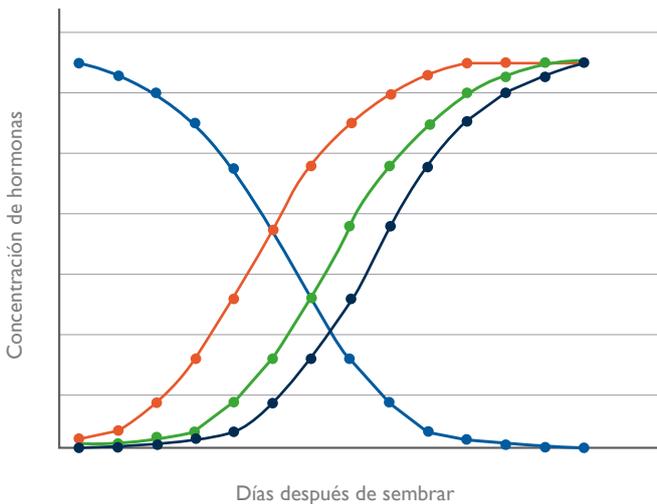
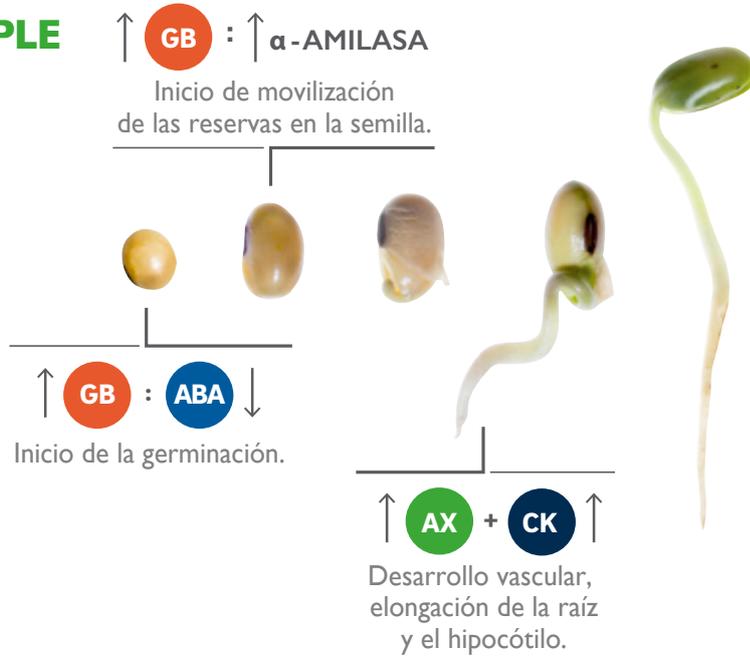
GIBERELINA

CITOQUININA

AUXINA

Dinámica de la germinación.

¿QUÉ FUNCIÓN CUMPLE CADA HORMONA EN ESTE PROCESO?



- ABA** **ÁCIDO ABCSÍCO:** Hormona que mantiene la dormancia de la semilla.
- GB** **GIBERELINAS**
- AX** **AUXINAS**
- CK** **CITOQUININAS**



Capítulo **IV**

Nitrógeno: un nutriente clave para la soja.

Dr. FABRICIO CASSÁN.

Laboratorio de Fisiología Vegetal y de la Interacción Planta-Microorganismo.
Instituto de Investigaciones Agrobiotecnológicas (INIAB-CONICET).
Universidad Nacional de Río Cuarto.

Este artículo presenta un conjunto de preguntas y respuestas relacionadas al cultivo de soja, los tratamientos biológicos para esta especie y su importancia en agricultura.

¿Por qué es tan importante el nitrógeno para el cultivo de soja?

La disponibilidad de N es el determinante clave para el rendimiento del cultivo de soja. Para producir una tonelada de granos, se requieren aprox. 70-80 kg de nitrógeno (N).

El promedio de rendimiento del cultivo en Argentina es de aprox. 2500-3000 kg.ha⁻¹, por lo que necesita incorporar cerca de 240 kg.ha⁻¹ de N para alcanzar ese rendimiento.

Teniendo en cuenta que los suelos agrícolas no contienen la cantidad necesaria de N para satisfacer las demandas del

cultivo, se plantean dos estrategias de manejo para alcanzar tales rendimientos: una estrategia basada en el aporte de químico del mineral o fertilización química y una estrategia de fertilización biológica o biofertilización.

En la actualidad y en nuestro país, debido a razones tanto económicas como agroecológicas, la práctica de fertilización biológica, biofertilización o inoculación es considerada la más importante.

¿Cómo obtiene nitrógeno la planta?

La soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] es una leguminosa que establece relaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno, denominadas de manera general como rizobios. Como resultado de esta asociación, se forman nuevos órganos en las raíces de las plantas inoculadas, denominados nódulos, donde se lleva a cabo el proceso de Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN). Así, la FBN explica casi un 60% de la nutrición nitrogenada, que demanda cerca de 80 kg (65 kg aportados por la FBN y 15 kg aportados desde el suelo por absorción) por cada tonelada del cultivo producida.

Se estima que alcanzando un 75% de aporte de nitrógeno por FBN, el balance final del suelo no se ve empobrecido en el contenido del mismo, por lo que el proceso se considera altamente sustentable.



¿Qué características debe tener un inoculante?

Un inoculante debe estar formulado con bacterias **específicas e infectivas** de la especie vegetal de interés. En el caso de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.], la inoculación debe realizarse únicamente con cepas seleccionadas de *B. japonicum*, *B. diazoefficiens* o *B. elkanii*. No habrá nodulación si no se utiliza el microorganismo específico.

La **infectividad** de los inoculantes se relaciona con la cantidad y estado fisiológico de las bacterias provistas sobre las semillas.

El número de bacterias viables aportadas por el inoculante debe ser adecuado para superar la competencia generada por las cepas naturalizadas del suelo. En la mayoría de los casos, las empresas declaran **una garantía** para cada producto, con el detalle de la cantidad de bacterias viables presentes a la **fecha de vencimiento**. Este valor compromete la funcionalidad del producto por lo que se considera una referencia para establecer su **aptitud microbiológica**.

En la mayoría de los casos, la garantía se encuentra entre los **100 y 1000 millones de bacterias viables por mililitro** del

producto, pero el SENASA establece un valor mínimo de referencia de 100 mil millones (**1e+8 ufc.ml⁻¹**) a la fecha de vencimiento.

Por otro lado, las bacterias deben encontrarse en un estado fisiológico óptimo al momento de la inoculación y así, los factores estresantes asociados a su deposición sobre las semillas o la consecuente competencia frente a los rizobios naturalizados en el suelo.

En la actualidad, el SENASA recomienda un **título no inferior a 80.000 bacterias viables aportadas por semilla**, pero este cálculo se obtiene sobre la base a la **dosis** del producto y no en base a la supervivencia de las bacterias sobre las semillas. **Ejemplo:** si usamos un inoculante con un título de **1e+9 ufc.ml⁻¹** y una dosis de 3 ml.kg⁻¹ (150 ml cada 50 kg de semillas) aportaríamos en teoría más de 600.000 bacterias por semilla; sin embargo, el problema no es el aporte (teórico) de bacterias, sino su recuperación real desde las semillas.

Se ha estimado que entre el 80-90% de las bacterias provistas por el inoculante durante la inoculación mueren luego de 4 horas, por lo que el **acondicionamiento fisiológico** de las bacterias o la presencia de **protectores bacterianos** se considera clave para el tratamiento de semillas, sobre todo en aquellas sometidas a **tratamiento profesional**, por las que son pre-inoculadas hasta 60 días antes de la siembra.

¿Cómo impacta la inoculación en el cultivo?

El INTA, junto con otras instituciones de ciencia y técnica de nuestro país, han determinado el impacto promedio de la inoculación y el aporte de nitrógeno de la FBN en el cultivo de soja.

En promedio, la proporción de N derivado de la FBN representa cerca del 60% de la absorción total de N por la planta. En términos absolutos, el N derivado del FBN alcanza un valor aprox. de 150 kg N.ha⁻¹ y se relaciona positivamente con el rendimiento en granos con aprox. 5 kg N.ha⁻¹ fijada por cada tonelada de granos producida. Desde el punto de vista del rendimiento, la producción nacional de soja ha mostrado un crecimiento sostenido en el área de cultivo como en el rendimiento medio individual y esto se ha

correlacionado principalmente con la incorporación de nuevas tecnologías en base biotecnológica, tales como genotipos con mayor potencial de rendimiento y el uso de inoculantes y con otras prácticas y tecnologías asociadas al manejo del cultivo de manera general.

Se estima que la inoculación con *B. japonicum* en de semillas de soja (sobre más de un millar de casos estudiados) produce un incremento promedio de más de 220 kg.ha⁻¹, lo que representa aprox. un 8 %, con una frecuencia de éxito superior al 80% y para las que el incremento específico se estima en más de 320 kg.ha⁻¹ con un aumento aprox. de un 11 %.

¿Cómo se relaciona la ubicación de los nódulos con la productividad?

En las leguminosas anuales, como la soja, la tasa de FBN varía a lo largo del ciclo de cultivo. Es nula en los estadios iniciales y muy baja en los estadios vegetativos de la ontogenia; sin embargo, son etapas críticas para el establecimiento de la simbiosis y la formación de los nódulos. Durante el

desarrollo ontogénico, el crecimiento de las raíces se produce a partir de tejidos especializados denominados meristemas, que se localizan en el extremo de tales órganos.

A continuación, y en sentido acrópeto (hacia la parte aérea), podemos identificar una **zona diferenciada de pelos radicales, en la que se produce la absorción de agua y nutrientes y el inicio de la simbiosis con rizobios** en un complejo proceso biológico que implica el enrulamiento de los pelos radicales y la posterior formación del hilo de infección, que consecuentemente definirán el proceso de organogénesis

y formación del nódulo en la raíz. Teniendo en cuenta este modelo, en una radícula emergente, conteniendo su zona mersitemática y de pelos absorbentes, la segunda definirá la formación de los primeros nódulos en la raíz principal en etapas tempranas del crecimiento de la plántula.

Con el crecimiento en longitud orientado hacia el centro de la tierra, esta zona de la raíz permanecerá en la parte superior del órgano y será denominada **zona de la corona o del cuello** y se corresponderá cronológicamente con la zona más antigua y la más importante desde el punto de vista de la FBN. Las bacterias provenientes del inoculante se multiplican alrededor de la semilla luego de la inoculación formando una nube densa a su alrededor.

Cuando la radícula emerge, arrastra consigo una fracción de bacterias de esta nube, las que se adhieren y ponen en contacto con los pelos radicales, para dar inicio al proceso de nodulación. En la medida en que la raíz crece, la zona de los pelos absorbentes se aleja de la superficie y de la nube de rizobios y esto disminuye la probabilidad de formación de nuevos nódulos con las bacterias del inoculante. Si bien algunas de estas células pueden acompañar el crecimiento de la raíz, la misma será interceptada por otros rizobios de la flora aloctona que competirán con los del inoculante por nuevos sitios activos en la raíz. Así, en condiciones óptimas, la población de rizobios del inoculante ocupará la zona privilegiada de la corona y la población autóctona será responsable de la nodulación de las raíces laterales. Así, aunque los nódulos de las raíces laterales contengan bacterias capaces de fijar nitrógeno, estos tienen menor actividad que aquellos ubicados en la raíz principal.

En trabajos desarrollados por el INTA se comprobó que la actividad de FBN específica de los nódulos de la raíz principal era mayor con una tasa de $36,02 \mu\text{M.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$ y comparada con la de los nódulos de las raíces laterales de $2,86 \mu\text{M.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$, lo que representa una relación 10 veces mayor de la capacidad de los nódulos de la zona de la corona para sostener el metabolismo nitrogenado de la planta. La mayor tasa FBN se producirá durante las etapas reproductivas del cultivo, coincidentes con el fin de floración y llenado de grano y será coincidente con la mayor demanda de nitrógeno por parte del cultivo.

ALGUNOS DATOS INTERESANTES:

Los suelos sin historia de cultivo de soja no contienen bacterias del género *Bradyrhizobium* o *Ensifer* con capacidad de establecer simbiosis con soja. La práctica de inoculación determina la liberación y naturalización de las bacterias del inoculante en los suelos sojeros, donde pueden persistir por largos períodos de tiempo. Durante el proceso de adaptación, las bacterias del suelo aumentan su tolerancia a condiciones desfavorables por lo que se consideran más competitivas; sin embargo, al mismo tiempo disminuyen su capacidad de fijar nitrógeno de manera simbiótica por lo que se consideran menos eficientes. En suelos con historia de cultivo, más del 75 % de los nódulos de una planta de soja se forman por bacterias de la población naturalizada y menos de 25 % por aquellas introducidas por el inoculante.

Teniendo en cuenta esta relación, para que se formen mayor cantidad de nódulos con cepas del inoculante, se requiere una alta concentración de células viables en el inoculante y sobre las semillas. Se estima que debe existir una relación de más de 1000 veces en la cantidad de bacterias aportadas por el inoculante y más de 10 veces de las bacterias recuperadas de las semillas, en comparación a la cantidad de bacterias naturalizadas. Finalmente, es necesario mencionar que la inoculación de plantas adultas o la inoculación foliar no son prácticas factibles, debido a que la simbiosis ocurre en células radicales en activo crecimiento.

Fuente: <https://agrospray.com.ar/blog/produccion-de-soja-en-argentina/>



¿Cómo obtener eficiencia en Fijación Biológica de Nitrógeno?

FBN

FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO

N

NITRÓGENO

- Producción de Aminoácidos.
- Formación de Proteínas.
- Componente de Clorofila.
- Componente de Citoquinina.
- ATP.
- Componente de ADN.
- RuBisCo (Fotosíntesis).

TRATAMIENTO

Realizar el tratamiento de semillas adecuado siguiendo las instrucciones.

NUTRICIÓN

Nutrición de plantas adecuada y de forma equilibrada. Poner énfasis en utilización de Mo y Co para mejorar el proceso de FBN.

INOCULACIÓN

Alta concentración de bacterias.
Nódulos grandes en raíz primaria (20-25% más eficientes).

Los mejores resultados en FBN

CALIDAD

Utilizar inoculante con adecuada concentración de bacterias y con garantía de calidad.

FACTORES DETRACTORES

Realizar un manejo coherente para reducir posibles factores que pueden perjudicar la FBN.

Aspectos a considerar para una buena nodulación.

NÚMERO	UBICACIÓN (En raíz principal)	COLORACIÓN
<p>ESTADO VEGETATIVO (V4): 8-10 Nódulos/Planta sobre raíz principal.</p>		 <p>ACTIVO</p>
<p>REPRODUCTIVO (R1): +15 Nódulos/Planta sobre raíz principal</p>		 <p>INACTIVO</p>
		 <p>MUERTO</p>



Capítulo **V**

Estrés abiótico.

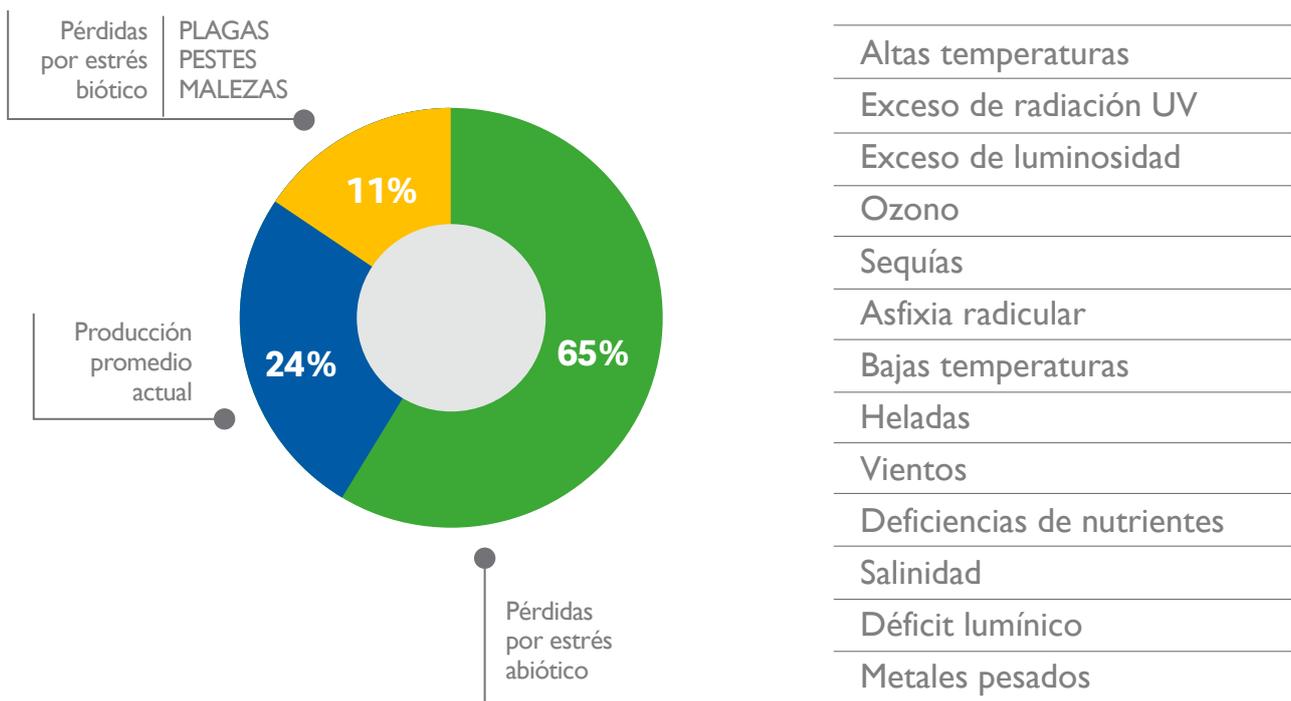
Ingeniero Agrónomo: WENCESLAO TEJERINA.
Agroestrategias Consultores.

Efectos del estrés abiótico en los cultivos.

Sabemos bien que el estrés no es propio únicamente de los humanos, lo mismo ocurre en las plantas de nuestros cultivos. Lo vemos claro cuando estamos en presencia de una fitotoxicidad de un herbicida o cuando una granizada arrasa con gran parte de nuestros cultivos. Asimismo, acostumbramos a hablar de estrés hídrico cuando se dan faltas de lluvias en determinados períodos.

Para presentar el tema y tener claro de qué hablamos cuando hablamos de estrés, vamos a ver el gráfico siguiente:

EFFECTO DEL ESTRÉS ABIÓTICO EN LA PÉRDIDA DE POTENCIAL PRODUCTIVO EN CULTIVOS.



El potencial productivo de nuestros cultivos se construye con una base del 24% que es la producción promedio a la que podemos sumar (o restar) un 11% de producción que está en manos del estrés biótico.

Defender el potencial productivo.

Sabemos bien que el productor argentino es uno de los mejores del mundo. Y lo somos, porque sabemos **defender** bien ese 35% del potencial productivo de los cultivos que producimos.

Y no es casual la aparición en la oración anterior de la palabra **defender**, porque es precisamente lo que hacemos cuando hablamos de estrés biótico: nos defendemos de ataques de plagas, malezas y enfermedades.

En este caso, el estrés es claro en los cultivos, porque lo sabemos identificar y tenemos muy en claro las tecnologías que disponemos para acabar con él.

No es tan así para la pérdida de potencial productivo que causa el estrés abiótico ¡¡y que es del 65%!! ¡Leyeron bien? ¡¡¡65%!!!

En este caso, y salvo algunas excepciones, no sabemos identificarlo y no sabemos cuál es la estrategia a utilizar para atenuarlo y ganar así mayor rentabilidad.

Cuando uno analiza los factores causales del estrés abiótico en nuestros cultivos, parece ser que están definidos por el clima y/o el ambiente y que no tenemos mucho para hacer al respecto. Algunos de los factores mencionados en el gráfico son: altas temperaturas, exceso de radiación UV, exceso de luminosidad, asfixia radicular, bajas temperaturas, salinidad, déficit lumínico, etc. (Figura 1)



Cultivo de Maíz.



Cultivo de Soja.

Como verán, nuestros cultivos entonces están sometidos a estrés abióticos permanentemente. porque siempre hay algunos de estos factores que los está afectando.

Y les quiero comentar que tenemos muchísimo por hacer en este sentido para aumentar los rendimientos

atenuando los efectos del estrés abiótico. Y que las tecnologías de producto están en el mercado y a nuestra disposición.



Figura 1: Cultivo de Soja sometido a estrés abiótico.

Además, todos aquellos que somos técnicos, productores o estamos relacionados a la producción agropecuaria tenemos bien marcado a fuego las sequías y altas temperaturas que hemos sufrido en Pampa Húmeda en las últimas 4 campañas. Es así que el manejo del estrés abiótico toma una relevancia importantísima en el manejo general del cultivo.

Para “bajar” esto a campo, quiero mencionar algunos indicadores que nos darán una idea si el cultivo está bajo algún tipo de estrés: cuando observamos en el

verano que las hojas de los cultivos se acartuchan o muestran el envés, es que están siendo sometidas a estrés hídrico y/o fotooxidación (exceso de radiación lumínica). Cuando esto ocurre, la planta pone en marcha una serie de vías para deshacerse de las **especies reactivas de oxígeno (EROS)** que son tóxicas para los tejidos. Y para que lo entendamos, es muy similar a lo que ocurre en los humanos cuando tomamos antioxidantes para evitar el envejecimiento de tejidos.

Cuando la planta pone en marcha el proceso para deshacerse de los EROS **gasta energía** en este esfuerzo, energía que no es dirigida a la producción y es así que **decaen los rendimientos**.

Como mensaje final, quisiera decir que tenemos que conocer sobre este tema porque es una realidad que afecta a nuestros cultivos y lo va a hacer cada vez con más fuerza en lo que se denomina como cambio climático.

Vale la pena, porque puede sumar hasta un **65% de rendimiento** a lo que rinden nuestros cultivos actualmente.

SÍNTESIS FINAL

Simplemente tenemos que conocer a nuestro enemigo y aliarnos con aquellas herramientas que nos permitan sumar rentabilidad a nuestra producción agropecuaria.



Capítulo **VI**

Calcio y Boro en etapas reproductivas.

Ingenieros Agrónomos:
LUIS F. GASPAR y WENCESLAO TEJERINA.
Agroestrategias Consultores.

Cómo hacer que las “retenciones” jueguen para nosotros.

Es común escuchar al médico, frente a un análisis de sangre, explicándonos que hay un colesterol malo y un colesterol bueno. El “colesterol malo” (LDL - lipoproteínas de baja densidad) hace que el colesterol se adhiera a las arterias limitando el flujo de sangre de los vasos sanguíneos. Por otro lado, el “colesterol bueno” (HDL - lipoproteínas de alta densidad), separa el colesterol de la sangre y lo devuelve al hígado, logrando el efecto inverso, es decir mejorar el flujo de sangre.

Podríamos hacer una analogía similar en un aspecto crucial de la actividad agrícola. Sin entrar en discusiones políticas, debemos lograr mejorar el flujo, en este caso de dinero hacia las arcas del productor. Al igual que ocurre con el colesterol, sabemos que hay “retenciones malas” que están haciendo que el flujo de dinero sea cada vez menor, pero también hay “retenciones buenas” que podrían compensar ese flujo de salida de dinero. Sobre esto último hablaremos aquí y dejaremos algunas sugerencias.

Matt Miles durante la campaña 2020 obtuvo algo más de 120 bu/ac (bushels por acre) de soja, algo así como 8.100 kg/ha. En 2010 Kip Cullers había alcanzado la friolera de 161 bushels/acre (récord mundial histórico). Una simple regla de tres nos dice que equivalen, kilo más kilo menos, a 10.700 kg de soja/ha. Estos números son escalofriantes y dignos de admiración pero, despejado el asombro que los mismos producen al leerlos, nos están mostrando que hay un inmenso camino por delante a recorrer. Cuando se habla de brecha de rendimiento se está haciendo referencia a esa gran distancia que hay entre los rendimientos actuales y esos potenciales que, como está demostrado, son alcanzables.

Bray, Bailey-Serres & Weretilnyk, en el año 2000 publicaron un estudio en la Sociedad Americana de Fisiología Vegetal - Responses to Abiotic Stress - en el que explican que la genética ha alcanzado niveles de desarrollo que permiten pensar en grandes potenciales de rendimiento. Sin embargo, cuando se quiere explicar cuál es el nivel productivo actual, en términos porcentuales de la capacidad genética, el mismo rara vez supera el 35%. Una simple resta nos pone en la cuenta que hay un 65% de ese potencial de rendimiento que se pierde como agua en una canasta. Estos autores explican que esa pérdida está asociada a lo que se conoce como estrés abiótico.

El estrés abiótico no es otra cosa que aquel estado de tensión que se genera en un cultivo por factores que no están relacionados con organismos vivos, es decir que no intervienen ni malezas, ni insectos, ni hongos, ni bacterias, ni virus, etc. Estos estresores, como se los llama, son: altas temperaturas o bajas temperaturas, falta de oxígeno a nivel raíz (anegamientos o compactación), presencia de sales, fitotoxicidad por herbicidas, problemas de pH en los suelos, episodios climáticos (vientos, granizo, etc.), falta de agua y desbalances nutricionales, ya sea por excesos de fertilización o deficiencias de nutrientes.

La planta reacciona de manera distinta frente a la presencia de las diferentes condiciones de estrés, como retrasar la germinación de semillas, frenar el crecimiento de raíces, modificar la estructura radicular, cerrar los estomas para evitar pérdida de agua por transpiración, limitar el crecimiento vegetativo, etc. Pero hay un momento crítico en el que los efectos del estrés causan un impacto sustancial en término de rendimiento y es durante el período de floración. Esta es la etapa en la que la soja reajusta sus expectativas para dejar descendencia (flores, frutos, granos), y eso nos lo muestra claramente.

La soja tiene una capacidad muy grande de producir flores. La cantidad de flores producidas está directamente

relacionada a la cantidad de nudos por tallo que tiene la planta, por lo que a mayor cantidad de nudos por planta, mayor cantidad de flores bien distribuidas en la misma se podrán fijar. Sin embargo, es sabido que la soja “tira” aproximadamente el 70% de las flores que produce. Pero ¿por qué? Aquí entra el estrés abiótico.

Sin que nos demos cuenta, la planta de soja, a través de sus raíces, hace un permanente relevamiento de las condiciones ambientales en las que se encuentra y constantemente recalcula y produce ajustes ni bien detecta situaciones poco favorables. Cuando en ese monitoreo determina que no se cumplen los requisitos necesarios para abastecer a toda su descendencia (flores, vainas, granos) hace una selección de los más fuertes y a los más débiles los descarta. Es decir que la planta “tira flores” porque sabe que le está faltando algo y no las puede sostener.

Ahora bien, uno de los nutrientes más afectados en condiciones de estrés es el Calcio. Cuando hay estrés, en especial hídrico y/o térmico, hay menos Calcio disponible.

El Calcio tiene varias funciones clave en las plantas: forma parte de la construcción de estructura de la pared celular, interviene en los procesos de crecimiento meristemático (brotes, raíces, tubo polínico, frutos, etc.), promueve una más rápida respuesta de la planta frente a condiciones de estrés, entre otras.

Solo a los efectos de dimensionar la importancia del Calcio en la soja haremos a continuación un breve recorrido sobre algunas de esas funciones.

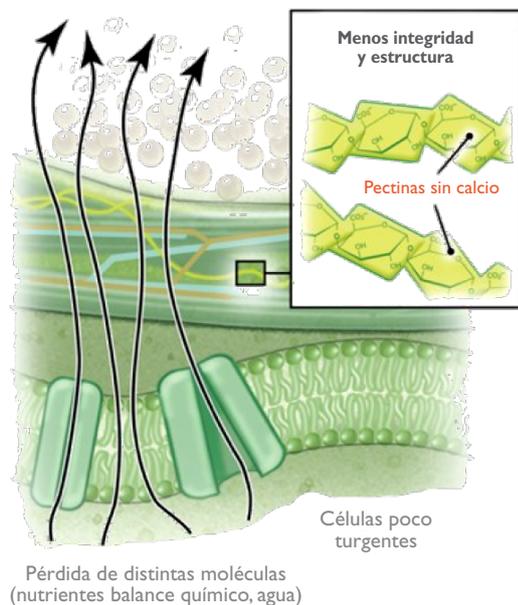
Calcio y pared celular.

La formación de la pared celular tiene su equivalencia en la construcción de cualquier pared de ladrillos. Los ladrillos se colocan en filas uno al lado del otro de manera ordenada y para darle la rigidez que necesita se les agrega un mortero que al secarse le da la rigidez necesaria para sostener firmemente la pared. En las plantas pasa exactamente lo mismo. La pared celular es justamente una secuencia de células colocadas una al lado de la otra unidas entre sí por puentes químicos para establecer una capa. Por encima y por debajo de esta capa van otras capas formadas también por células de la misma manera. La forma en que las capas se unen entre si es a través de un cemento también, en este caso llamado cemento péctico. Dicho cemento es activo, es decir “pega” las células, cuando hay Calcio disponible en la planta.

Cuando falta Calcio, o cuando no alcanza, las paredes celulares se forman débiles y la planta se torna más propensa al ataque de patógenos fundamentalmente y a la pérdida de agua por deshidratación (estrés hídrico). Este trabajo de fortalecimiento el Calcio no lo hace solo. Necesita ir acompañado de Boro, cuya función es lograr que la deposición de Calcio se haga en forma ordenada y densificada. Cada vez que se forma estructura nueva, el Calcio y el Boro actúan juntos para el fortalecimiento de esas estructuras.

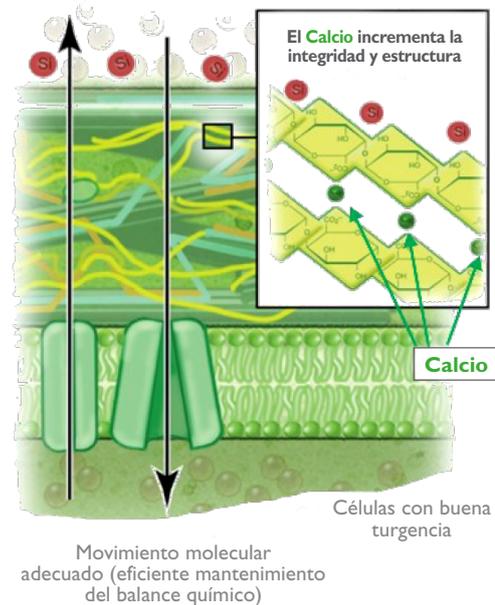
Estructura Celular Débil

La célula es susceptible de ataques externos.
 (por ej. hongos y bacterias)



Estructura Celular Fuerte

La célula es resistente al ataque externo.
 (por ej. hongos y bacterias)



©2012 Alison E. Burke/Cassio Lynn

Calcio y floración.

Un aspecto muy importante que se desprende del punto anterior está relacionado con la floración. Entre los tejidos estructurales que la planta produce están aquellos que corresponden a los que mantienen a las flores adheridas a la planta. Es decir que una condición esencial para mantener a las flores unidas a la planta es que tenga un tejido de unión muy firme y eso se logra si la planta dispone de abundante Calcio (y Boro). La falta de este (estos) nutriente/s debilitará la unión de la flor a la planta, se formará una estructura débil y en el momento en que la planta al monitorea “su realidad” y descubre que “no le alcanza para todas”, estas flores, con débil inserción, éstas serán las primeras en ser sacrificadas.

En la medida que la planta disponga de mayor cantidad de Calcio (y Boro) estará en condiciones de retener más flores. Estas “retenciones” son las que suman.



Calcio y crecimiento.

ESQUEMA DEL PROCESO DE FECUNDACIÓN EN LA FLOR

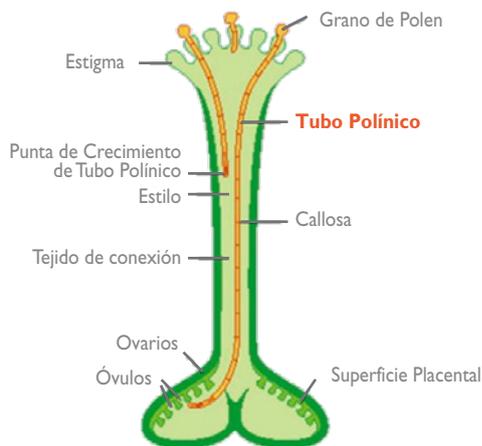


Gráfico: PhD Leonor Boavida.

Otro de los procesos en el que el Calcio tiene una activa participación es en el crecimiento de cualquier órgano. El crecimiento se da siempre en los meristemas, es decir en órganos nuevos muy activos (ápice vegetativo, ápice radicular, germinación del polen, flores recién fecundadas, frutos recién cuajados, etc.). Este crecimiento se hace por etapas. En una primera etapa se multiplican las células en número; una vez aumentado el número de células, las mismas se elongan (estiran); esa elongación produce un debilitamiento de las células de las paredes que debe revertirse y para eso la planta deposita Calcio para el re-fortalecimiento de las paredes celulares (ver primer punto).

Cuando la planta detecta que se depositó ese Calcio en las paredes celulares comienza el nuevo pulso de crecimiento repitiendo el mismo patrón: Multiplicación celular + Elongación celular + Deposición de Calcio, y así sucesivamente tantas veces como sea necesario o hasta que se acabe el Calcio. En resumidas cuentas, cuando falte Calcio se detendrá el crecimiento.

Este ritmo de crecimiento tiene vital importancia en un proceso fisiológico fundamental para la formación del rendimiento: el cuaje.

Cuando el grano de polen se asienta en el estigma de la flor, el polen germina y empieza a generar el tubo polínico (meristema en activo crecimiento) que es el encargado de llegar a los óvulos de la flor para producir la fecundación, es decir el cuaje. Ese tubo polínico crecerá también por pulsos

respetando la secuencia antes descrita de Multiplicación celular + Elongación celular + Deposición de Calcio. Nuevamente aquí se pone en relevancia la necesidad de que la planta disponga de forma inmediata de ese Calcio (y Boro) para favorecer a la fecundación. Por lo tanto, aquí también, más Calcio (y Boro) durante la floración producirán más vainas y granos.

Calcio y Estrés.

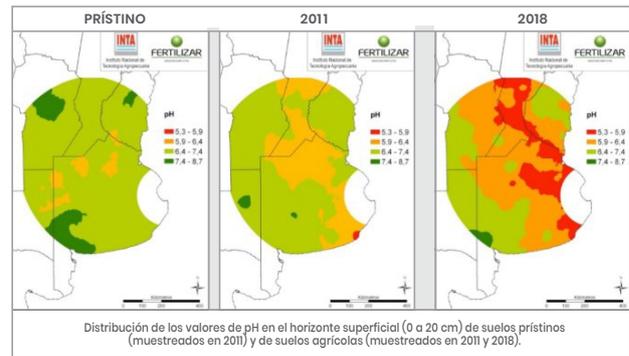
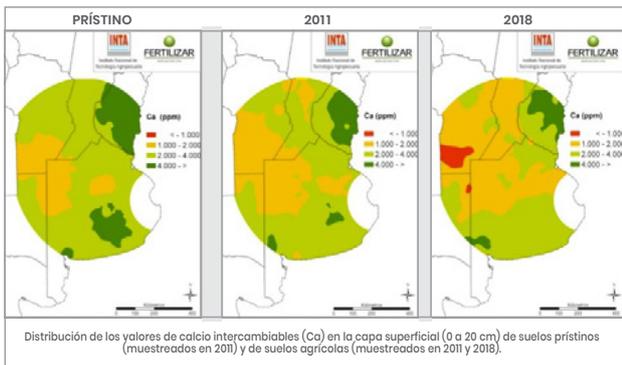
El **Estrés** juega un papel clave para que la planta disponga o no disponga de Calcio.

Pensemos una situación común durante la etapa de floración de la soja: un día cualquiera de enero entre las 12:00 hs y las 17:00 hs; temperaturas por encima de 30°C, elevada radiación solar resultando todo en un estrés térmico importante, lo que obliga a la planta a cerrar sus estomas en forma inmediata. Al cerrar los estomas la planta deja de transpirar y con ello deja de absorber nutrientes desde el suelo.

El **Calcio** es un nutriente que se mueve por la corriente transpiratoria y al no estar transpirando no lo absorbe. Como consecuencia de eso, la planta debe buscar otros recursos a los cuales echar mano para suplir el abastecimiento del suelo y poder sostener la formación de las paredes celulares de los órganos en crecimiento. Frente a esta situación ocurre, mediante la acción que genera un determinado balance hormonal interno, a la re-movilización del Calcio de los sitios más próximos y es aquí donde las flores con menor calidad de adherencia son las primeras en ser sacrificadas. Esta situación se repite todos los días en los que al menos se produzcan estas condiciones durante el período de floración, lo cual termina generando una gran pérdida de flores que no pueden ser fecundadas con la consecuente pérdida de rendimiento potencial.

Estrategias para el aporte de calcio.

La realidad de los suelos argentinos, en lo referido al Calcio, es bastante dispar. Hay regiones en donde los niveles en suelo se han ido deteriorando sistemáticamente. Esta pérdida de Calcio está asociada, entre otras cosas, al descenso de los pH del suelo. Esto se viene dando históricamente en la región núcleo en particular, pero se repite en otras regiones con la misma intensidad. Las mejoras genéticas, asociadas a la creciente práctica de la fertilización y las tecnologías que permiten mejorar los rendimientos, han producido un nivel muy alto de extracción de un nutriente al que no se repone, lo que se suma a las pérdidas por aumento de la acidez del suelo.



Todavía es posible contar con aportes de Calcio vía suelo de manera razonable, sin embargo está comenzando a haber respuesta a las fertilizaciones con este nutriente, porque el suelo no lo está aportando en los ritmos que la planta lo necesita.

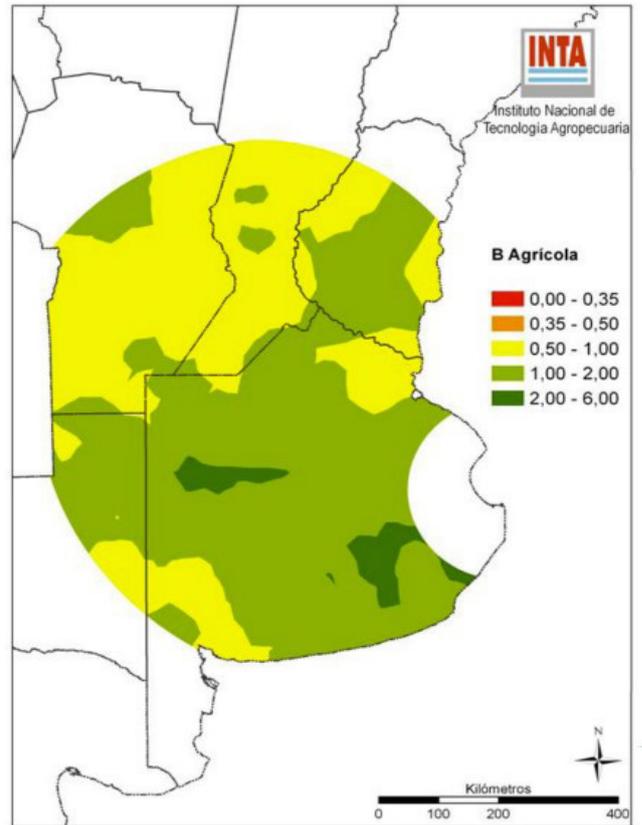
En lo que respecta al **Boro**, nuestros suelos se encuentran en una situación crítica. Cada vez más zonas entran en el rango de suelos deficientes y es por ello que a la hora de enfrentar la problemática del Calcio, debemos hacerlo también con el Boro.

En la planta el Calcio tiene una movilidad baja, asociada, como dijimos, a la posibilidad de la misma de transpirar y con ello traccionar al nutriente desde el suelo. Puede decirse que es prácticamente inmóvil en la planta.

La floración es una etapa crítica en la que los requerimientos instantáneos de nutrientes pero en especial de Calcio son muy altos y estos requerimientos exigen una tasa de reposición desde el suelo muy alta de manera de poder sostener un gran número de flores. Se debe conseguir que el Calcio y el Boro acompañante se encuentren inmediatamente disponibles ni comienza la etapa crítica de la floración.

Es por ello que las aplicaciones foliares de Calcio (y Boro) son la manera de conseguir esa disponibilidad para la planta. Hay formulaciones a base de Calcio y Boro en el mercado para cubrir estas necesidades sin inconvenientes. Hay dos momentos muy importantes para la 4 aplicación de estos nutrientes, el primero es en el momento inicial de la floración de la soja (R1) en donde el objetivo es aumentar la retención de flores. Fisiológicamente debe repetirse en R3 para asegurar el efecto del Calcio y del Boro sobre las vainas recién formadas y para el crecimiento inicial de los granos. Habiendo dejado en evidencias la relevancia del Calcio y del Boro para la planta de soja en pos de conseguir un mayor número de flores fecundadas podemos asegurar firmemente que más Calcio y más Boro se traduce en más flores retenidas, en más vainas cuajadas, en más granos formados y, en definitiva, en más rendimiento.

Solo está en nuestras manos hacer que esas “retenciones” jueguen a nuestro favor.





Capítulo **VII**

Soja Fuerte.

¿Qué es Soja Fuerte?

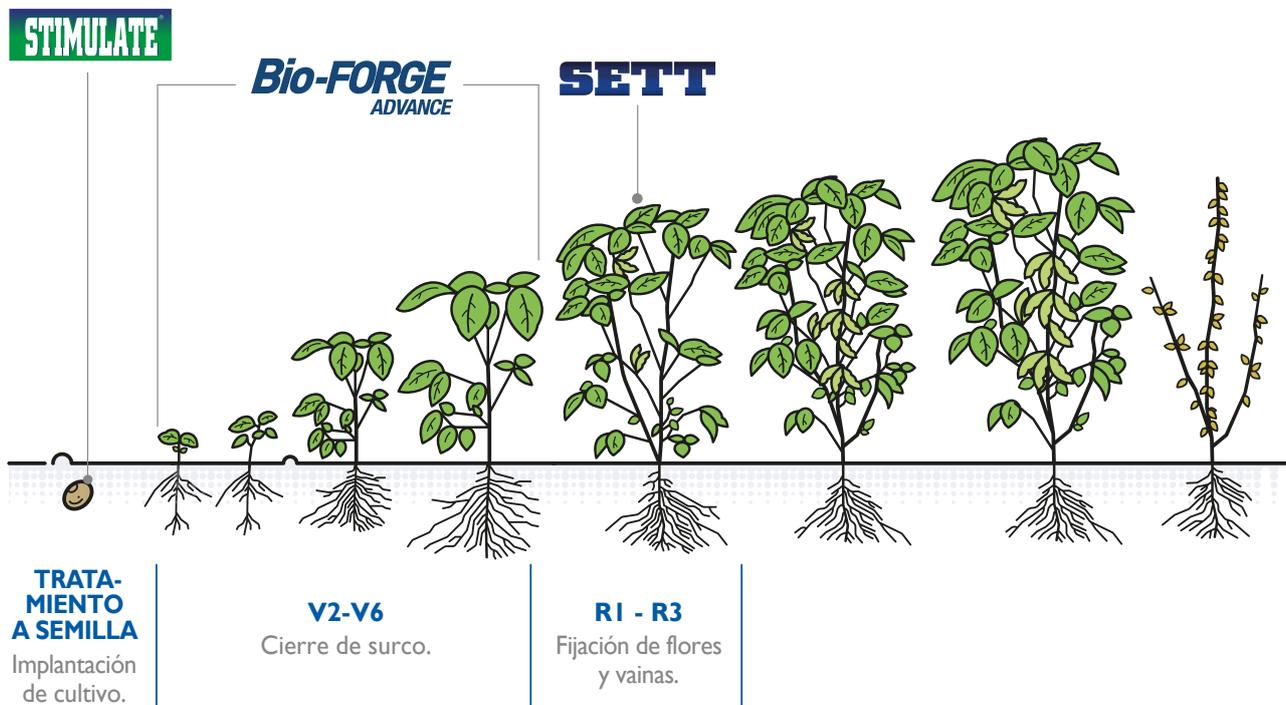
Es el **PROGRAMA FISIOLÓGICO** de Stoller, que **MAXIMIZA** el potencial de **RENDIMIENTO** y la **PRODUCTIVIDAD** en **SOJA**.

Está compuesto por tres productos aplicados en etapas claves del ciclo de cultivo.

Se centra en el fortalecimiento del cultivo de forma integral, para lograr una mejor implantación, promover el crecimiento activo, cerrar surco de manera anticipada, aumentar retención de flores y vainas y maximizar el rendimiento.



Portafolio Soja Fuerte

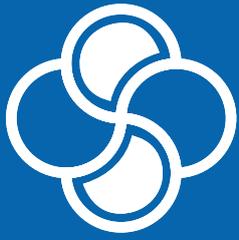


Guía de aplicación

PRODUCTO	MOMENTO	DOSIS
STIMULATE	Semilla	0.25 l/100 kg
Bio-FORGE ADVANCE	V2 - V6	0.5 - 1 l/ha
SETT	R1 - R3	2 l/ha



Escaneá el código y conocé más



Stoller[®]
Plant Performance