

# Manual de cultivo de la soja como 2º cultivo del sistema de rotación



## NOTA ACLARATORIA

---

El manual de cultivo que aquí se presenta se ha realizado dentro de las acciones llevadas a cabo durante la realización del proyecto **SOJA INNOVA** en el que se ha añadido la soja como 2º cultivo en una rotación con gramíneas. Ello significa que lo aquí expuesto, aunque es un manual realizado específicamente en una zona concreta de Navarra tras el análisis de los resultados obtenidos en dicho proyecto, contiene generalidades que se pueden incluir en cualquier cultivo de soja que se quiera implantar en una rotación de cultivos.

---

# ÍNDICE

<b>1. Características generales de la soja</b> .....	4
<b>1.1. Morfología de las plantas</b> .....	4
<b>1.2. Ciclo vegetativo</b> .....	4
<b>2. Condiciones de crecimiento y cuidado de la soja</b> .....	5
<b>2.1. Condiciones climáticas</b> .....	5
<b>2.2. Suelo y nutrientes</b> .....	6
<b>2.3. Necesidades hídricas</b> .....	7
<b>3. Cultivo de soja como 2º cultivo en una rotación</b> .....	7
<b>3.1. Inoculación</b> .....	7
<b>3.2. Laboreo, preparación del suelo y siembra</b> .....	7
<b>3.3. Recolección</b> .....	9
<b>4. Protección del cultivo</b> .....	10
<b>4.1. Control de malas hierbas</b> .....	10
<b>4.2. Plagas y enfermedades</b> .....	11
<b>5. Beneficios que genera la soja en una rotación de cultivos</b> .....	12

La soja (*Glycine max* L.) es una leguminosa de gran interés agronómico debido al alto valor industrial de su grano, así como por el valor que aporta al suelo por ser una especie fijadora de nitrógeno gracias a la simbiosis que estas plantas establecen con las bacterias del género de los rizobios. Se trata de una especie vegetal anual preferentemente de primavera-verano, que no muestra grandes requerimientos ni agronómicos ni climáticos para su cultivo. A continuación se detallan las consideraciones generales a tener en cuenta a la hora del cultivo de la soja, especialmente en su introducción como 2º cultivo de rotación.

## 1. Características generales de la soja.

### 1.1. Morfología de las plantas.

Las plantas de soja presentan un sistema radicular extendido pero débilmente pivotante. Su parte aérea es de porte erecto, puede alcanzar una altura de entre 50 y 180 cm y puede presentar ramificaciones. Son plantas con gran superficie foliar que actúa a modo de reserva. Las inflorescencias de la soja se distribuyen sobre el tallo y, una vez fecundadas se transforman en vainas. Cada planta produce aproximadamente entre 25 y 40 vainas, y estas a su vez hasta 5 semillas cada una.



Figura 1. Cultivo de soja (*Glycine max* L.) en sus primeras fases de desarrollo vegetativo.

### 1.2. Ciclo vegetativo

La **germinación** de las semillas de soja se produce de 24 a 48 horas después de su siembra, una vez que estas han engordado aproximadamente un 50% de su volumen mediante la absorción de agua. Cuando la radícula tiene una longitud de 2-3 cm comienzan a formarse las primeras raíces laterales y pelos radiculares. A continuación, se alarga el hipocótilo y emergen los cotiledones siendo un momento crítico en el ciclo vegetativo de la plántula ya que, según las condiciones en las que se encuentre el terreno, se puede producir la rotura del arco del hipocótilo y por ello perderse la plántula. En estos **estados iniciales de desarrollo**, la planta se nutre gracias a las reservas de los cotiledones y comienza a realizar la fotosíntesis. Llegado el momento, los cotiledones se caen dando paso a la formación de las primeras hojas que

posteriormente originan tallos gruesos y yemas axilares produciéndose a partir de ese momento el **desarrollo vegetativo** de las plantas que culminará posteriormente en la floración. El proceso de **floración** se produce de forma escalonada lo que permite el mantenimiento de la capacidad reproductora de la planta en el tiempo. Además, la **formación de las vainas** se produce de forma simultánea a la floración de manera que conforme se termina la floración, se acelera el crecimiento y llenado de las vainas. Tras el llenado de las vainas, comienza la **maduración** de las semillas período en el que primero alcanzan la madurez fisiológica (termina la acumulación de materia seca). A continuación, se aprecia la pérdida de color de las vainas y, seguidamente, la pérdida de humedad lo que se conoce como madurez de recolección. Finalmente, el momento en el que las hojas comienzan a caerse se realizará la **recolección**.

#### Puntos a tener en cuenta

##### Formación y llenado de vainas

Mantener una adecuada nutrición mineral ya que las plantas absorben casi el 60% de sus necesidades de N y P, y el 70% de K.

##### Recolección

Debe realizarse cuando la semilla pierde rápidamente la humedad para que las vainas no se abran.

Las vainas y semillas son altamente higroscópicas por lo que hay que evitar que vuelvan a absorber humedad.

##### Variedades precoces vs. Tardías

Muy dispares en morfología, tamaño de la planta, distancia entre nudos y capacidad foliar. Presentan ciclos muy diferenciados. Desarrollo vegetativo y producción condicionados por aspectos como la iluminación, la temperatura, la disponibilidad hídrica y el tipo de suelo.

Figura 2. Aspectos a tener en cuenta a lo largo del cultivo de soja.

## 2. Condiciones de crecimiento y cuidado de la soja.

El cultivo de la soja no presenta unos requerimientos climáticos muy exigentes y crece bien prácticamente en cualquier tipo de suelo, si bien es cierto que en su fase de germinación es vulnerable a heladas, plagas y enfermedades.

Es por ello, que antes de sembrar este cultivo es necesario conocer sus principales características, para prevenir lo máximo posible los problemas que pueden surgir a lo largo de todo su ciclo, desde la siembra hasta la cosecha.

### 2.1. Condiciones climáticas

El cultivo de la soja se puede realizar prácticamente en cualquier lugar ya que es una especie agrícola que admite un rango amplio de climas. Así, el cultivo de la soja abarca desde climas fríos hasta climas tropicales o subtropicales, siempre que durante su fase de crecimiento haya suficiente agua, luz solar y una estación cálida. Las necesidades netas de agua del cultivo por temporada oscilan entre 500 y 700 mm, dependiendo de la fecha de plantación y de la variedad (variedades de ciclo corto o de ciclo largo).

En lo relativo a la **luz**, se trata de una especie sensible al fotoperiodo prefiriendo ciclos de luz con días cortos y noches largas por lo que, aunque las variedades comúnmente usadas para el

cultivo tienen gran capacidad de adaptación, es recomendable que su exposición lumínica sea inferior a 14 horas. De esta manera, resulta fundamental definir el fotoperiodo a la hora de implantar una variedad en una zona determinada. La fase que más se ve afectada por el fotoperiodo es inicio de la floración el cual depende especialmente del tiempo de oscuridad. Las variedades de ciclo corto son menos sensibles a este factor que las variedades tardías, por lo que se adaptan muy bien a la época de siembra en la rotación de cultivos tras el cereal. Además, cabe señalar que la intensidad lumínica no es un factor determinante para el cultivo de la soja.

Por otra parte, las **temperaturas** óptimas para el cultivo de la soja van desde los 20°C hasta los 35°C (Tabla 1). Se trata de un cultivo bastante resistente y, siempre que se eviten las heladas durante su fase de crecimiento, su desarrollo no se va a ver influenciado en gran medida por las temperaturas. Sin embargo, sí que es cierto que la germinación y nascencia de algunas variedades pueden verse afectadas por la exposición a altas temperaturas en el momento de la siembra (ver resultados **SOJA INNOVA**).

**Tabla 1.** Temperaturas óptimas para cada etapa de desarrollo del cultivo de soja.

Fase Cultivo	Temperatura (°C)	Notas
Germinación	5 – 40	> 10°C en suelo
Crecimiento y Desarrollo	18 – 20	
Floración	>10	
Almacenamiento del grano	< 20 a 60% HR	> 7°C

## 2.2. Suelo y nutrientes

En general, la soja necesita **suelos** con buena capacidad de campo y poco limosos para que la aireación sea buena y el rizobio se pueda desarrollar correctamente, por lo que los suelos con tendencia a compactarse no son aptos tanto para la nascencia de la soja, como para el desarrollo óptimo de las raíces. De esta manera, los suelos más adecuados son los **arcillosos** con un **pH** ligeramente ácido de entre 5,5-7,5 para obtener altos rendimientos de producción; si bien es cierto que si se quiere utilizar como segundo cultivo integrado en un sistema de rotación esto no va a ser tan importante, ya que su objetivo principal va a ser el de fijar nutrientes como el N en el suelo para los cultivos posteriores a este. Por último, destacar que en suelos con pH inferior a 4,5 o superior a 8 no se recomienda el uso de este cultivo, ya que puede sufrir problemas por toxicidad o carencia de nutrientes esenciales para su crecimiento. En cuanto a la geolocalización del terreno, la soja admite su cultivo en **altitudes** de hasta 2000 metros.

En cuanto a las **necesidades nutricionales** de la soja, cabe señalar que los aportes de nitrógeno se ven condicionados por la capacidad, antes mencionada, que la soja tiene de fijar nitrógeno del aire y mediante la cual cubre el 80% de sus necesidades de este mineral. Así, en la Tabla 2 se muestran las recomendaciones generales para la aportación de nutrientes en el cultivo de soja. En lo que refiere a las necesidades de micronutrientes, no suele ser necesario realizar aporte ya que generalmente en los suelos encontramos cantidades suficientes de estos nutrientes (calcio, magnesio y azufre).

### 2.3. Necesidades hídricas

Las necesidades de **agua** a lo largo del cultivo de soja, como en cualquier cultivo, son muy importantes en cualquier fase de desarrollo fisiológico. Sin embargo, en el caso de la soja la etapa de floración y formación de las vainas presentan un momento crítico. En condiciones normales, durante todo el ciclo de un cultivo de soja necesita entre 300 y 700 mm de agua; siendo la necesidad alrededor de 550-650 litros de agua por cada Kg de materia seca producida.

**Tabla 2.** Necesidades genéricas para el aporte de nutrientes N-P-K en el cultivo de soja.

Nutriente		Kg / Ha
Nitrógeno	Siembra	20
	Floración	30
P		80
K		150

## 3. Cultivo de soja como 2º cultivo en una rotación

La soja es una especie mejorante del ciclo primavera-verano ya que dota al suelo de condiciones óptimas para los cultivos posteriores, por lo que se presenta como una opción muy buena para incluirlo en un sistema de rotaciones como segunda cosecha tras el cultivo de cereales. Tras su cultivo hay un mayor control de las malas hierbas, y el suelo queda enriquecido en materia orgánica y nitrógeno, pudiendo quedar de manera residual entorno a los 50 Kg de N por Ha. Un factor a tener en cuenta al incluirlo como segundo cultivo es que, según la zona, la recolección se realizará en condiciones de humedad muy alta y, por lo tanto podría ser necesario el secado artificial de la cosecha. Además, cabe señalar que para su inclusión en la rotación no hace falta realizar grandes inversiones en maquinaria ya que se puede utilizar la ya poseída para otros cultivos.

### 3.1. Inoculación

Previamente a su siembra, las semillas tienen que ser tratadas con el inóculo de la bacteria fijadora de nitrógeno con la que va a realizar la simbiosis aunque si en el terreno objeto de cultivo ya se había cultivado antes soja, esta inoculación puede no ser necesaria. Las bacterias encargadas de realizar la simbiosis son del género *Rhizobium* y, aunque hay cepas bacterianas específicas para cada variedad, generalmente se utilizan cepas polivalentes a una dosis aproximada del 8% de la semilla.

### 3.2. Laboreo, preparación del suelo y siembra

#### **Laboreo y preparación del suelo**

En términos generales, la soja es una especie que requiere de unas operaciones previas a la siembra de sus semillas ya que al tener un sistema radicular profundo y ramificado pero no muy fuerte, requiere de un suelo bien suelto y aireado que permita además el correcto desarrollo de las bacterias, y sin suelas horizontales de apelmazamiento. De esta manera, las labores a realizar

previamente a su siembra dependen en gran medida de la estructura del suelo. Decir también que en muchos casos se tratan las semillas antes de sembrarse con pesticidas y fungicidas.

Con anterioridad a la siembra se pueden realizar labores de gradeo de 10-15 cm con el fin de desmenuzar, airear y eliminar malas hierbas, y adicionalmente un abonado de fondo previo a dicha labor aunque estas dos prácticas suelen ser más habituales cuando el cultivo de soja va a ser de primer ciclo. Otra práctica habitual es la aplicación de herbicidas pre-siembra independientemente de si la siembra va a ser directa o no.

### **Siembra**

El **método de siembra** puede ser a través de labranza convencional, labranza mínima o siembra directa. De estos tres métodos, el más aconsejable es la siembra directa ya que, normalmente, el introducir una leguminosa como la soja en una rotación de cultivos se hace por su capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera en el suelo, y no siendo tan importante la maximización de la producción del cultivo. Por este motivo, la siembra de forma directa suele ser económicamente la más rentable unido a que medioambientalmente va a producir una serie de beneficios que van a mejorar el estado nutricional del suelo, su actividad microbiana y, por ende, su estructura.

La **sembradora** tiene que posibilitar la localización en cantidad, dosis, profundidad y homogeneidad en la distribución, siendo por ejemplo las sembradoras de remolacha y maíz una posibilidad muy ajustada a las necesidades del cultivo de soja.

Las semillas deben sembrarse aproximadamente a una **profundidad** de 4 cm por debajo de la superficie para facilitar una rápida nascencia.

La **densidad de población** viene marcada por la **distancia entre plantas** que suele ser aproximadamente de 40 cm, y la **distancia entre líneas** que puede variar de entre 25 y 75 cm de manera que la densidad de población alcance como mínimo las 350.000 plantas / Ha.



*Figura 3.* Cultivo de soja

Las **épocas de siembra** más adecuadas son a finales de invierno o primavera en las que se pueda asegurar que la temperatura del suelo va a estar por encima de los 10°C, y evitando las heladas a lo largo de todo su ciclo. Cuando el cultivo se va a incluir como 2ª rotación normalmente las épocas de siembra van desde finales de abril hasta principios de julio.



La época de siembra va a ir muy marcada por dos factores. En primer lugar, la rotación que se desee realizar ya que viendo la variabilidad en los meses de siembra de la soja, esta leguminosa encaja muy bien en un gran número de rotaciones de cultivo. Y en segundo lugar, la variedad que se escoja ya que hoy en día hay un gran número de variedades de ciclo corto cuyo periodo productivo no supera los 5 meses desde su siembra hasta su recolección. A continuación, la Tabla 3 muestra un listado de algunas de las variedades comerciales que se adaptan bien a su incorporación como 2º cultivo de la rotación.

**Tabla 3.** Listado de variedades de soja como 2º cultivo.








Variedad	Ciclo	Variedad	Ciclo	Variedad	Ciclo	Variedad	Ciclo
AGR 1	I	CECILIA	I-	ES MENTOR	0/00	MERIDIAN PZO	0
ALAMEDA	0	CHAKY	0+	ES PALLADOR	I	ORAKEL PZO	0
ALBENGA	0	DH4173	0	ES PROFESSOR	0	PANORAMIX	I
ALTONA	0	ES ADVISOR	0	ES TENOR	0	PR91M10	0+
ALVESTA	00/0	ES ANIMATOR	0	ES TRIBOR	0	PROTEIX	0
AMMA	I-	ES COMANDOR	0	GL HERMINE	0/00	RGT SIROCA	0
ANNETTE	I	ES COMPETITOR	I	HAVANNE	0	RGT STARBELA	0
ARTESIA	0	ES CONQUEROR	I-	hv 2021/01	0	S 14621	0
AVRIL	I	ES DIRECTOR	0	ISIDOR	1	SILVIA PZO	0
BAHIA	I-	ES LIBERATOR	0	KRISTIAN	0	SPHINXA	0
CASTETIS	1-	ES MEDIATOR	I-	LUNA	I	ZORA	0+

El ciclo de la soja va desde el grupo 00 al IX. Variedades con ciclos más cortos pertenecen al grupo 00 mientras que las más tardías representan el grupo IX.

### Riego

La soja es una planta considerablemente resistente a la sequía por lo que se considera poco exigente en cuanto al riego. Las necesidades hídricas de la soja dependen de la variedad y su ciclo, y se debe ir adaptándose en función del tipo de suelo y de la fase del ciclo vegetativo a lo largo de todo el cultivo. Como dato medio las necesidades medias cada 7 días son de 25-35 L/m<sup>2</sup> y se debe prestar especial atención a que el cultivo no pase necesidades de agua durante la fase de floración.

Un resumen de los requerimientos generales del cultivo de soja se muestra en la Figura 4.

 Riego	→	Intermedio	 Luz solar	→	Pleno sol
 Cultivo	→	Siembra directa	 pH suelo	→	5,5 – 7,5
 Cosecha	→	80 - 120 días	 Temperatura	→	20 – 35°C
 Mano de obra	→	Bajo	 Fertilización	→	Intermedio

**Figura 4:** Requerimientos generales del cultivo de soja.

### 3.3. Recolección

El mejor momento para la recolección es cuando las vainas comienzan a perder humedad de forma abrupta hasta alcanzar el punto de madurez de recolección (Figura 2). El valor de humedad óptimo debe estar entre el 12% y el 15%. Las semillas cosechadas con valores superiores al 18% requieren de secado artificial, mientras que si la humedad es menor 10% la semilla puede haber sufrido daños.

En lo relativo a la maquinaria, las cosechadoras de cereales se adaptan muy bien a la recolección de la soja debiendo mantener el cilindro desgranador en torno a 400/500 r.p.m. y una velocidad periférica entre 14 y 16 m/s. Respecto al cribado del grano debe ir acorde con su tamaño siendo una buena opción las cribas utilizadas para el maíz. En el caso de que las semillas sean muy pequeñas se pueden utilizar las cribas de trigo.

Por último, la forma de conservación depende del destino final del grano con lo que será diferente si el destino es para semilla, consumo animal o se va a procesar industrialmente. En cualquier situación, el control de la humedad debe realizarse escrupulosamente ya que se trata de un factor primordial a la hora de conservar el grano de soja.

## 4. Protección del cultivo

### 4.1. Control de malas hierbas

La eliminación de las malas hierbas es necesaria para mantener la producción y los rendimientos de la soja ya que estas pueden competir por los nutrientes con la planta. La eliminación de estas hierbas se conoce como escarda y se puede realizar tanto mecánica como químicamente.

La **eliminación mecánica** se realiza mediante escardadores de con sistema de rejas o rodillo de púas. El uso de escardadores entre líneas además de eliminar las malas hierbas permite también airear el suelo.

La **eliminación química** mediante herbicidas depende de la fase de cultivo diferenciando el momento de aplicación entre presembrado, preemergencia y postemergencia. Así, tanto el principio activo como la forma de aplicación será diferente para cada una de estas tres etapas (Tabla 4).

Los herbicidas aplicados en postemergencia pueden ser de preemergencia o posnascencia, de contacto o sistémicos.

**Tabla 4.** Relación de herbicidas habitualmente utilizados en el cultivo de soja.

Principio Activo	Mala hierba que controla
<b>PRESEMBRADO</b>	
Vernolato	Amplio espectro
Etafluralina	Gramíneas y alguna dicotiledóneas
Trifluralina	Gramíneas y alguna dicotiledóneas
Alacloro + Trifluralina	Amplio espectro
Pendimetalina	Gramíneas y dicotiledóneas
<b>PRE-EMERGENCIA</b>	
Metoalcloro	Gramíneas y alguna dicotiledóneas
Alacloro	Gramíneas y alguna dicotiledóneas
Linuron + alacloro	Amplio espectro
<b>POST-EMERGENCIA</b>	
Bentazol	Dicotiledóneas
Fluazifob-butil	Hoja estrecha

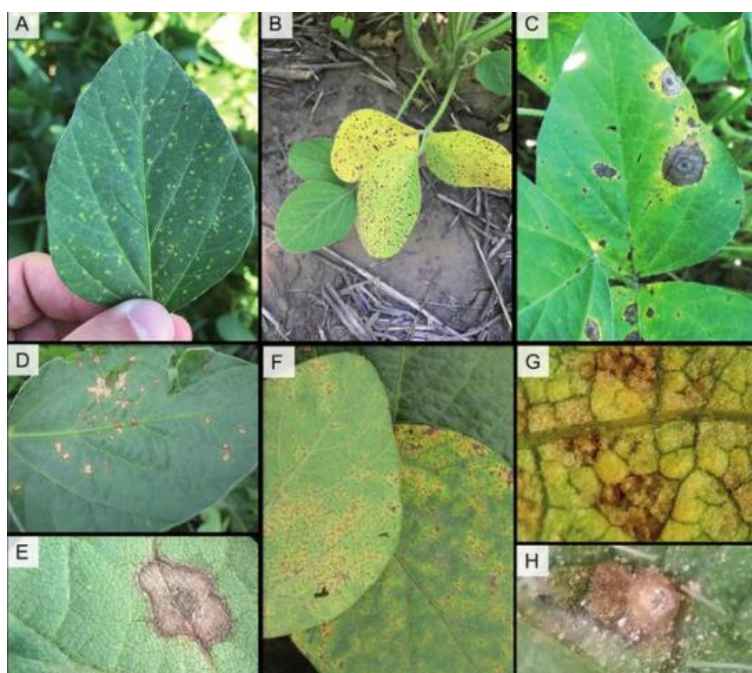
La **fitotoxicidad** de los herbicidas en la soja está bien definida y cuando ocurre es de forma temporal de manera que la planta se recupera con facilidad. Cabe señalar además que la soja es sensible a algunos herbicidas utilizados para el maíz por lo que previamente a su siembra, hay que tener en cuenta si anteriormente se ha cultivado maíz en el mismo terreno.

## 4.2. Plagas y enfermedades

La gestión integrada de plagas y enfermedades es la técnica más eficaz y sostenible para combatirlos y se basa en la combinación de estrategias de control complementarias.

Las plagas que afectan al cultivo de soja generalmente se alimentan de las vainas por lo que afectan sobre todo al rendimiento del cultivo y reducen su calidad. Las plagas más habituales son la cerotoma trifurcata, la chinche parda marmorada y el saltamontes.

En ciertos casos, si las vainas afectadas son aproximadamente del 10-15%, se pueden aplicar insecticidas convencionales pero siempre teniendo en cuenta el tiempo que queda para la cosecha antes de aplicarlos. La propagación de las enfermedades es producida por virus, bacterias, hongos y nematodos. Las enfermedades con mayor incidencia económica son: mildiu vellosa, tizón bacteriano, podredumbre blanca, cancro del tallo de la soja y podredumbre carbonosa.



**Figura 5.** Síntomas de algunas enfermedades de la parte aérea del cultivo de soja.

A) Mildiu por *Peronospora manshurica*; B) mancha marrón por *Septoria glycines*; C) mancha anillada por *Corynespora cassiicola*; D) mancha ojo de rana por *Cercospora sojina*; E) manchas angulares de MOR; y F) roya asiática de la soja, G) y H) urideniosoros por *Phakopsora pachyrhizi*. Fuente: Bleckwedel *et al.* (2019).

## 5. Beneficios que genera la soja en una rotación de cultivos

La soja es un cultivo muy resistente y que encaja muy bien como 2º cultivo en una rotación en el campo, pero realmente **¿por qué es interesante incluir el cultivo de la soja en una rotación y que beneficios podría generar?** Los beneficios que genera la rotación de cultivos son los siguientes:

- 1- Menor utilización de fertilizantes. Al ser la soja una leguminosa fijadora de, las necesidades de N de la soja son menores y por ello se reduce la aportación de N exógeno al suelo. Esto conlleva un ahorro en fertilización considerable, ya que la unidad de N está a 20 €.
- 2- Adaptación a distintos sistemas de rotación. La existencia de variedades con ciclos muy variados permite la inclusión de la soja en distintos tipos de rotaciones, en especial gracias a la posibilidad de realizar siembras tardías.
- 3- Mejor control de plagas y enfermedades. El cambio del tipo de cultivo de gramíneas a leguminosas en una misma parcela es muy beneficioso para el control de plagas y enfermedades.
- 4- Mejora las condiciones nutricionales del suelo. Tras el cultivo de soja el suelo se ve enriquecido en diversos nutrientes, especialmente en N lo que es muy beneficioso para los cultivos posteriores reduciendo a su vez el consumo de insumos.
- 5- Aumenta la posibilidad de recibir ayudas para el cultivo (PAC). La reducción del uso de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas, unido a la mejora de la estructura de los suelos gracias a la rotación de cultivos, hace que estas explotaciones agrarias sean más susceptibles de percibir ayudas económicas.
- 6- Aumento de la rentabilidad económica de las explotaciones debido a la producción de proteína vegetal de alto valor comercial mediante la incursión de la soja en la rotación de cultivos en lugar del barbecho o el cultivo de maíz.