



Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo

**Título: Comportamiento fenológico y evaluación del
rendimiento de la variedad DT-SOY-26 (*Glycine max*
L.) en condiciones de producción.**

Autor: José Alberto Valladares Pérez

Tutor: Dr. C. Lázaro J. Ojeda Quintana

Cotutor: Ing. Betty de la Rosa Naranjo

Consultante: Dr. Yusbiel J. León Valdivies

Curso 2024

PENSAMIENTO

"La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre"

Marco Tulio Cicerón

DEDEICATORIA

En estas pequeñas pero sinceras palabras, quiero expresar el gran sentimiento de satisfacción que siento al llegar a esta etapa de mi vida y dedicar este trabajo a las personas que han venido siendo mi fuente de inspiración para seguir adelante cada día de mi vida:

Quiero dedicar mi trabajo en primer lugar a mis abuelos y abuelas, que, aunque algunos no estén presentes físicamente, apoyaron el empeño de mi superación y supieron brindar sus sabios consejos y enseñarme el verdadero valor de la vida.

A mi querida familia que con su ternura y amor han estado siempre a mi lado, mostrándome cariño sincero, contribuyendo con sus constantes empeños a mi superación personal.

A mis padres Caridad del Carmen y José Pablo que los amo mucho ya que ellos han sido, son y serán el apoyo y la fortaleza de mi vida; porque sin ellos no hubiera podido llegar al lugar donde estoy.

Porque se los debo todo, con todo mi amor les dedico este trabajo a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Existen muchas razones de satisfacción personal, después de recorrer un largo camino para formarme como profesional y me llena de alegría poder expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que inculcaron en mí el deseo de aprender cada día más y contribuyeron a llegar al lugar en el que me encuentro, es por eso que infinitamente agradecido estoy con ustedes.

GRACIAS A:

A la Finca Maripa por consentir la realización del estudio en sus predios.

Al Dr. Yusbiel J. León Valdivies, su familia y trabajadores de la Finca, por su ayuda desinteresada, su enseñanza y constante trabajo para lograr el empeño.

Al Dr. C. Lázaro J. Ojeda Quintana, por su sabiduría, su entrega a la investigación, su colaboración sin límites y siempre compartir con entusiasmo sus conocimientos hacia sus alumnos.

A la Ing. Betty de la Rosa Naranjo y al Ing. Juan J. de la Rosa Capote por su constante apoyo e interés para sacar adelante este trabajo de investigación.

A los profesores del Centro Universitario Municipal por su contribución a mi superación profesional.

A mis amigos de la universidad quienes fueron una parte importante en mi vida, con quienes he podido compartir gratos momentos, estableciendo lazos profundos de una amistad sincera, siempre los llevaré en mi corazón.

A todas esas personas que con su ayuda y presencia han contribuido de manera significativa a mi superación profesional y personal.

A todos, un abrazo fuerte de eterno agradecimiento.

RESUMEN

La soya (*Glycine max* (L.) Merrill) constituye un cultivo de importancia agrícola a escala mundial, por ser un alimento utilizado universalmente en la dieta humana y animal. La investigación se realizó en la Finca “Maripa”, perteneciente a la UBPC “Agricultura Urbana” en el municipio de Cumanayagua, provincia Cienfuegos, Cuba, entre los meses de septiembre y diciembre del 2022 con el objetivo de evaluar el comportamiento fenológico y el rendimiento de la variedad DT-SOY-26 en un suelo Pardo Grisáceo bajo condiciones de producción. Se evaluaron indicadores fenológicos, morfológicos y agronómicos. De acuerdo a la hipótesis, la investigación fue descriptiva. Se concluyó que las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio permitieron un desarrollo adecuado de la variedad, con un ciclo biológico de floración a los 26 días, mientras el productivo se completó a los 90 días, ambos con ocho y cinco días de adelanto respectivamente en relación al Descriptor de la variedad. Las plantas mostraron un porte erecto, crecimiento indeterminado y sin acame. Se alcanzaron 24,75 vainas por plantas, 2,57 granos por vainas, con un peso de 11,83 g en 100 granos. El rendimiento obtenido fue de 1,78 t ha⁻¹, inferior al que plantea el Descriptor de la variedad, pero dentro de rango de la producción actual de soya en Cuba. La incidencia de insectos plaga y patógenos fue muy baja, sin representar daño económico. Se recomienda evaluar esta variedad por épocas en una segunda campaña, así como extender las áreas de siembra a otros espacios agrícolas de la localidad.

Palabras clave: *Glycine max*, fenología, vaina, granos, rendimiento

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a crop of agricultural importance on a global scale, as it is a food universally used in human and animal diets. The research was carried out at the “Maripa” Farm, belonging to the UBPC “Urban Agriculture” in the municipality of Cumanayagua, Cienfuegos province, Cuba, between the months of September and December 2022 with the objective of evaluating the phenological behavior and performance of the DT-SOY-26 variety in a Grayish Brown soil under production conditions. Phenological, morphological and agronomic indicators were evaluated. According to the hypothesis, the research was descriptive. It was concluded that the edaphoclimatic conditions of the study area allowed adequate development of the variety, with a biological flowering cycle at 26 days, while the productive cycle was completed at 90 days, both eight and five days ahead respectively in relation to the variety descriptor. The plants showed an erect habit, indeterminate growth and without lodging. 24.75 pods per plant, 2.57 grains per pod were achieved, with a weight of 11.83 g in 100 grains. The yield obtained was 1.78 t ha⁻¹, lower than that proposed by the Variety Descriptor, but within the range of current soybean production in Cuba. The incidence of insect pests and pathogens was very low, without representing economic damage. It is recommended to evaluate this variety by season in a second campaign, as well as to extend the planting areas to other agricultural spaces in the town.

Keywords: *Glycine max*, phenology, pod, grains, yield

INDICE

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Problema científico | 2 |
| • Hipótesis | 4 |
| • Objetivo general | 4 |
| • Objetivos específicos | 4 |
| CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 1.1. Soya (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill). Generalidades del cultivo | 5 |
| 1.2. Antecedentes del cultivo de soya en Cuba | 11 |
| 1.3. Usos de la Soya | 12 |
| 1.4. Producción de soya | 16 |
| 1.5. Incidencia de la expansión del cultivo de la soya en los ecosistemas | 18 |
| 1.6. La soya transgénica y sus efectos globales | 21 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 24 |
| • Localización, suelo y clima | 24 |
| • Diseño, procedimiento y muestreo | 25 |
| • Mediciones realizadas | 27 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 30 |
| CONCLUSIONES | 46 |
| RECOMENDACIONES | 47 |
| BIBLIOGRAFÍA | 48 |

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas constituyen un reglón de importancia agrícola a escala mundial y dentro de ellas se destaca la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) por ser un alimento con alto contenido proteico y oligosacáridos, alta concentración de ácidos grasos insaturados, altos niveles de vitamina E, lecitina y otros compuestos, utilizada universalmente en la dieta humana y animal. Es una planta originaria de China, que ha sido cultivada desde el año 3000 a.C. La antigua literatura muestra que presenta un alto nivel de nutrientes como alimento humano. Se propagó hacia los países asiáticos estableciéndose como principal componente de la dieta de la población. (Rodríguez *et al.*, 2018).

Esta especie es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, se cultiva en las zonas tropicales, subtropicales y templadas (Gómez *et al.*, 2018). Su fenología, desarrollo del área foliar y la acumulación de materia seca, están muy relacionados con el comportamiento de los factores ambientales (Hernández *et al.*, 2016).

De las oleaginosas que se producen a nivel mundial, el frijol de soya ocupa el primer lugar en cuanto a producción y consumo con más del 50 % en cada uno de esos conceptos, en relación al resto de las semillas oleaginosas, por su gran diversidad de usos. En promedio, el grano seco contiene 20 % de aceite y 40 % de proteína (Lope *et al.*, 2018).

Hoy es un cultivo explotado en diferentes partes del mundo y es un alimento que puede contribuir a la solución de los problemas nutritivos en las regiones tropicales por sus altos contenidos de grasa y proteicos (18 y el 21 por ciento de grasa, y del 38 al 40 por ciento de proteína). Además, permite múltiples usos, lo cual la hace más atractiva ante otros cultivos, tales como: extracción de aceite del que se confeccionan barnices, colas, esmaltes, grasas industriales, lubricantes y tintas, se utiliza para cocinar, en la elaboración de margarina y mayonesa y la producción de lecitinas comestibles e industriales (Rodríguez *et al.*, 2018).

Una hectárea de soya, considerando un rendimiento en grano de 1 t ha⁻¹ representan 9 000 L de leche de soya (3% de proteína y 1,8% de grasa vegetal, sin colesterol), de la cual se produce yogurt, queso crema y helado. Dicha leche es indicada para niños que no toleran la de vaca, personas

hipertensas y con otras dolencias. Además, aporta 600 kilogramos de harina con 25 por ciento de proteína, lo que equivale a 150 kilogramos de proteína ha⁻¹. Se destina a la alimentación humana, en la elaboración de productos cárnicos, lácteos, para la panificación, harina de soya, emulsiones, fertilizantes, adherentes y aislados de proteína (Gómez *et al.*, 2018).

Brasil, que se destaca como principal exportador en Suramérica, planificó cosechar alrededor de 123 millones de toneladas métricas de semillas oleaginosas en la temporada 2020-2021, con lo que superaría la cosecha de Estados Unidos de 112,9 millones (Freitas, 2019).

Al cierre del 2019 la producción mundial de soya ascendió a 354,5 millones de toneladas, un 5,2 % (17,8 millones de toneladas) más que en la campaña 2017/2018, cubriendo un total de 127 millones de hectáreas sembradas para un rendimiento promedio por hectáreas de 2,8 toneladas (Romina y Lacell, 2018). Parte de estos incrementos se ha podido obtener hoy en día, al emplear la ingeniería genética sumada a las prácticas convencionales como una herramienta más para mejorar o modificar los cultivos con el objetivo de obtener mayores rendimientos de los mismos y garantizar la seguridad alimentaria mundial (Gallino *et al.*, 2018).

Se conoce que llegó a Cuba en 1904 procedente de Estados Unidos y fue sembrada en la Estación Agronómica de Santiago de las Vegas en La Habana, hoy Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), y no es hasta el periodo 1968-1972 que se realizan los primeros estudios económicos de producción, sin que se haya logrado establecer en gran escala la siembra de esta valiosa leguminosa (Ortiz *et al.*, 2000).

El procesamiento industrial del grano de soya en Cuba permite obtener diversos productos de valor estratégico para el hombre como es la leche, el yogurt y el aceite, además de la obtención de harinas para la alimentación animal. Sin embargo, a pesar de que este cultivo se conoce desde inicios del siglo XX, aún no se ha podido estabilizar su producción (Travieso *et al.*, 2018). Así mismo, en aras de incrementar la producción de este grano en el país, se han introducido algunos cultivares foráneos y se trabaja en la obtención de nuevos cultivares y variedades nacionales.

En la actualidad cubana, la seguridad alimentaria y nutricional es una de las prioridades políticas del país; en la nueva constitución de la República de Cuba se reconoce que *...Todas las personas tienen derecho a la alimentación sana y adecuada. El Estado crea las condiciones para fortalecer la seguridad alimentaria de toda la población...* (artículo 77). En la actualidad no están cubiertas las demandas de alimentación que requiere la población, motivadas por insuficiencia de recursos, problemas organizativos y estructurales y por un manejo inadecuado del suelo que conlleva a prácticas agrícolas equivocadas, que derivan en una reducción sustancial de los rendimientos agrícolas (Ortiz *et al.*, 2020).

Resulta prioritario el avance hacia sistemas alimentarios locales es una de las transformaciones que reclama la agricultura cubana. Apunta a dar mayor protagonismo a los municipios, Consejos populares, comunidades, y productores en general. La formulación de los Sistemas Agrarios Locales es coherente con un conjunto de transformaciones que están teniendo lugar en el país. Una de ellas es la aprobación de la Política para Impulsar el Desarrollo Territorial (PIDT) (CUBA, 2021), la propone un estudio cada vez más dirigido al uso y evaluación de cultivos poco explotados y que revisten gran importancia para la alimentación humana y animal, donde sin dudas la soya ocupa un lugar importante para consolidar su producción en el país.

En Cuba se desarrollan acciones muy importantes para ampliar el cultivo de la soya a todos los niveles, para lo cual es fundamental la búsqueda de variedades y tecnologías apropiadas para las diferentes épocas del año, regiones diferentes en el país a su vez, estudiar la respuesta del crecimiento y el rendimiento ya que es una de las decisiones de producción más importante y menos costosa que afecta el rendimiento y la calidad de las semillas (Meriño *et al.*, 2015).

Algunos estudios muestran que el comportamiento de las variedades de acuerdo a su fenología y condiciones medio ambientales, siendo uno de los factores más influyentes que afectan los rasgos agronómicos de la soya, en función de la etapa de crecimiento en que se encuentra el cultivo, de ahí que evaluar el comportamiento fenológico se encuentra entre los más importantes, porque resulta de gran utilidad para el desarrollo de las actividades fitotécnicas, ya que se conoce la mejor época para abonar, para regar, para realizar las podas, etc. Además, permite prevenir las plagas y

enfermedades. Hay épocas del año donde las plagas de insectos están más activas y se reproducen más rápidamente. Sabiendo esto se pueden comenzar a realizar técnicas de prevención cuando se acerque la época de más actividad de los insectos (Portillo, 2018).

A pesar de la importancia del cultivo de la soya, en Cienfuegos, y específicamente en el municipio de Cumanayagua no se cuenta con antecedentes sólidos de su producción, de ahí la justificación de la presente investigación y trabajo de tesis, en función de evaluación de nuevas variedades que podrían tributar a los diferentes programas de desarrollo agropecuario en la localidad.

Después de lo anteriormente expuesto, se plantea el siguiente problema científico:

Problema científico:

¿Cuál será el comportamiento fenológico y el rendimiento de la variedad de soya DT-SOY-26 en un suelo Pardo Grisáceo de baja fertilidad natural en el municipio de Cumanayagua, provincia Cienfuegos, Cuba?

Hipótesis:

La evaluación de la fenología y el rendimiento de la variedad de Soya permitirá conocer la respuesta agronómica de esta variedad y considerar su regionalización en la localidad.

Objetivo general:

Evaluar el comportamiento fenológico y el rendimiento de la variedad de soya DT-SOY-26 en un suelo Pardo Grisáceo bajo condiciones de producción en el municipio de Cumanayagua, provincia Cienfuegos, Cuba.

Objetivos específicos:

- 1) Evaluar el comportamiento de indicadores fenológicos de la variedad de soya DT-SOY-26 en condiciones de producción.
- 2) Determinar el rendimiento de la variedad de soya DT-SOY-26 en las condiciones edafoclimáticas de estudio.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BILIOGRÁFICA

1.1) Soya (*Glycine max* (L.) Merrill). Generalidades del cultivo

a) Origen, distribución y adaptación

Avalado por la amplia diversidad genética encontrada, Vavilov (1951) consideró a China como centro de origen de la soya, *Glycine max* (L.) Merrill, país desde donde se extendió a la mayor parte del mundo. Desde tiempos, muy remotos esta especie se cultivó por todo el oriente, especialmente en China, Japón y Manchuria (Mateo, 1969).

Ha sido cultivada desde el año 3000 a.C. La antigua literatura china muestra que presenta un alto nivel de nutrientes como alimento humano. Se propagó hacia los países asiáticos estableciéndose como principal componente de la dieta de la población. Se traslada hacia Estados Unidos a mediados del siglo XIX, y en 1925 se obtienen 1 133 variedades del cultivo y se estudia la posibilidad de crear una industria de aceite vegetal. Posteriormente se comienza a producir el grano (Meriño, 2006).

Llega a Brasil en 1882, pero no es hasta los años sesenta del siglo XX que alcanza importancia económica al llegar a medio millón de toneladas en 1965 y apenas cuatro años más tarde, a un millón. A finales del pasado siglo ocupaba un área superior a los 80 millones de hectáreas.

Hoy es un cultivo explotado en diferentes partes del mundo y es un alimento que puede contribuir a la solución de los problemas nutritivos en las regiones tropicales por sus altos contenidos proteicos. Además, permite múltiples usos, lo cual la hace más atractiva ante otros cultivos.

Actualmente se explota en la mayoría de los países europeos y asiáticos, incluyendo la India, Norte, Centro y Sur América y en el Caribe, en muchos países de África, así como en algunas zonas tropicales y subtropicales del continente australiano (Davies, 1960). Según exponen Whyte *et al.* (1967), esta especie necesita de veranos cálidos, pero no demasiado ardientes y puede vegetar en

la mayoría de los suelos, aunque sean pobres; no obstante, produce rendimientos óptimos en suelos algo húmedos y flojos, aunque también es resistente a la sequía.

Desde el último cuarto del siglo XX se demostró la viabilidad de producción de soya en climas subtropicales e incluso en zonas más cercanas a la línea ecuatorial, lo que indica que la producción nacional de soya pudiera incluirse dentro de la alternativa de sustitución de importaciones. Todo esto unido a que existen amplias posibilidades de aprovechar los suelos a partir de las rotaciones con otros cultivos. Al ser la soya un cultivo de ciclo corto posibilita rotarla con cultivos principales que ocupan grandes extensiones, como son la caña de azúcar, el arroz y el tabaco, fundamentalmente (INIFAT, 2008).

Los grandes productores de la soya corroboran el hecho de que esta permite un mejor aprovechamiento de la tierra y de que hay que adaptarla a las características que impone el cultivo principal como son: tipo de riego, implementos y equipos para la preparación del suelo, atenciones culturales y fitosanitarias, entre otras.

La rotación de la oleaginosa con otros cultivos trae ventajas con respecto al control de insectos, plagas y malezas. Posibilita el uso más eficiente de los nutrientes. Maneja eficazmente el fertilizante aplicado en exceso al cultivo precedente. Generalmente fijan más nitrógeno que el que usan. Este hecho sugiere que los cultivos que requieren altas dosis de nitrógeno deberían seguir a la soya en la rotación (Ponce *et al.*, 2002).

b) Características botánicas

De acuerdo con la descripción realizada por Mateo (1969), la soya es una planta herbácea, anual, con un sistema radical bien desarrollado y con abundante nodulación. Este sistema radical, según apuntó Tanaka (1977), es un tipo intermedio entre el descrito en *Medicago sativa* (L.), *Trifolium pratense* (L.) y *T. repens* (L.), en el cual se produce un enraizamiento múltiple y de primer orden, donde 4 o 5 ramas emergen de cada locus y el que caracteriza la *Vicia* sp., *V. fava* (L.) y *Vigna sinensis* (L.), donde sólo se produce la formación de una rama de primer orden en cada locus.

Por otra parte, es también un tipo intermedio entre el tipo fibroso y el arborescente (Tanaka, 1977). A pesar de que este sistema presenta un desarrollo más lento que el de otros cultivos, el mismo puede penetrar profundamente en el suelo (Musatov y Novak, 1967), incluso hasta de 1,5 a 2,0 m y presenta la mayoría de las raíces secundarias en los primeros 0,60 m.

Los tallos son erguidos y bien ramificados, aunque algunas variedades pueden tenerlos rastreros o volubles, como sucede en algunos tipos de soya salvaje que crecen en Japón (Sebizuka y Yoshiyama, 1960). Estos crecen entre 30 y más de 150 cm, lo cual depende de la variedad, del medio y de los métodos agrotécnicos empleados para su cultivo.

El primer par de hojas es simple; mientras que las verdaderas son alternas y trifoliadas, con folíolos oval-lanceolados y peciolo (de 5 a 30 cm) acanalado en su parte superior y engrosado en la base, donde se puede observar unas pequeñas estípulas.

El color de las hojas varía del verde claro al oscuro y suelen ser más o menos pelosas o hispídas, aunque se conocen variedades que presentan estas y todas sus partes totalmente glabras. Las flores, autofértiles, presentan el cáliz gamosépalo, nueve estambres diadelfos soldados por el estilo y uno suelto, y crecen en inflorescencia racimosa; son pequeñas y se hallan situadas en la axila de la hoja, variando su color de púrpura al blanquecino y presentan las características típicas del género.

El ovario es libre y unicelular y contiene de 2 a 5 óvulos. El fruto es una legumbre hispída, dehiscente, generalmente corta (inferior a los 10 cm) y con las valvas constreñidas contra las semillas, por cuanto estas se pueden apreciar fácilmente aun cuando las vainas se encuentren cerradas (Mateo, 1969).

Las semillas aparecen en número de 2 a 6 y son de tamaño relativamente pequeño (4 a 7 mm), superficie lisa, cuyo color puede ser verde-amarillento, verdoso, castaño, amarillo, negro o manchado; de forma casi siempre ovalada y muestra un hilo oval de unos 3 a 4 mm de longitud. El peso de estas oscila entre 10 y 30 g/100 semillas. Reconocer que no existe marcada diferencia entre el peso de los granos recién cosechados y al paso del tiempo, atribuido a una pérdida rápida de humedad durante la fase final de maduración del cultivo y previo a la cosecha (Tanaka, 1977).

Las plántulas presentan raicillas bien desarrolladas, con algunas raíces secundarias débiles, hipocotíleo cilíndrico, glabro y de color blanquecino, epicotíleo cilíndrico y con pelos y cotiledones epigeos, carnosos y glabros. En relación con las nerviaciones que presentan estos últimos, Starosting (1968) señaló que *G. max* y *Onobrichis viciifolia* resultan plantas mucho más evolucionadas que *T. repens* y *M. sativa*, las cuales se asemejan, en este sentido, a las Gimnospermas.

c) Agrotecnia del cultivo

El cultivo de la soya empezó a adquirir relevancia mundial en el decenio de 1950, cuando se verificó un aumento de la demanda de aceites vegetales. Pasó a ocupar un lugar destacado en el proceso de producción agrícola de los países meridionales de Sudamérica, debido a la estabilidad del comercio internacional y a la posibilidad de ofertar el producto a los países consumidores principalmente Estados Unidos (Gálvez *et al.*, 2010).

La soya es el único cultivo en la agricultura totalmente mecanizado que ofrece una alternativa viable para una producción racional y sostenible, basada en la rotación de cultivos, garantizando al productor un alto nivel de rentabilidad y la conservación y mejoramiento de un recurso natural renovable, como es el suelo (CATIE, 2004).

Entre las prácticas que más influyen en los rendimientos de los cultivos se encuentra la utilización adecuada de densidades de siembras o plantas (Calero *et al.*, 2020). La aplicación de densidades adecuadas de siembra es esencial para aumentar el rendimiento de la soja, ya que mejora la utilización de la energía de la luz en las hojas, promueve la absorción de nutrientes y aumenta la acumulación de materia seca con el rendimiento (Cheng *et al.*, 2020).

El manejo de las densidades de plantas depende de varios factores como: la fertilidad del suelo, la humedad (suelo y aire), el porcentaje de germinación y las características agronómicas de las variedades o cultivares (Calero *et al.*, 2015). El patrón espacial del cultivo es otro factor agronómico que puede afectar el rendimiento de la soja y la competitividad del cultivo frente a las malezas (Andrade *et al.*, 2019). Sin embargo, es ampliamente reportado, que un patrón de

siembra uniforme aumenta la uniformidad espacial y el índice de foliar de la hoja, reduce el sombreado mutuo y acelera el cierre de la hoja, todo lo cual resulta en una mayor intercepción de radiación por las hojas y aumento del crecimiento y rendimiento de los cultivos (Andrade *et al.*, 2019; Carciochi *et al.*, 2019).

Preparación del suelo:

Teniendo en cuenta la amplia variabilidad ecológica de este cultivo, en general, es menos exigente a suelos que otras plantas y se adapta bien a una gran variedad de texturas que poseen los suelos comprendidos entre los tipos arenosos y los francos arcillosos. Se adapta además perfectamente a los suelos orgánicos, donde se obtienen buenas cosechas con pH que van de 6 a 7 (Tanaka, 1977).

La preparación del suelo estará acorde con las características del cultivo, así como el número de labores adecuadas. Realizando una preparación convencional de forma tal que la capa superficial quede bien mullida hasta los 20 cm de profundidad, se favorece un mejor contacto suelo-semilla y se proporciona la humedad necesaria a esta última. Por otra parte, Díaz Carrasco sugirió la necesidad de tener en cuenta la nivelación del terreno, ya que esto permite un riego uniforme y una buena germinación y facilita la mecanización de la cosecha (CATIE, 2004).

La época de siembra es un aspecto ligeramente controvertido en el cultivo de la soya, ya que atendiendo a la región y la época del año los productores e investigadores han propuesto momentos diferentes. Así, Mateo (1969), recomendó diferentes épocas de siembra que están en dependencia de las variedades, el clima y las características propias del lugar. En Birmania e India, donde se alternan las estaciones de lluvia y seca, es cotidiano sembrar al inicio de las lluvias utilizando suelos sueltos

Echarle suficiente cantidad de materiales orgánicos y ceniza al suelo. Si su terreno tiene buen desagüe, siémbrela en parcela plana. Si el terreno no tiene buen desagüe, necesita sembrar en cama alta. En todos los casos, es importante que ubique las zanjas dentro y alrededor de la parcela para que desagüe (Carciochi *et al.*, 2019).

Siembra:

Siembra en surco. Toma 15 a 20 cm de distancia entre mata y mata y 50 a 60 cm de distancia entre surco y surco. 1) Siembra directa: Eche de 3 a 4 semillas y póngale de 2 a 3 cm de capa de tierra. A los 15 a 20 días después de siembra, entresaca las plantas débiles y deje de 1 a 2 matas. 2) Siembra en el semillero: Cuando las plantas tengan 2 a 3 hojas (15 a 20 días después de la siembra), trasplante a la parcela.

Abonamiento: Cuando crece bien, no es necesario ponerle. Cosecha: 1) Soya Verde: a los 60 a 90 días después de siembra. 2) Soya Seco: a los 130 a 150 días después de siembra

La soya es la primera especie reconocida como de días cortos (Ganer y Allard, 1920), lo que ha sido ratificado por diferentes autores hasta fechas recientes (Caffaro *et al.*, 1994), ambos autores citados por Ortiz *et al.* (2023). También, han sido reportados cultivares insensibles o de días neutros, las cuales florecen después de haber alcanzado determinado crecimiento con independencia del fotoperiodo en que se encuentren, pero la mayoría de los cultivares responde al fotoperiodo como plantas de día corto. Quizás la característica fisiológica más importante de la planta de soya es su fotoperiodismo

La variación del fotoperiodo en Cuba tiene un máximo de 13,5 horas luz en junio y un mínimo de 10,5 en diciembre. Esta amplitud del fotoperiodo es suficiente para producir diferencias en el comportamiento de las plantas de soya, existiendo cultivares adaptados a la época de primavera (15 abril -15 mayo), verano (15 Julio-15 agosto) e invierno, del 15 de diciembre al 15 de enero (Ortiz *et al.*, 2023).

En cuanto a las exigencias térmicas del cultivo, Brown (1960) encontró que temperaturas inferiores a los 25°C demoran la floración, con independencia de la longitud del día. Además, se demostró que la máxima velocidad de desarrollo entre siembra y floración, se produce a los 30°C.

Las temperaturas superiores a 40°C tienen efectos adversos sobre la tasa de crecimiento, iniciación floral y formación de las vainas. Autores como Summerfiere *et al.* (1989) propusieron un cuadro

relativamente simple de la respuesta de los cultivares al fotoperiodo y la temperatura. Hodges y French (1985), plantearon cuatro fases entre la siembra y la primera flor:

- * Siembra hasta la emergencia (en función de la temperatura).
- * Emergencia hasta el final de la fase juvenil (en función de la temperatura).
- * Final de la fase juvenil hasta la inducción floral (en función de la longitud del día).
- * Desarrollo de la fase floral (en función de la temperatura)

Un factor de gran importancia en la explotación de la soya, ya sea para la producción de grano o de forraje, es su habilidad de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con el *Rhizobium japonicum*. Esta última forma uno de los grupos de inoculación cruzada específico para este tipo de planta. La respuesta a la inoculación de esta especie puede variar en dependencia de la cepa inoculada y la variedad de soya, y existe una interacción específica entre el genotipo de la planta y la cepa de *rhizobium* utilizada (CATIE, 2004).

1,2) Antecedentes del cultivo de la soya en Cuba

A pesar de que en Cuba se conoce la soya desde inicios del siglo XX, su producción no se ha podido estabilizar, se siembran alrededor de 20 000 ha que solo logra satisfacer el 35% de la demanda nacional, lo que obliga al país a importar unas 600 000 toneladas anuales (Garcés *et al.*, 2014). Las primeras experiencias comenzaron a inicios del siglo XX, en la Estación Experimental de Santiago de Las Vegas, la cual declara en 1905 la aclimatación a nuestras condiciones de 50 variedades de soya, pero comercialmente no se cultivó durante los primeros sesenta años.

En las décadas posteriores los principales investigadores de la Estación realizaron importantes estudios sobre nuevas variedades como "*Biloxi*", "*Otootan*", "*Improved Pelican*", entre otras, para la producción nacional ya que sujetaban mayores rendimientos y calidad de la semilla. Ya en 1955 se publica el folleto titulado "El cultivo del frijol soya" (Gálvez *et al.*, 2010).

En 1958 el Banco de Fomento Agrícola e Industrial de Cuba (BANFAIC), en coordinación con la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, dan a conocer sobre las áreas de

extensión del cultivo ubicadas en las sabanas de Santo Domingo, provincia de Villa Clara; en la finca "Pablo", en Ciego de Ávila, y en la zona arrocera del sur de Pinar del Río, con el nuevo objetivo de extraer aceite para sustituir las importaciones de ese producto y el uso de la torta para la alimentación del ganado (Ortiz *et al.*, 2023).

A inicios de los años 60 se intentó desarrollar el cultivo en varias provincias, aunque se obtuvieron muy bajos resultados. En la década posterior, se evaluaron 14 variedades de soya entre las que se destacaron la *Improved Pelican*, *Abura* y *Calzadilla No 1*. Entre 1972 y 1976 se inicia un programa de selección dentro de la variedad *Improved Pelican*, obteniéndose las líneas 229-2, 502 y *Casado*, las que en pruebas biométricas realizadas en siembras de agosto y enero mostraron superioridad en rendimiento y calidad de la semilla, respecto a la variedad original (INIFAT, 2008).

Durante el periodo 1981-1996, en el INIFAT, se formularon estrategias en estudios investigativos que marcaron la posibilidad de obtener variedades de soya que puedan ser sembradas en diferentes épocas, productoras de granos, forrajes, o ambos, con características apropiadas para la cosecha mecanizada y con buena tolerancia a las principales enfermedades y plagas que atacan a este cultivo. Actualmente se dispone de las variedades INIFAT-V9, INIFAT-70, Cubasoy-23, Cubasoy-120, INIFAT-382, Júpiter, Williams, y Duocrop entre otras (Ortiz *et al.*, 2004).

Es importante destacar que a pesar del clima caliente y húmedo y de los días cortos, que constituyen características desfavorables para la producción nacional de soya, se han realizado enormes esfuerzos para desarrollar variedades específicamente adaptables a estas condiciones, en lo cual Cuba también ha dado su aporte y constituye un paso importante en el camino hacia una sustitución de importaciones de este rubro (Ortiz *et al.*, 2023).

1,3) Usos de la Soya

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la nutrición es la ingesta de alimentos en relación con las necesidades dietéticas del organismo. Una buena nutrición (una dieta suficiente y equilibrada), combinada con el ejercicio físico regular, es un elemento fundamental de una buena salud.

Una mala nutrición puede reducir la inmunidad, aumentar la vulnerabilidad a las enfermedades, alterar el desarrollo físico y mental. En cada país existe una cultura alimentaria: la cocina de un pueblo resume las condiciones ecológicas y económicas en que se ha desarrollado, las respuestas nutricionales que ha encontrado y el sentido que le ha dado acerca de qué es comer bien, cuándo, cómo y con quiénes hacerlo, a lo largo de su historia. La identidad alimentaria es parte de la identidad de las personas tanto como de los grupos (García, 2009).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció que la proteína de soja tiene todos los aminoácidos esenciales y en cantidades suficientes como para cubrir los requerimientos de ingesta de proteínas acordes a las necesidades de edad y situación biológica (CATIE, 2004).

La alimentación basada en plantas es un enfoque alimentario orientado hacia el consumo de alimentos de origen vegetal (frutas, verduras, granos enteros, cereales integrales, legumbres, nueces y semillas), excluyendo o reduciendo significativamente el consumo de carne, huevo, lácteos y de alimentos procesados (Soto *et al.*, 2022). Los distintos gobiernos y las organizaciones de salud recomiendan ampliamente este tipo de alimentación, debido a su impacto positivo en el bienestar humano, animal y ambiental (Van Loo *et al.*, 2020.)

Desde el punto de vista nutricional, es conveniente considerar que una alimentación basada en plantas no debería limitarse a consumir únicamente productos de origen vegetal, sino en lograr que el mayor aporte nutricional posible sea proveniente de este tipo de alimentos, sin excluir los beneficios que muchos alimentos de origen animal aportan a la nutrición humana (Lynch *et al.*, 2018).

La soja es considerada en la agricultura del mundo moderno como uno de los cultivos más rentables debido a la importancia estratégica que tiene para los esquemas tecnológicos de producción de alimentos concentrados para la alimentación de aves y cerdos, dado su alto contenido proteico (CATIE, 2004). Alcanza un alto valor económico, por los múltiples usos en la alimentación humana y animal, debido a las altas concentraciones de proteína y aceites que posee (Pagano y Miransari, 2016).

La soya o soja es una fuente importante de proteína vegetal y aceite comestible de alta calidad. Con su capacidad biológica de fijación de nitrógeno (BFN), la soja es un cultivo importante para disminuir la aplicación de fertilizantes de N y mantener un alto rendimiento en el sistema de rotación de cultivos (Cheng-Zhi *et al.*, 2021). El aumento en la producción de soja coincidió con una evolución del uso de la tierra, el agua y los fertilizantes, pero también con un cambio en el principal destino de exportación en la década de 2000 de Europa a China (Liu *et al.*, 2020).

El aceite de soya (a veces denominado también aceite de soja), es abundante en ácidos grasos poli-insaturados. Los tres mayores productores de aceite de soya, por orden de producción son: EEUU, Brasil y Argentina. El aceite de soya es el de mayor producción mundial para el consumo humano, superando a los aceites de colza, palma y girasol. La industria química también aprovecha su grado de insaturación, y por su efecto secante se utiliza para la elaboración de materia prima para fabricación de pinturas (Lynch *et al.*, 2018).

Este aceite se emplea mayoritariamente en la gastronomía y se puede encontrar en salsas para ensaladas, aceites para freír alimentos, etc. Al tener en su composición ácidos grasos poli-insaturados, es muy aconsejable guardarlo en la nevera y consumirlo cuanto antes. No se aconseja probarlo si tiene olor a rancio. Resulta frecuentemente más balanceado que el de oliva, ya que posee los ácidos grasos esenciales Omega 3 y Omega 6, por lo que es un buen complemento para dietas en donde abundan carnes rojas y carbohidratos (CATIE, 2004).

Contiene más proteína que la carne de res, el pescado y tres veces más que el huevo. Sus semillas tienen alto contenido en fibra, no contiene colesterol y prácticamente tampoco grasas saturadas. La escasa grasa presente es rica en lecitinas y Fosfolípidos, vitales para las membranas celulares, el cerebro y el sistema nervioso.

Aporta cantidades equilibradas de los ácidos grasos esenciales omega 3 y 6, beneficiosos para el corazón y el sistema nervioso. Puede ayudar por ello a controlar el colesterol malo y la arterioesclerosis. La mejor cualidad del aceite de soya es que combina la vitamina A y vitamina E. Es de una alta asimilación y digestibilidad (ideal para aquellas personas que no toleran el aceite de oliva). El aceite de soya desodorizado contiene tocoferoles en promedio aproximado de

100mg/100g, que le confieren estabilidad al aceite o los alimentos en que se utilice. También puede incluir un grupo de vitaminas y minerales que aportan a su composición nutricional y que llegan al organismo a partir de los productos o subproductos que se elaboran (García, 2009).

En los países del Oriente la soja ha sido utilizada desde hace milenios como fuente de nutrientes, la utilizan en salsas, brotes, soja líquida, tofu (queso de soja), harinas o granos (que deben ser procesados para el consumo, decorticados y fermentados). Ellos llevan siglos consumiéndola y forma parte de su cultura alimentaria (Cheng-Zhi *et al.*, 2021).

La soja es utilizada actualmente en la cultura occidental como aceite refinado en mayonesas, aceites de cocina, crema para café. La lecitina de soja se utiliza en productos panificados, dulces, chocolates, etc. Se usa soja también en productos proteínicos como concentrados y extractos de soja, pastas, cervezas, embutidos, etc. En productos integrales, en golosinas, dulces, postres, galletitas y productos dietéticos, en bebidas de soja líquida, harina de soja en pan y pastelería, en embutidos como sustituto de la carne. Los brotes de soja son consumidos frescos, congelados o enlatados, y mucha salsa de soja (Cheng-Zhi *et al.*, 2021).

Algunos nutricionistas afirman que la soja, integrada en un plan de alimentación variado, provee buena nutrición, mientras que otros profesionales afirman que las proteínas de soja contienen todos los aminoácidos esenciales para el ser humano adulto en las cantidades adecuadas, no así para niños menores de dos años cuyo patrón de aminoácidos es más exigente. La Sociedad Argentina de Pediatría recomienda no utilizarla en niños menores de dos años (Ritner, 2006).

El grano de soja contiene factores tóxicos o anti nutrientes que reducen en más de 50% su valor nutritivo y pueden provocar efectos indeseados; necesita un proceso denominado inactivación por tratamiento térmico para disminuir sus efectos. Hemos leído en los últimos años numerosos artículos médicos y no médicos sobre el valor nutricional de la soja, que sí tienen razón, pero debemos analizarlos desde dos ángulos diferentes: a. analizar el valor real que tiene la soja como complemento alimentario y b. sí la que se incluye en la alimentación es la soja orgánica o la transgénica (Liu *et al.*, 2020).

Se recomienda no utilizar la soja en niños y niñas por varios motivos, tales como, su alto contenido en fibras dificulta la absorción de hierro, zinc y calcio, ausencia de aminoácidos esenciales para el crecimiento en niños menores de 2 años, presencia de sustancias que tienen efecto de los estrógenos y se cree que pueden ser responsables de la aparición de telarca, precoz y el adelanto de los eventos puberales en niñas, o ginecomastia en niños y producir anomalías inmunológicas (García, 2009).

La soja como alimento tiene sus ventajas y desventajas, es un complemento de la alimentación, pero hay que saber cómo prepararla para su consumición. La leche de soja nunca puede sustituir la leche de vaca y, sobre todo, no en niños menores de 2 años (Ritner, 2006).

1,4) Producción de soja

Las condiciones del mercado mundial de semillas oleaginosas y sus productos provocaron rápidos incrementos de los precios en la segunda mitad de 2020, después de las perturbaciones del mercado a corto plazo debidas a la pandemia de COVID-19. La gran demanda, en especial de soja importada por la República Popular China, y el limitado crecimiento de la oferta, sobre todo de aceite de palma, condujeron a este incremento en los precios (OCDE-FAO, 2021).

Se prevé que la producción de soja aumentará 1.1% anual durante el periodo de las perspectivas. La expansión de la superficie cosechada, incluidos los mayores cultivos dobles en América Latina, representa cerca de una cuarta parte del crecimiento de la producción mundial. Se espera que la producción de soja ascienda a 411 millones de toneladas (Mt) para 2030, más del doble de la producción combinada de otras semillas oleaginosas (colza, semilla de girasol y maní), de 179 Mt. En general, las semillas oleaginosas se procesan (90% de la soja y 87% de otras semillas oleaginosas) en harina proteica, utilizada casi por completo para forraje, y en aceite vegetal para uso alimentario, para oleoquímicos y para biodiesel (OCDE-FAO, 2021).

La producción y las exportaciones de soja son dominadas por dos países: Brasil y Estados Unidos de América (en adelante, Estados Unidos). Se espera que Brasil se sitúe como el mayor productor del mundo, con una producción interna que se prevé llegará a 149 Mt para 2030, debido a la mejora

del rendimiento y al incremento de la intensidad de los cultivos, con cultivos dobles de soya y maíz. Se prevé que Estados Unidos producirá 123 Mt. Por otra parte, se espera que estos dos países representen alrededor de dos tercios de la producción mundial de soya y más de 80% de las exportaciones mundiales de esta oleaginosa (OCDE-FAO, 2021).

La harina de soya predomina en el sector de harina proteica. En comparación con la década pasada, se espera que el incremento en el uso de harina proteica (1.2% anual frente a 3.8% anual) se restrinja debido a la desaceleración del crecimiento de la producción mundial de carne de cerdo y de carne de aves de corral (OCDE-FAO, 2021).

Se espera que el crecimiento de la demanda en China se desacelere considerablemente (1.2% anual frente a 5.7% anual), impulsado por la mejora en la eficiencia del forraje y por las medidas emprendidas para adoptar una menor participación de la harina proteica en las raciones de forraje para el ganado. No obstante, se prevé que China representará cerca de una cuarta parte del crecimiento de la demanda mundial de harina proteica. En la Unión Europea, el segundo mayor usuario de harina proteica, se espera que el consumo baje a medida que el crecimiento de la producción animal se desacelere y se usen otras fuentes de proteína en las mezclas de forraje (OCDE-FAO, 2021).

Al cierre del 2022, Brasil produjo aproximadamente 78,93 millones de kilogramos de soya y se convirtió así en el principal productor de soya del mundo. Estados Unidos y Argentina se situaron en segunda y tercera posición, respectivamente, con 57,32 y 5,19 millones de toneladas respectivamente. Le siguieron en orden descendente: Canadá, Uruguay, Paraguay, Ucrania, Bolivia, Países bajos y Sudáfrica. En 2022, Cuba importó \$11,1M en Soja, convirtiéndose en el importador número 75 de Soja en el mundo. En el mismo año, la soya fue el producto número 42 más importado en Cuba (CEPAL, 2024).

En el análisis de los principales importadores del aceite de soya se constata que China y la India, a pesar de ser grandes productores, no alcanzan a abastecer sus mercados nacionales y necesitan cubrir sus demandas internas con las importaciones. Le siguen Marruecos, Bangladesh, Irán y Argelia que representan el 16% del total global; luego Corea, Perú, Francia y Venezuela con el

12% del total global y finalmente, quedan un sinnúmero de países que no alcanzan el 3% de las importaciones mundiales cada uno (CEPAL, 2024).

1,5) Incidencia de la expansión del cultivo de la soja en los ecosistemas

Durante los años 70 y 80 del pasado siglo, la expansión de la agricultura caracterizada por tener a la soja como cultivo predominante ha originado que casi desaparezca el Bosque Atlántico del sur de Brasil. En la actualidad, el Bosque Atlántico de Paraguay está amenazado por la expansión de la soja, así como también están amenazados los bosques del bajo Yungas y el bosque Chiquitano de Argentina y Bolivia. Todos estos tipos de bosques combinan altos niveles de diversidad biológica con altas tasas de endemismo, y son únicos en su género a nivel mundial (Olsen y Dinerstein, 2000).

La soja representa una seria amenaza indirecta para los bosques del Amazonas, por conducto del desarrollo de la infraestructura y de la capitalización de los productores de ganado –quienes a su vez constituyen la causa principal de la conversión directa de los bosques ecuatoriales o selvas tropicales. Los biomas de las sabanas arbustivas de América del Sur se ven amenazados por la expansión del cultivo de soja en mayor medida que los biomas de la selva tropical (Bickel y Dros, 2003).

La producción mundial de soja se ha duplicado entre 2000 y 2019, pasando de 26.4 Mha a 55.1 Mha, y más de la mitad de del cultivo mundial de soja procede de Sudamérica. La expansión de este cultivo se ha producido en su mayor parte a expensas de los bosques y la vegetación nativa. La expansión de la producción de soja en la región se ha producido en una gran variedad de ecosistemas, desde la selva Amazónica, y el bosque Atlántico, hasta la sabana de El Cerrado, el bosque seco del Chaco y la sabana Chiquitana (Song *et al.*, 2021).

Este cultivo contribuye tanto a la conversión directa como a la indirecta de tierras, al desplazar la producción ganadera, empujando la demanda de nuevos pastos para el ganado hacia los bosques y la vegetación nativa, esta práctica se acentúa cada vez más en Latinoamérica Según datos de Global Forest Watch, entre 2000 y 2015 se deforestaron para producir soja 8,2 millones de hectáreas, y

un 97% de esa pérdida se produjo en Sudamérica. Más del 60% de esa pérdida de bosques producida por la expansión de la soja se ha producido en Brasil y después, en este orden, Argentina, Bolivia, y Paraguay (Machado y Anderson, 2016).

Otras investigaciones desvelaron que alrededor del 9% de la deforestación total en Sudamérica entre 2000 y 2016 estaba relacionada con la producción de soja. Comprobaron que la mayor parte de la conversión directa (que se define como la plantación de soja en los tres años siguientes a la tala de los bosques) en Sudamérica para la producción de soja se produjo en las zonas de El Cerrado brasileño y la Amazonia brasileña (Song *et al.*, 2021).

Estas investigaciones también constatan que la mayor parte de la expansión de la soja en Brasil se ha producido en los pastos existentes, a pesar de que la cantidad total de terreno con pastos en Brasil ha permanecido en gran medida constante a lo largo del tiempo, lo cual sugiere que la expansión de la soja en los pastos desbrozados podría impulsar la eliminación de más pastos en otros lugares (Campos y Barros, 2020).

Los promotores de la industria biotecnológica siempre citan a la expansión del área sembrada con soja como una forma de medir el éxito de la adopción tecnológica por parte de los agricultores. Pero estos datos esconden el hecho que la expansión sojera conlleva a extremar la demanda por tierras y a una concentración de los beneficios en pocas manos (Jordán, 2013).

En Brasil, el modelo sojero desplaza a once trabajadores rurales por cada uno que encuentra empleo en el sector. El dato no es novedoso, ya que, desde los setenta, 2,5 millones de personas fueron desplazadas por la producción sojera en el Estado de Paraná y 300.000 en Río Grande do Sul. Muchos de estos «sin tierra», se movieron hacia el Amazonas donde deforestaron selvas tropicales presionados por fuerzas estructurales y el entorno. Por otro lado, en los Cerrados, donde la soja transgénica está expandiéndose, el índice de desplazamiento es más bajo porque el área no estaba ampliamente poblada previamente (Donald, 2004).

Durante el primer “boom de la soja”, ocurrido en Argentina durante los años 80, los pastizales en las provincias de la Pampa fueron transformados a la agricultura arable o de labranza. El arado

ocasionó una erosión y degradación generalizadas de la tierra, con los consecuentes impactos adversos, río abajo, de la sedimentación y las inundaciones (Olsen y Dinerstein, 2000).

El cultivo de soja tiende a erosionar los suelos, especialmente en aquellas situaciones donde no es parte de rotaciones largas. La pérdida de suelos alcanza las 16 t ha⁻¹ en el medio oeste de los EE. UU., una tasa que podría llegar a entre 19 a 30 t ha⁻¹ en Brasil o la Argentina, en función del manejo, la pendiente del suelo o el clima (Campos y Barros, 2020).

La siembra directa puede reducir la pérdida de suelos, pero con la llegada de las sojas resistentes a los herbicidas, muchos agricultores se han expandido hacia zonas marginales altamente erosionables o son sembradas en forma recurrente año tras año, fomentando el monocultivo. Los agricultores creen erróneamente que con la siembra directa no habría erosión, pero los resultados de la investigación demuestran que, a pesar del incremento de la cobertura del suelo, la erosión y los cambios negativos que afectan a la estructura de los suelos, pueden no obstante resultar sustanciales en tierras altamente erosionables si la cobertura del suelo por rastrojo es reducida (James, 2014).

Además de la pérdida de los hábitats naturales, el explosivo crecimiento del cultivo de soja en Argentina ha tenido otras consecuencias socioeconómicas severas. La producción de alimentos y de lácteos para el mercado nacional se desplomó, en tanto que se incrementó el uso de los agroquímicos, la intoxicación humana y la contaminación del agua. La combinación de la crisis económica y la expulsión de los pequeños agricultores y de los trabajadores rurales, resultante de la siembra mecanizada de soja, ha generado la disminución de la soberanía alimentaria con lo cual se ha incrementado la pobreza y el hambre (Pangue, 2005).

El comercio y el procesamiento mundial de la soja están concentrados en un pequeño número de comercializadoras multinacionales de materias primas. Archer Daniels, Midland, Bunge, Cargill (con base en EE.UU.) y Louis Dreyfuss de Francia controlan el 43% de la capacidad de prensado en Brasil y casi el 80% en la Unión Europea. Las tres compañías americanas controlan el 75% del mercado de la soja de EE.UU. Las compañías de prensado venden el aceite de soja y la harina a

los grandes grupos de productores de alimentos y forraje animal, así como también a las industrias de químicos y detergentes (Lence, 2006).

1,6) La soya transgénica y sus efectos globales

La soya transgénica RR fue desarrollada por Monsanto y se comercializó por primera vez en los Estados Unidos en 1996. El cultivo se ha modificado genéticamente para tolerar el herbicida de superventas de Monsanto, Roundup, basado en el producto químico glifosato. Monsanto patentó la molécula del glifosato en los 70 y comercializó el Roundup desde 1976. Retuvo derechos exclusivos en los Estados Unidos hasta que su patente estadounidense expiró en septiembre de 2000. Desde entonces, también otras empresas han fabricado el herbicida

La tecnología ha demostrado ser atractiva para agricultores estadounidenses con granjas y campos extensos y un alto grado de mecanización, principalmente por la simplificación del sistema de control de malezas. Asimismo, Estados Unidos cuenta con una infraestructura favorable al monocultivo de soya transgénica y con subsidios del gobierno para la siembra de cultivos transgénicos, que entraron en vigor poco después de la introducción de la soya transgénica RR en 1996.

Cuando se autorizó por primera vez la comercialización de la soya transgénica RR, había pocos estudios sobre alimentos y cultivos transgénicos. Incluso a día de hoy, el corpus de datos de seguridad sobre los cultivos y alimentos transgénicos no es tan completo como debería teniendo en cuenta que han estado en el suministro de alimentos para personas y animales durante 15 años. Esto se debe en parte a que las empresas del sector transgénico utilizan su control de los cultivos basado en las patentes para restringir las investigaciones. A menudo, impiden el acceso a las semillas para los ensayos o hacen valer su derecho a negar el permiso para que un estudio se publique.

Incluso los científicos y medios de difusión que defienden los transgénicos han pedido más libertad y transparencia en las investigaciones sobre los cultivos transgénicos. En una editorial del Scientific American, se observaba: «Lamentablemente, es imposible verificar que los cultivos

genéticamente modificados rinden como se declara en la publicidad. Ello se debe a que las empresas de tecnología agrícola se han otorgado a ellas mismas el derecho de veto sobre el trabajo de investigadores independientes»

La expansión de la soja transgénica en América Latina representa una reciente y poderosa amenaza sobre la biodiversidad de Brasil, Argentina, Paraguay, Bolivia y Uruguay, es ambientalmente mucho más perjudicial que otros cultivos porque además de los efectos directos derivados de los métodos de producción, principalmente del copioso uso de herbicidas y la contaminación genética, requieren proyectos de infraestructura y transporte masivo que impactan sobre los ecosistemas y facilitan la apertura de enormes extensiones de territorios a prácticas económicas degradantes y actividades extractivistas (Paruelo *et al.*, 2005).

Los impactos medioambientales de los cultivos de soja transgénica con el uso de sus agroquímicos son altamente dañinos, tienen que ver con la afectación a la vida misma en el planeta. Desde luego en la salud humana, la contaminación de los mantos freáticos, la vida silvestre de flora y fauna en las regiones donde se llevan a cabo, terminando por alterar los ecosistemas de bosques, selvas y hábitats naturales (Rivera y Ortiz, 2019).

Los cultivos transgénicos no han tenido mejor rendimiento que sus homólogos no transgénicos, siendo la soja transgénica la que produce rendimientos sistemáticamente más bajos. Según se hace evidente en una revisión de los más de 8.200 ensayos realizados en universidades sobre distintas variedades de soja, la soja transgénica presenta un déficit de entre un 6 y un 10 % respecto a la soja no transgénica. Los ensayos de campo controlados en los que se compara la soja transgénica con la no transgénica indican que la mitad de la pérdida del rendimiento se debe al efecto perturbador del proceso de transformación de los genes (Malatesta *et al.*, 2008).

Datos de Argentina demuestran que el rendimiento de la soja transgénica es igual o menor que el rendimiento de la soja no transgénica. En 2009, la organización de agricultores de Brasil FARSUL publicó los resultados de ensayos realizados con 61 variedades de soja (40 transgénicas y 21 no transgénicas), demostrando que el rendimiento promedio de la soja no transgénica era un 9% mayor que el de la soja transgénica, a un costo de producción equivalente. Una posible explicación

del rendimiento inferior de la soja transgénica RR es que la modificación transgénica altere la fisiología de la planta de manera que esta absorba los nutrientes de forma menos efectiva (George *et al.*, 2010).

Un informe del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos confirma el escaso rendimiento de los cultivos transgénicos; en él se afirma que «los cultivos fruto de la ingeniería genética disponibles comercialmente no aumentan el potencial de rendimiento de una variedad. De hecho, es posible que la cosecha se reduzca. Quizá el mayor reto que plantean estos resultados es cómo explicar el rápido éxito de los cultivos resultantes de la ingeniería genética cuando las repercusiones financieras para la agricultura parecen ser un arma de doble filo, cuando no netamente negativas (Vecchio *et al.*, 2004).

Se han asociado graves problemas ambientales y agronómicos a la expansión de la soja transgénica en Sudamérica, sin embargo, identifica el paquete tecnológico vinculado con la soja, la siembra directa y el uso abundante de herbicidas asociados a la industria transgénica como factores de intensificación adicionales. Este autor descubrió en su estudio sobre la producción de soja transgénica en Argentina que esta había causado problemas ecológicos (Rivera y Ortiz, 2017).

Los defensores de la tecnología transgénica afirman que la soja transgénica favorece al medio ambiente porque facilita la adopción de la siembra directa, lo que a su vez permite que los suelos almacenen más carbono (retención de carbono). De esta forma se retira el carbono de la atmósfera, lo que contribuye a la disminución del calentamiento global. Sin embargo, la mayoría de los estudios en que se dice demostrar los beneficios de la retención del carbono que acarrearía la siembra directa solo miden el carbono almacenado en la capa superficial del suelo (Malatesta, 2008).

En los estudios en que se mide el carbono del suelo a niveles más profundos (hasta 60 cm), se obtienen resultados muy diferentes, donde resulta evidente una menor incidencia en la captura y retención del carbono. En los últimos años, han surgido informes en América del Norte y del Sur que indican que los agricultores se están distanciando de la soja transgénica (Villanueva *et al.*, 2014).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización, suelo y clima

La investigación se realizó en la finca Maripa, perteneciente a la UBPC Agricultura Urbana del municipio de Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, la cual posee una superficie de 5,40 ha, de ellas 3,40 ha dedicadas a cultivos varios y 2,00 ha para pastos y forrajes.

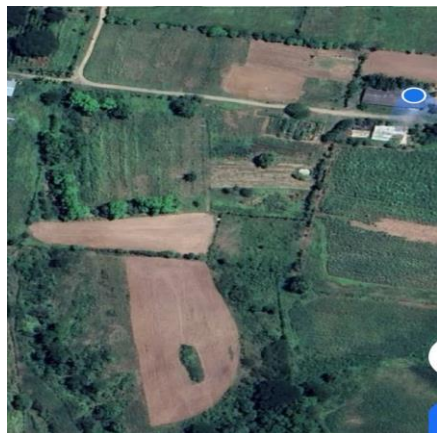


Figura 1. Finca “Maripa”, ubicación georeferencial. Fuente: Ojeda, (2024)

El suelo predominante en el área de la Finca es el Pardo grisáceo (Hernández *et al.*, 2015), donde es común la presencia de un horizonte B sílico, como resultado de su formación bajo el proceso de sialitización. Resultan suelo de perfil ABC, formados en relieve ondulado a alomado, a partir de roca ígnea ácida, siendo los granitoides la roca formadora más extensiva en estos suelos.

Las características que definen a estos suelos como tipo genético, diferenciándolos de los otros suelos del tipo Pardo es su nivel más bajo de fertilidad, sobre todo por la textura ligera, menor capacidad de retención de nutrientes y humedad, así como una reacción del suelo más ácida.

Los Subtipos se establecen sobre la base de la presencia de horizonte mullido, características arénicas, humificación, presencia de nódulos ferruginosos y la evolución agrogénica o erogénica (siendo esta última la que se presenta en el área de estudio).

Algunas características del suelo en el campo “Taza de oro”, donde se realizó el experimento indican un pH de 5,12, Materia orgánica 1,58 %, Reserva de carbono 83,03 mg ha⁻¹, Fosforo asimilable (P₂O₅), 0,55 mg 100 g⁻¹ de suelo y una Densidad aparente de 1,52 g cm⁻³.

Diseño, procedimiento y muestreo.

De acuerdo a la Hipótesis concebida se realizó una investigación descriptiva. La variedad utilizada fue DT-SOY-26, la misma fue sembrada el 12 de septiembre y la cosecha el 12 de diciembre del 2022, exactamente a los noventa días.

La distancia de plantación utilizada fue de 0.40 m x 0.10 m (densidad de 250,000 plantas ha⁻¹), lo que indico un consumo de semilla de 40 kg ha⁻¹, de acuerdo a la distancia empleada. Para la evaluación se configuraron 5 parcelas de 8 m², con 5 surcos de 4 metros lineales y un área evaluable de 4,80 m². Se evaluaron los 3 surcos centrales con descarte de los dos de bordes, para un total de 120 plantas muestreadas. La preparación del área fue con tracción animal.



Figura 2. Preparación del área y material reproductivo

La variedad DT-SOY-26 fue obtenida en el Instituto de Investigaciones de Granos, a partir de una introducción desde Vietnam. El material de siembra fue semilla botánica, suministradas por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) mediante la colaboración del Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL), con un 97 % de germinación y un 94 % de Pureza física. Se aplicó Humus de lombriz producido en la propia Finca, de forma localizada en el surco, a razón de 4 t ha⁻¹.

Las atenciones culturales se hicieron atendiendo a las Instrucciones Técnicas para el Cultivo de la soya (Ortiz *et al.*, 2023), hubo dos labores de cultivo manuales entre los 15-20 y 30-35 días respectivamente, por ser este el periodo crítico de competencia. No se realizó el aporque, ya que disminuye la altura de las primeras vainas.

Para evaluar el comportamiento de la variedad en estudio se consultó además la Descripción de la variedad de soya DT-SOY-26 presente En: Arroz, Maíz, Frijol y Soya. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Instituto de Investigaciones de Granos (2024), documento este fundamental, ya que permitió comparar los resultados alcanzados con los criterios reportados en la caracterización de la variedad.

En la Figura 3 se plasma el comportamiento de las precipitaciones durante el tiempo de duración del experimento, las cuales alcanzaron 329.2 mm en el periodo, la misma con un comportamiento decreciente en el tiempo.

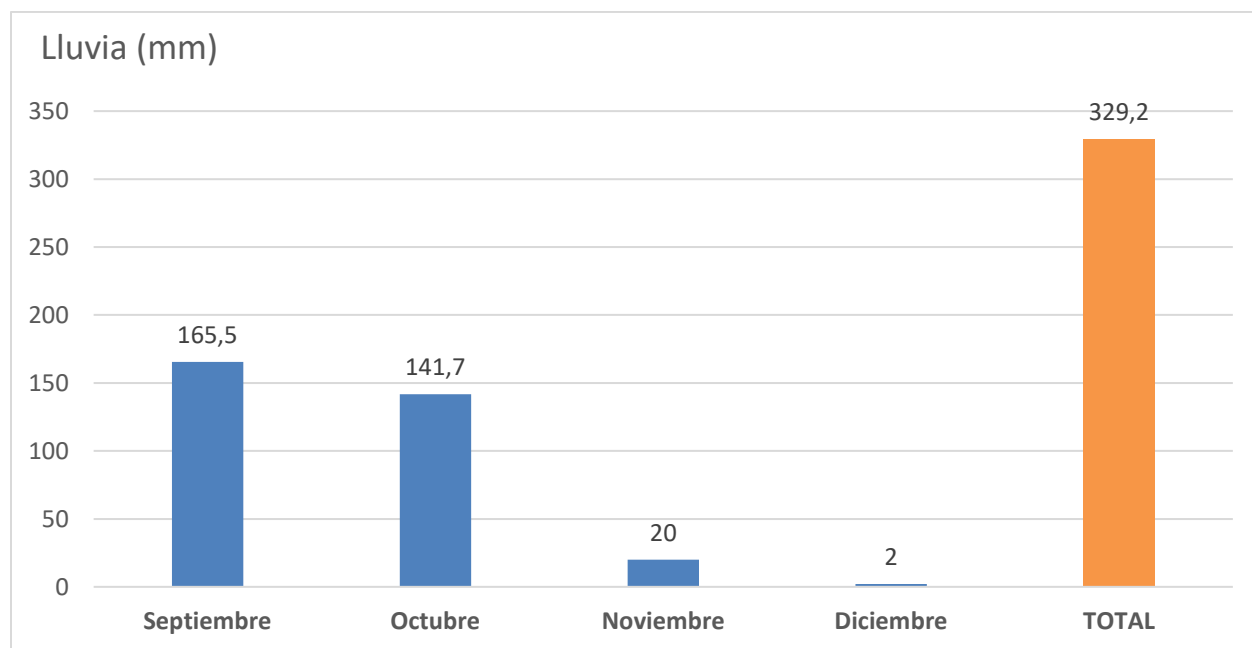


Figura 3. Comportamiento de las precipitaciones en el área experimental. Fuente: Planta de Filtros, Cumanayagua, (2022).

Mediciones realizadas:

- 1) Objetivo 1: Evaluar el comportamiento de indicadores fenológicos de la variedad de soya DT- SOY-26 en condiciones de producción.

La evaluación de la fenología del cultivo se realizó de acuerdo a la Tecnología de Producción de Soya en Cuba, descrita por Ortiz *et al.* (2023), la más utilizada para la descripción de los estadios fenológicos externos del cultivo de soya, donde se distinguen dos etapas principales; una que describe los estados vegetativos y la otra los estados reproductivos.

a) Etapas Vegetativas:

VE- Emergencia: Se observa el hipocótilo en forma de arco, empujando al epicótilo y a los cotiledones, haciéndolos emerger sobre la superficie del suelo.

V1- 1er nudo) - El par de hojas opuestas unifoliadas están expandidas totalmente, y en el nudo inmediato superior se observa que los bordes de cada uno de los folíolos de la 1er hoja trifoliada no se tocan.

V2- (2do nudo) - La 1er hoja trifoliada está totalmente desplegada, y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos de la 2da hoja trifoliada no se están tocando.

V3- (3er nudo) - La 2da hoja trifoliada está completamente desarrollada, y en la 3ra hoja trifoliada los bordes de cada uno de sus folíolos no se tocan.

Vn - (n: número de nudos) - La hoja trifoliada del nudo (n) está expandida totalmente, y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos no se tocan. n nudos en el tallo principal contando el nudo unifoliado.

Etapas Reproductivas:

R1- Inicio de Floración - Se observa una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal.

R2- Una flor abierta en uno de los nudos superiores del tallo principal, con una hoja totalmente desarrollada.

R3-Inicio de formación de vainas - Vainas de 0,5 cm de longitud en uno de los cuatro nudos superiores, con una hoja completamente desarrollada.

R4- Vainas completamente desarrolladas - Una vaina de 2 cm en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas.

R5- Inicio de formación de semillas - Una vaina, ubicada en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal, contiene una semilla de 3 mm de largo. (se detecta presionando levemente el fruto).

R6 - Semilla completamente desarrollada - Una vaina, en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal, contiene una semilla verde que llena la cavidad de dicha vaina, con hojas totalmente desplegadas.

R7 - Inicio de maduración - Una vaina normal en cualquier nudo del tallo principal ha alcanzado su color de madurez.

R8 - Maduración completa - El 96 % de las vainas de la planta han alcanzado el color de madurez.

Se determinaron agronómicamente en el área de evaluación:

1. Altura de la planta (AP cm)
2. Nudos por plantas (NN/P) – u planta⁻¹
3. Número de vainas por planta (NV/P –u planta⁻¹)
4. Número de granos por vainas (NG/V –u vainas⁻¹)
5. Número de granos por plantas (NG/P –u vainas⁻¹)
6. Peso de 100 granos (P/100granos- g planta⁻¹)
7. Rendimiento del grano (RG- t ha⁻¹)

Objetivo 2: Calcular el rendimiento de la variedad de soya DT-SOY-26 en las condiciones edafoclimáticas de estudio.

El rendimiento (t ha⁻¹) se calculó sobre la base del peso de las semillas de las plantas situadas en el área de cálculo de cada surco, cuando estas tenían alrededor de 15 % de humedad.

Durante todo el ciclo de vida del cultivo se constató la presencia de insectos plagas las cuales fueron evaluadas según la escala propuesta por (ICARDA, 2009), que plantea el grado de incidencia de las mismas: + (mayor incidencia) - (menor incidencia) 0 (no incidencia).

Se evaluó la aparición de enfermedades en tres fases fenológicas del cultivo (crecimiento vegetativo, reproducción y maduración de los frutos (Tabla 1), según la escala de 1 a 9 grados para evaluar enfermedades en leguminosas propuesta por Padilla (2008).

Tabla 1. Escala para evaluar enfermedades en leguminosas

| Grados | Criterio de resistencia | Plantas afectadas (%) |
|--------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | Altamente resistente | 0 |
| 3 | Resistente | 6-20 |
| 5 | Moderadamente resistente | 21-40 |
| 7 | Susceptible | 41-80 |
| 9 | Altamente susceptible | 100 |



Figura 4. Vista del área de evaluación de la variedad en Finca Maripa. Fuente: El autor.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 refleja el comportamiento de la emergencia de las plántulas en el tiempo. De forma general hubo una buena germinación, con porcentajes superiores al 94,3 %. Al respecto, Ortiz *et al.* (2023) ubican en esta fase del periodo vegetativo, la emergencia de los cotiledones sobre la superficie del suelo, la emergencia fue en aumento en el tiempo y ya a las 120 horas se completó la misma en toda el área.

El crecimiento comienza con la germinación de la semilla, y ocurre cuando absorbió entre el 30-40 % y el 50-55 % de su peso en agua y la tensión hídrica del suelo no puede ser menor que -6,6 bares para que germine la semilla dentro de los 5-8 días (Saldrás *et al.*, 2000), citado por Ortiz *et al.* (2023).

Mostró una germinación hipogea, donde se pudo apreciar entre los 4-5 días el epicotíleo curvado entre los pecíolos de los cotiledones. Destacar el buen manejo del riego que propicio la humedad requerida para esta fase; sin garantizar la misma, aparecerían importantes fallas y, en general, sería necesario resembrar, situación que no se presentó.

Tabla 2. Emergencia de las plántulas

| Tratamiento | Emergencia en el tiempo (%) | | | |
|-------------|-----------------------------|----------|----------|-----------|
| | 48 horas | 72 horas | 96 horas | 120 horas |
| DT-SOY-26 | 10,4 | 57,2 | 83,2 | 94,3 |

Una vez que la semilla germinó, se pudo ver la plántula y el despliegue del primer par de hojas, este cultivo posee la característica de poder producir ajustes osmóticos a nivel del hipocótilo por hidrólisis y resíntesis de sus contenidos cotiledonares, los cuales actúan como cámaras compensadoras, aumentando por síntesis o disminuyendo por hidrólisis, los potenciales osmóticos de los tejidos a expensas de aquellos mecanismos, lo que le confiere una excelente adaptación a los diferentes niveles de potencial agua que pudieran existir en el suelo (Sanvu-Jonasse *et al.*, 2020). Para este caso de estudio, en que el cultivo fue en seco, pudo favorecer la buena

emergencia de las plántulas en esta fase. La Tabla 3 muestra la altura en diferentes momentos del periodo vegetativo.

Tabla 3. Altura de las plantas en diferentes momentos del periodo vegetativo

| Tratamiento | Altura de la planta en el tiempo (cm) | | |
|-------------|---------------------------------------|---------|---------|
| | 15 días | 30 días | 45 días |
| DT-SOY-26 | 11,8 | 21,33 | 30,87 |



Figura 5. Evaluaciones sistemáticas al cultivo. Fuente: Ojeda, 2022.

Durante los primeros 45 días de germinadas las plantas el comportamiento de la misma se mantuvo bastante homogéneo en toda la plantación, salvo algunas pequeñas excepciones con plantas más pequeñas, al parecer por mosaico del suelo en áreas con mayor indicio de erosión. Se aprecia un crecimiento de las plantas entre las fechas de evaluación de 9,53 y 9,54 cm respectivamente, que puede indicar una dinámica de crecimiento estable. No hubo presencia de acame.

La apreciación del comportamiento de esta variedad en las condiciones de estudio mostro una planta de porte erecto con crecimiento indeterminado, lo que coincide con Toledo y de la Osa (2024).

En cultivares de porte alto, la altura es un requisito fundamental, que permite una mayor eficiencia en la producción y a la vez para la cosecha mecanizada y de mayor posibilidad para competir con las plantas arvenses (Calero *et al.*, 2020). En las condiciones experimentales se realizó un adecuado

manejo, con las labores de cultivo descritas anteriormente, que propicio un cierre de las plantas sin enyerbamiento.

Ávila et al., (2014), al evaluar los cultivares de soya Incasoy -25, Incasoy -2 e Incasoy -24 en un suelo Pardo Sialítico Mullido Carbonatado en el municipio de Puerto Padre, Cuba, aproximadamente a los 40 días encontraron una altura media entre los tres cultivares de 7,99, 17,20 y 29,78 cm respectivamente, lo que indica que SOY-26 alcanzo mayor altura en similares plazos de medición.

De acuerdo con Morejón (2008), la altura de la planta es uno de los parámetros más afectado por la duración del día, por lo que puede mostrar comportamientos diferentes a tenor de esta variable sinóptica. El cultivo de la soya es muy sensible al fotoperiodo, el cual varía con la latitud y con la época del año, también registran referencias sobre su relación con la temperatura, por lo es una especie con dependencia fotoperiódica. Al respecto, destacar que en el trabajo el cultivo se sembró en plazos recomendados.

Sanghera et al. (2011), encontraron que al someter las plantas de soya a bajas temperaturas se provoca un retraso en el crecimiento que puede repercutir negativamente en la altura, aspecto este no presente en las condiciones de la investigación, al tener temperaturas máximas y mínimas superiores a los 24 grados durante todo el periodo del cultivo. Destacar que hasta le fecha de cosecha no hubo presencia de frentes fríos con marcada influencia en el comportamiento de las temperaturas.

La fenología es la ciencia que estudia las fases del ciclo vital de los seres vivos y se basa en la observación periódica del entorno y sus especies. Se anotan las fechas en que se producen los cambios en los ciclos biológicos o fenofases. Este tipo de estudio reviste gran importancia para la caracterización y evaluación de variedades en diferentes condiciones edafoclimáticas de campo, que permite llegar a la regionalización de variedades, cultivares, clones, somaclones de determinados cultivos e introducir las más promisorias (FECyT, 2016). La tabla que sigue refleja la duración en días de DT-SOY-26 en su etapa vegetativa.

Tabla 4. Comportamiento en la Etapa Vegetativa

| VARIETADES | ESTADO/DIAS | | | | |
|------------|-------------|----|----|----|----|
| | VE | V1 | V2 | V3 | Vn |
| DT-SOY-26 | 6 | 12 | 16 | 22 | 30 |

Durante el estadio de VE se observó el hipocótilo en forma de arco, empujando al epicótilo y a los cotiledones, haciéndolos emerger sobre la superficie del suelo, la duración en días de esta etapa marco más del 94 % de emergencia de toda el área sembrada.

Una vez que la planta de soja desplegó el primer par de hojas, se hace muy tolerante a la sequía. Esta especie posee la característica de poder producir ajustes osmóticos a nivel del hipocótilo por hidrólisis y resíntesis de sus contenidos cotiledonares; los cotiledones actúan como cámaras compensadoras, aumentando por síntesis, o disminuyendo por hidrólisis, los potenciales osmóticos de los tejidos a expensas de aquellos mecanismos, lo que le confiere una excelente adaptación a los diferentes niveles de potencial agua que pudieran existir en el suelo (Dardanelli *et al.*, 2014).

En V1 (1er nudo) el par de hojas opuestas unifoliadas están expandidas totalmente, y en el nudo inmediato superior se pudo apreciar que los bordes de cada uno de los folíolos de la 1er hoja trifoliada no se tocaban, registrada a los 12 días, por su parte, ya a los 16 días en V2 (2do nudo) la 1era hoja trifoliada estaba totalmente desplegada, y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos de la 2da hoja trifoliada no se estaban tocando.

Normalmente, se observa amarillez de los cotiledones (fin de la removilización de sus reservas) a partir de V2, esto es indicativo de que la planta presenta un mínimo de hojas y raíces para su normal crecimiento.

Por su parte en V3 (3er nudo) la 2da hoja trifoliada estaba completamente desarrollada, y en la 3ra hoja trifoliada los bordes de cada uno de sus folíolos no se tocaban. Posteriormente se fue completando el crecimiento de las plantas y el incremento de los nudos (Vn), donde ya la hoja trifoliada del nudo (n) está expandida totalmente, y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos no se tocan.

El comportamiento de las variedades de soya puede resultar diferente, al respecto, Sanghera et al. (2011), reconocen que diversos factores ecológicos y propiamente varietales pueden influir en la respuesta que las variedades, cultivares o clones manifiesten en un agroecosistema, lo que sugiere la necesidad de realizar estudios de regionalización de especies para evaluar el comportamiento de las mismas en condiciones edafoclimáticas diferentes. Este criterio se acentúa en el estudio de esta variedad, sobre la cual las publicaciones resultan muy limitadas en Cuba.

Respecto a la fenología en la Etapa Reproductiva, la tabla 5 muestra el comportamiento de la misma. Se aprecia como en R1 (Inicio de Floración) se observó como la floración comenzó en la parte media de la planta progresando hacia la parte superior e inferior. El comienzo de la floración fue el 6 de octubre del 2022, a los 26 días después de la emergencia de las plantas. Respecto al Descriptor de la variedad, la misma debe comenzar entre los 34 y 38 días, por lo que hubo ocho días de adelanto en la floración.



Figura 6. Arquitectura y floración de las plantas. Fuente: Ojeda, 2022.

En la Floración completa (R2) se observó un aumento paulatino de la floración en todas las parcelas, superando el 80 % ya a los 37 días. Esta etapa indica el comienzo de un periodo de acumulación diaria y constante de materia seca y nutrientes que continuará hasta poco después de R6, que resulta fundamental para el fortalecimiento de la planta y sus capacidades reproductivas en el tiempo. (Molinet y Lescay, 2021) evaluaron las fases fenológicas y componentes del rendimiento en nueve cultivares de soya, en la época poco lluviosa, sobre un suelo Fluvisol mullido de la provincia Granma, Cuba y encontraron que el comienzo de la floración se presentó entre los

29 y 36 días después de la emergencia de las plántulas, comportamiento cercano al encontrado en la investigación.

Para R3, o inicio de formación de vainas. Ya a partir de los 49 días. Se pudo apreciar una vaina pequeña en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal, y con hojas totalmente desplegadas. La formación de vainas se inició en los nudos inferiores. En este momento en la misma planta se encuentran vainas formándose, flores marchitas flores abiertas y pimpollos.

En R4 (55 días), se encontraron vainas completamente desarrolladas en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas. Algunas de las vainas de los nudos inferiores del tallo principal han alcanzado en este momento su máximo tamaño. En todos los casos mostraron una coloración verde, sin daños visibles.

El inicio de la formación de semillas se registró en R5 (para este caso a los 66 días), donde se aprecian las primeras semillas en formación dentro de las vainas. En este momento las plantas ya alcanzaron su mayor altura, número de nudos y área foliar. Las semillas inician un periodo rápido de acumulación de materia seca y nutrientes. Es necesario acotar que en el presente caso de estudio hubo un comportamiento parejo de esta etapa en las diferentes parcelas evaluadas en el campo de estudio.

El periodo crítico del cultivo está comprendido entre la floración y el comienzo del crecimiento de las legumbres (Dardanelli *et al.*, 2014.). Este periodo puede ser afectado por exceso de humedad del suelo, motivado por lluvias severas o sobresaturación del riego, de igual forma por sequías prolongadas o mal régimen de riego, lo que reduciría el potencial productivo del cultivo. En las condiciones evaluadas no se registró incidencias relacionadas con lo anteriormente mencionado.

Tabla 5. Comportamiento en la Etapa Reproductiva

| VARIEDADES | ESTADO/DIAS | | | | | | | |
|------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 |
| DT-SOY-26 | 36 | 42 | 49 | 56 | 65 | 72 | 79 | 87 |

Entre R4 y R5 es el momento más sensible, ya que ha finalizado la floración y cualquier situación de stress: déficit hídrico, de nutrientes, defoliación por orugas, enfermedades foliares, ataque de chinches, granizo, etc, afectará el número final de vainas y de granos, provocando la reducción de rendimiento. Esta situación puede ser compensada en parte con el peso de los granos, pero esta compensación está limitada genéticamente (Ortiz *et al.*, 2023).

La fase reproductiva R6 o semilla completamente desarrollada se presentó ya a los 73 días, con vainas, en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal, contiene una semilla verde que llena la cavidad de dicha vaina, con hojas totalmente desplegadas.

R7 Inicio de maduración (79 días). Para este momento, se pudo apreciar al menos que una vaina normal en cualquier nudo del tallo principal ha alcanzado su color de madurez. La semilla alcanza la madurez fisiológica cuando ésta finaliza la acumulación de peso seco, y generalmente, junto con la vaina, van perdiendo su coloración verde. La semilla en este momento contiene el 60 % de humedad.



Figura 7. Maduración del cultivo. Fuente: Ojeda, 2022.

R8 o Maduración fisiológica completa (87 días) Ya el 95 % de las vainas de la planta han alcanzado el color de madurez. Luego de R8, se necesitan cinco a diez días de tiempo seco (baja humedad relativa ambiente), para que las semillas reduzcan su humedad por debajo del 15 %. En este caso la madurez fisiológica completa se adelantó al Descriptor de la variedad en cinco días.

De manera general se pudo observar que poco después de R6 las hojas de toda la planta mostraron envejecimiento, con amarillez, y caída desde los nudos inferiores y continúa hacia arriba de forma paulatina. El ciclo productivo fue completado a los 90 días. Respecto al Descriptor de la variedad hubo dos días de adelanto. Este comportamiento de adelanto o atraso en el ciclo productivo es normal, y es precisamente un criterio importante a tener en cuenta en el estudio del comportamiento y regionalización de las variedades respuesta de las variedades. Generalmente relacionado con las diferentes condiciones edafoclimáticas donde se introducen las mismas para su evaluación, como es el caso de estudio que se discute en la tesis.

Se necesita un mínimo de 45 días, desde la germinación hasta el inicio de la floración, para que la planta alcance el crecimiento vegetativo necesario que le posibilite una producción moderada de granos, con vainas lo suficientemente altas y separadas del suelo, que permitan la cosecha mecanizada (Molinet y Lescay, 2021).

La literatura resalta el papel que juega el número de vainas y el número de granos como componentes directos en la formación del rendimiento. En la tabla 6 se aprecia un número de nudos por plantas de 16, seguido de 1,52 vainas por nudos y de 24,75 vainas por plantas. Este último indicador está por debajo del que refiere el Descriptor de la variedad (32 en invierno).

Tabla 6. Número de nudos por plantas, cantidad de vainas por nudos y número de vainas por plantas

| Tratamientos | NN/P | NV/N | NV/P |
|--------------|------|------|-------|
| DT-SOY-26 | 16 | 1,52 | 24,75 |

NN/P-Número de nudos por plantas, NV/N- Número de vainas por nudos y NV/P-Número de vainas por plantas

Hernández *et al.* (2022) evaluaron en 2018 el comportamiento productivo de siete selecciones experimentales y dos variedades comerciales de soya, en tres sitios del Valle de Puebla con altitudes que varían de los 2 190 a 2 240 m, alcanzaron un número de 40,55 vainas por plantas,

con 22 nudos por plantas, y 3,25 vainas por nudos. Estos resultados superan los valores alcanzados en el trabajo.

La tabla 7 indica el número de granos por vainas, por plantas y el peso de 100 granos. Destacar que el número de granos se define principalmente entre R3 y R6, las prácticas de manejo deben orientarse a maximizar el crecimiento en esta etapa manejando el nivel y la captura de los recursos, ubicando el periodo crítico, jerarquizando las limitantes en cada sitio y maximizando su duración (Purcell, 2005). El número de granos por vainas alcanzado de 2,57 se encuentra dentro del rango 2-3 que refiere el Descriptor de la variedad. Por su parte el peso de 100 granos que se obtuvo estuvo por debajo del rango que plantea el Descriptor de la variedad (19 gramos).

Tabla 7. Cantidad de granos por vainas, por plantas y peso de 100 granos

| Tratamientos | NG/V-u vainas ⁻¹ | NG/P-u plantas ⁻¹ | Peso de 100 granos (g) |
|--------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|
| DT-SOY-26 | 2,57 | 62,8 | 11,83 |

NG/V-Número de granos por vainas, NG/P-Número de granos por plantas y Peso de 100 granos

El número de granos es el componente que explica gran parte de las variaciones en el rendimiento, debido a que se determina primero, por lo que varía mucho en respuesta a fluctuaciones de las condiciones ambientales en las que se desarrolla el cultivo (Vega y Andrade, 2010).

A la madurez, las vainas generalmente tienen de dos a tres semillas, pero pueden contener hasta cinco, en sus formas varían desde la casi esférica, hasta discos casi aplanados, en el color varía el verde pálido, amarillo hasta el marrón oscuro, son pubescentes y se encuentran distribuidas a lo largo del tallo o ramas (Valladares, 2010). Por otra parte, Calvo (2003), menciona que la legumbre posee unas cortas vainas, cada una de las cuales contiene de una a cuatro semillas esféricas.

En estudios realizados en época lluviosa por Hernández *et al.* (2004) con el cultivar Incasoy-27 sobre un suelo hidromórfico gley nodular ferruginoso se obtuvo un valor promedio de 67,2 legumbres por planta, cercano a lo encontrado en la investigación.

El peso de 100 semillas es un indicador que contribuye a definir normas de siembra en cualquier cultivo e indica la cantidad de semillas y posibles plantas a lograr en un peso determinado. Respecto al mismo, Ponce et al. (2002), refieren que está correlacionado con el rendimiento. Los resultados alcanzados están en correspondencia con los obtenidos por Zamora y Abdou (2007) y Farias (1995), que informa que en Cuba el peso de 100 granos de soya oscila entre 11.6 y 23.5 g.

El peso de granos sólo puede ajustarse a cambios en el ambiente una vez que el número de granos está determinado, por lo tanto, es menos modificable que este último. Este componente depende del genotipo y de las condiciones ambientales que determinan la capacidad de fotosíntesis del canopeo y la duración de la etapa de llenado (Dardanelli *et al.*, 2014).



Figura 8. Cosecha y pesaje de 100 granos. Fuente: Ojeda, 2022.

Las disminuciones en el peso de los granos causadas por deficiencias hídricas están más frecuentemente asociadas a un acortamiento del periodo de llenado que a cambios evidentes en la tasa de crecimiento de los granos. El peso final del grano puede describirse como una función de su tasa de crecimiento y de la duración del periodo de llenado. Ambos atributos están gobernados genéticamente y varían de acuerdo a las condiciones ambientales (Kantolic *et al.*, 2004).

Ávila et al. (2014), al evaluar los cultivares de soya Incasoy-25, Incasoy-2 e Incasoy-24 encontraron que resultó factible económicamente la explotación de los mismos en un suelo Pardo Sialítico Mullido carbonatado (PSMC) en el municipio de Puerto Padre, Cuba. Hubo una mejor respuesta agroproductiva del cultivar Incasoy-24 para esas condiciones edafoclimáticas.

El rendimiento alcanzado de DT-SOY-26 en la investigación fue de 1,78 t ha⁻¹, inferior al que plantea el Descriptor de la variedad para Cuba que refiere 2,5-3,5 t ha⁻¹, sin embargo, estuvo dentro del rango de la producción de soya en Cuba de 1,5-2 t ha⁻¹, según Marrero Puebla *et al.* (2021).

Los resultados de otras investigaciones indican también la influencia de las altas temperaturas (superior a 30 °C) en la disminución de los rendimientos de algunos cultivares de soya (Zonetti *et al.*, 2012).

La utilización de altas densidades de plantas influye positivamente en los parámetros morfoproductivos y el rendimiento de la soya. El mayor rendimiento fue logrado por la densidad de 24 plantas m⁻², lo que sugiere que las altas densidades de plantas son un factor económico e importante para aumentar la producción sostenible de la soya, sobre un manejo agroecológico de plagas (Yanez *et al.*, 2023).

En la actualidad el rendimiento total de la soya es de aproximadamente 363 millones de toneladas a nivel mundial, con un rendimiento promedio de 2782 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021), pero aún no puede satisfacer la necesidad de una población en crecimiento. El rendimiento mundial promedio por hectárea de la soya es de 2.4 toneladas, pero se registran grandes diferencias entre los países. Los agricultores italianos en promedio poseen el récord de mayor rendimiento, produciendo 3.6 toneladas por hectárea.

El rendimiento de la soya se lo puede dividir en sus componentes indirectos y directos; entre los indirectos encontramos al número de plantas, de vainas por metro cuadrado y de granos por vaina, y dentro de los directos al número de granos por metro cuadrado y al peso de los granos (Ortiz *et al.*, 2023).

Las etapas críticas para la determinación del rendimiento son las reproductivas, momento en el que se definen los componentes número y peso de grano. Si bien las estructuras reproductivas son muy sensibles al estrés, el alto grado de indeterminación de la soya le confieren al cultivo una gran estabilidad ante situaciones de estrés temporarios (Valladares, 2010). Esta superposición es mayor

en los cultivares de hábito de crecimiento (HC) indeterminado que en los determinados y generalmente estos últimos son de mayor periodo de crecimiento (ciclo más largo).

Los factores que influyen en el alto rendimiento de la soja están las condiciones climáticas, características del suelo, variedades de soja, manejo de nutrientes y las prácticas de cultivo (Cattelan y Dall'agnol, 2018).

Ávila et al. (2014), encontraron que los parámetros, altura de la planta, grosor de los tallos y número de hojas por planta muestran poca correlación con el rendimiento agrícola. Por el contrario, el número de vainas por plantas presenta una correlación significativa con el rendimiento, a la vez refieren que el mayor efecto lo tiene el peso de 100 granos, presentando una correlación altamente significativa con el rendimiento agrícola. De ahí la importancia de haber medido los indicadores número de vainas por plantas y el peso de 100 granos en este estudio de regionalización de la variedad.

Al respecto, algunos autores señalan que el rendimiento se relaciona también positivamente con la cantidad de biomasa producida por la planta, y la forma en que esta la particiona hacia los distintos destinos reproductivos (Dardanelli *et al.*, 2014).

De manera general, el rendimiento agrícola alcanzado en esta variedad se correspondió con el periodo donde las temperaturas fueron en un descenso (octubre-noviembre y diciembre) en relación a las altas temperaturas del verano. Este resultado demuestra que el entorno meteorológico también es un factor importante para el rendimiento, ya que se reafirma una vez más, que la fecha de siembra es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de explicar las variaciones de los principales rasgos agronómicos de la soja.

El Manejo Integrado de Plagas en soja implica un conjunto de estrategias (culturales, genéticas, biológicas y químicas) que se complementan para mantenerlas a niveles que no causen daño económico al cultivo, para maximizar los rendimientos obtenidos por el productor y de minimizar los efectos adversos sobre el medio ambiente. Para poner en práctica un adecuado manejo integrado se necesita conocer el periodo crítico del cultivo, las plagas insectos y/o enfermedades,

utilizar métodos de muestreos para poder aplicar umbrales de acción para cada plaga, según la etapa del cultivo, identificar los controladores naturales para aprovechar su acción y un control integrado (Carmona *et al.*, 2004).

Durante todo el ciclo fenológico del cultivo se evaluó la incidencia de plagas y enfermedades. Para dar origen a una enfermedad, cualquier patógeno requiere de una planta o cultivo susceptible y las condiciones ambientales que le favorezcan para su infección, multiplicación y dispersión en las plantas, de ahí la importancia de realizar observaciones diarias en las plantaciones durante todo su ciclo fenológico (Blacket, 2015).

La presencia de plagas y enfermedades estuvo baja, sin representar daños económicos para el cultivo, y sin requerir aplicaciones fitosanitarias de plaguicidas químicos ni biopreparados. El comportamiento de las mismas se refleja en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Incidencia de insectos plagas en el cultivo

| Especie de insectos | FASE FENOLOGICA | INCIDENCIA |
|---|-----------------|------------|
| <i>Liriomyza spp</i> (Minador de la hoja) | 1 | (-) |
| <i>Trichoplusia ni</i> (Falso medidor) | 1-2 | (-) |
| <i>Myzus persicae</i> (Pulgón verde) | 3 | (-) |
| <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Mosca blanca) | 2-3 | (-) |
| <i>Meloidogyne spp.</i> | Suelo | 0 |

Fases fenológicas: 1.- Crecimiento vegetativo 2.- Reproducción (floración y cuajado de frutos) y 3.- Maduración de los frutos.

Incidencia: + (mayor incidencia) - (menor incidencia) 0 (no incidencia) ICARDA (2009).

Las minas individuales causadas por *Liriomyza spp* resultan de poca importancia; sin embargo, cuando la población larval es grande pueden ser minadas hojas enteras y las plantas muy dañadas parecen como si hubiesen sido chamuscadas por fuego. Las hojas minadas son más susceptibles al daño por viento lo que ocasiona la defoliación completa del cultivo. Los daños ocasionados por las larvas y hembras adultas ocasionan problemas secundarios de estrés de las plantas, pérdida de humedad y quemaduras de los frutos por la falta de follaje (Garza Urbina, 2001).

Liriomyza spp tuvo una presencia muy dispersa, fundamentalmente entre los 35-55 días del cultivo., sin daños mayores en las plantas afectadas. Se pudo constatar como las larvas se alimentaban dentro de las hojas y formaban minas o galerías que no cruzaban las nervaduras centrales ni las nervaduras laterales principales de las hojas. La afectación comenzaba por la parte inferior de las hojas, con minas pequeñas y lineales, pero se agrandaron en algunos casos, hasta convertirse en manchas blanquecinas alargadas y ovaladas, sin provocar la defoliación de las hojas.

Por su parte, *Trichoplusia ni* en su estado larval presento coloración verde claro, con una serie de líneas blancas, longitudinales, esparcidas sobre el dorso. Visto bajo la lupa, generalmente, mostraba apenas 3 pares de patas en la región abdominal, obligándolo a realizar un intenso movimiento de su cuerpo cuando se traslada, de ahí su nombre de falso medidor. En su gran mayoría fue visto en las hojas y ramas del centro de la planta, entre 30 y 65 días, de igual forma sin causar afectaciones de interés.



Figura 9. Incidencia de insectos plaga. Fuente: Ojeda, 2022.

Las larvas de *Trichoplusia ni* atacan las hojas de cultivo, pero no se alimentan de las nervaduras, lo que las hojas atacadas toman un aspecto de red, reduciendo significativamente el área foliar. Según algunos estudios, puede consumir hasta 200 cm² de hojas durante la fase larval. Presentan una gran voracidad, con lo que sus ataques pueden ser sumamente graves, ya que si el cultivo se encuentra en etapas reproductivas donde no puede reponer el área foliar consumida, las pérdidas de rendimiento por falta de área fotosintética pueden ser importantes (Morichetti *et al.*, 2014).

Myzus persicae o pulgón verde es un pequeño insecto que pertenece a la familia de los áfidos. Puede presentar diferentes tonalidades de verde en su cuerpo y se alimenta de los jugos de las plantas utilizando su aparato bucal picador y chupador. Su ciclo de vida es corto y se reproducen rápidamente, lo que favorece la infestación (Tagu, 2016).

La presencia del pulgón verde en las plantas causa diversos problemas. Al alimentarse de los nutrientes, debilita su sistema y reduce su crecimiento. Además, libera una sustancia llamada melaza, que atrae a las hormigas y puede provocar la formación de hongos. Estos insectos también pueden transmitir virus a las plantas, lo que afecta aún más su desarrollo (Tapia, 2021).

La aparición de este insecto fue muy reducida, estuvo fundamentalmente en plantas aisladas en las parcelas, limitando su presencia a algunos ejemplares adultos alados y ápteros, ya en la fase final del cultivo (más de 75 días), y fundamentalmente en la parte apical de las plantas, sin causar afectaciones visibles.

Halbert y Brown (2021), refieren que las consecuencias de la infestación de pulgón verde incluyen la deformación de hojas y brotes, disminución de la producción de cultivos y afectación estética en las plantas ornamentales. Por ello, es importante tomar medidas para prevenir su presencia y controlar su propagación, tanto de forma natural como utilizando productos específicos.

En cuanto a *Trialeurodes vaporariorum*, a partir de los 40 días hubo una presencia muy reducida en toda el área, aproximadamente 2-3 especímenes por hojas en plantas muy dispersas. Este insecto tiene múltiples predilecciones de plantas huéspedes por lo que ha afectado a través de la historia una amplia gama de cultivos, sobre todo en las regiones cálidas del planeta. Se ha convertido en una plaga muy temida por los agricultores, debido a su alto grado de resistencia a diferentes insecticidas y su rápida propagación (Taggar y Hill, 2012).

Los insectos plagas detectados no alcanzaron el Umbral de Daños Económicos (UDE) para el cultivo, por lo que su relevancia fue menor desde el punto de vista económico. En todos los casos no hubo aplicación de insecticidas ni agentes biológicos de protección fitosanitaria.

En Cuba, las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en el cultivo de la soya. Sin embargo, hasta el presente son pocos los estudios realizados en el país sobre el tema (Ortiz *et al.*, 2023).

Tabla 9. Incidencia de hongos patógenos en el cultivo

| Hongos patógenos | FASES FENOLOGICAS | INCIDENCIA |
|---|-------------------|------------|
| Pudrición del cuello de la raíz (<i>Rhizoctonia spp.</i>) | 1-3 | (1) |
| Pudrición de la raíz (<i>Fusarium spp.</i>) | 1 | (1) |
| Mancha de la hoja (<i>Alternaria spp.</i>) | 3 | (1) |

Grado de afectación: 1, 3, 5, 7, 9 (Padilla, 2008)

La pudrición de la raíz y el tallo por *Rhizoctonia spp.* es una enfermedad común de la soya que normalmente causa el mayor daño a las plántulas, pero también puede dañar las plantas más viejas. Puede matar y atrofiar las plantas y provocar pérdidas significativas de rendimiento, o las lesiones pueden ser superficiales y tener efectos mínimos en la salud de las plantas. En este caso hubo una presencia muy limitada, solo en la etapa inicial de crecimiento vegetativo y en la maduración avanzada del cultivo.

De forma similar estuvo la afectación por *Fusarium spp.*, limitada a la fase inicial del cultivo y sin daños aparente. Por su parte la Mancha de la hoja por *Alternaria spp.* estuvo limitada a las hojas viejas de la parte basal de la planta y a algunas del centro de la planta, sin afectaciones relevantes.

En observaciones realizadas a los granos, una vez cosechados, no fue visible la presencia de granos brotados (que hayan iniciado manifiestamente el proceso de germinación), ni fermentado y ardido (con pedazo de grano que presente un oscurecimiento), tampoco granos podridos, deshidratados. De igual forma afectados por plagas y enfermedades. Se registraron únicamente un bajo porcentaje (aproximadamente un 3-5 %) de granos partidos por daños mecánicos derivados de la cosecha y la trilla.

CONCLUSIONES

1. Las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio permitieron un desarrollo adecuado de la variedad, mostrando un porte erecto, crecimiento indeterminado y sin acame, con un adelanto del ciclo biológico de floración y productivo de ocho y cinco días respectivamente, en relación al Descriptor de la variedad.
2. El número de granos por vainas alcanzado se ubica dentro del rango que refiere el Descriptor de la variedad, mientras la cantidad de vainas por plantas y el peso de 100 granos estuvieron por debajo de los referido en este. Este último indicador se colocó en el rango reportado para Cuba.
3. El rendimiento productivo obtenido fue de $1,78 \text{ t ha}^{-1}$, inferior al que plantea el Descriptor de la variedad, pero se enmarca en el rango de la producción actual de soya en Cuba entre $1,5$ y 2 t ha^{-1} .
4. La incidencia de insectos plaga y patógenos fue muy baja, sin constituir umbral de daños económicos para la plantación.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar en una segunda campaña la variedad DT-SOY-26, tanto en siembra de verano como en invierno, así como extender las áreas a otros espacios agrícolas de la localidad.
2. Trabajar en un manejo integrado del cultivo para minimizar posibles daños económicos al cultivo producidos por insectos plagas y patógenos.
3. Socializar los resultados de esta investigación en espacios alternativos de discusión para contribuir al incremento del conocimiento en esta rama del saber.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, J. F., Rattalino Edreira, J. I., Mourtzinis, S., Conley, S. P., Ciampitti, I. A., Dunphy, J. E., Gaska, J. M., Glewen, K., Holshouser, D. L., Kandel, H. J., Kyveryga, P., Lee, C. D., Licht, M. A., Lindsey, L. E., McClure, M. A., Naeve, S., Nafziger, E. D., Orłowski, J. M., Ross, J., ... Grassini, P. (2019). Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data. *Field Crops Research*, 230(3), 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.014>
- Ávila, J. M., Infante, H. R., y Peña, H. C. (2014). Evaluación de nuevos cultivares de soya en el municipio de Puerto Padre, Cuba. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 31-39. <https://doi.org/10.22490/21456453.1317>
- Bickel, U., y Dros, J. M., (2003). *The impacts of soy bean cultivation on Brazilian Ecosystems*. World Wildlife Fund.
- Blacket, M. J., Rice, A. D., Semeraro, L., y Malipatil, M. B. (2015). DNA-based identifications reveal multiple introductions of the vegetable leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) into the Torres Strait Islands and Papua New Guinea. *Bulletin of Entomological Research*, 105(5), 533-544. <https://doi.org/10.1017/S0007485315000383>
- Brown, D. M. (1960) Soybean ecology. I. Development temperature relationship from controlled-environment studies. *Agronomy Journal*, 52(2), 492-496.
- Caffaro, S. V., Antagnoni, F., Scaramagli, S., y Bagni, N. (1994). Polyamine translocation following photoperiodic flowering induction in soybean. *Physiologia Plantarum*, 91(1), 251-256.
- Calero, A., Viciado, D. O., y Tarrau, V. M. G. (2015). Influencia de cuatro distancias de trasplante sobre el rendimiento agrícola del cultivar de arroz Amistad-82. *InfoCiencia*, 19(2), 13-20.
- Calero, A., Viciado, D., Díaz, Y., y Hurtado, Y. (2020). Management of different planting densities and application of efficient microorganism's increase rice productivity. *IDESIA*, 38(2), 109-117.
- Calvo, A. (2003). La soja, valor dietético y nutricional. (Ponencia). *Curso, equilibrio alimentario en los escolares*, Buenos Aires, Argentina.
- Campos, A., y Barros, C. J. (2020). *Deforestation in the Cerrado: control by meatpackers is worse than in the Amazon*. World Wildlife Fund.

- Carciochi, W. D., Schwalbert, R., Andrade, F. H., Corassa, G. M., Carter, P., Gaspar, A. P., Schmidt, J., y Ciampitti, I. A. (2019). Soybean Seed Yield Response to Plant Density by Yield Environment in North America. *Agronomy Journal*, 111(4), 1923-1932. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0635>
- Carmona, M. A., Ploper, L. D., Grijalba, P.E., Gally, M. E., y Barreto, D.E. (2004) *Enfermedades de fin de ciclo del cultivo de soja guía para su reconocimiento y manejo*. Syngenta.
- CATIE (2004). Estudio sobre la Cadena Agroindustrial de la soya. (Ponencia). *IV Encuentro de productores latinoamericanos de soya*, La Plata, Argentina.
- Cattelan, A. J., y Dall'Agnol, A. (2018). The rapid soybean growth in Brazil. *OCL*, 25(1), 102. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017058>
- CEPAL (2024). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2023. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/68991-anuario-estadistico-america-latina-caribe-2023-statistical-yearbook-latin>
- Cheng, B., Raza, A., Wang, L., Xu, M., Lu, J., Gao, Y., Qin, S., Zhang, Y., Ahmad, I., Zhou, T., Wen, B., Yang, W., y Liu, W. (2020). Effects of Multiple Planting Densities on Lignin Metabolism and Lodging Resistance of the Strip Intercropped Soybean Stem. *Agronomy*, 10(8),1177. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081177>
- Cheng-Zhi, C., Cong-Jian, L., Dan, X., Xiao-Shan, Z., y Jin, Z. (2021). Global warming and world soybean yields. *Journal of Agrometeorology*, 23(4), 367-374 <https://doi.org/10.54386/jam.v23i4.139>
- Cuba. Asamblea Nacional del Poder Popular. (2019). *Constitución de la República de Cuba*. Gaceta Oficial. <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/constitucion-de-la-republica-de-cuba>
- Dardanelli, J., Colino, D., Otegui, M. E., y Sadras, V.O. (2014). Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de granos. En, E. H. Satorre, *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. (pp. 377-434). FAUBA.
- Davies, J. G. (1960). Pasture and forage legumes for the dry subtropics and tropics of Australia. [conferencia]. *Proceedings 8th International Grassland Congress*, Reading, Inglaterra.
- Donald, P. F. (2004). Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology*, 18(5), 17-37.
- FAOSTAT, (2021). Proporciona acceso a dato sobre alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

- Farías, J. R. (1995). *Requisitos climáticos*. En, EMBRAPA-CPPSO (Ed.), *El cultivo de la soya en los trópicos: Mejoramiento y Producción* (pp. 13-17). Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, No.27.
- FECyT. (2016). *¿Qué es la fenología?* Fenodato. <http://www.fenodato.net/fenologia/>
- Freitas, T. (2019). *Brasil superará a EE.UU. como mayor productor de soja del mundo*. Perfil.com. <https://www.perfil.com/bloomberg/bc-brasil-superara-a-eeuu-como-mayorproductor-de-soja-del-mundo.phtml>
- Gallino, J., Rivero, Y., y Castillo, A. (2018). *Biotecnología aplicada al mejoramiento genético de la soya*. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIAAndes. www.inia.uy/Publicaciones/fpta-68-proy.309-2018.pdf
- Gálvez, G., Sigarrosa, A., López, T., y Fernandez, J. (2010). Modelación de cultivos agrícolas. Algunos ejemplos. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 60-65.
- Garcés, F. R., Ampuño, M. S. A., y Vásconez, M. G. H. (2014). Agronomía, producción y calidad de grano de variedades de soya durante dos épocas de cultivo. *Bioscience Journal*, 30(5), 717-729.
- García, H.B. (2009). Fitoestrógenos: una nueva preocupación en la alimentación infantil. *Revista Chile Pediatr*; 70(1), 92-99.
- Garner, W. W., y Allard, H. A. (1920). Effect of relative length of the day and night and others factors of the environment on growth and reproduction in plants. *Journal Agricultural Research*, 18(1), 553-606.
- Garza Urbina, E. (2001). *El minador de la hoja Liriomyza spp y su manejo en la Planicie Huasteca*. INIFAP-CIRNE.
- George, J., Prasad, S., Mahmood, Z., y Shukla, Y. (2010). Studies on glyphosateinduced carcinogenicity in mouse skin. A proteomic approach. *Journal of Proteomics*, 73(5), 951-964.
- Gómez, Y., Boicet, T., Tornés, N., y Meriño, Y. (2018). Interacción genotipo ambiente de cuatro variedades de tomate en la provincia Granma. *Centro Agrícola*, 45(2), 21-28.
- Halbert, S. E., y Brown, L. G. (2021). *Brown Citrus Aphid, Toxoptera citricida (Kirkaldy)* (*Insecta: Hemiptera: Aphididae*). Dept. Agric. y Consumer Services Division of Plant Industry. <https://esis.ifas.ufl.edu/publication/IN133>

- Hernández Remigio, M., Cuevas, F., González Díaz, M., y Guzmán, L. (2004) Comportamiento de dos variedades de soya CS-23 e IS-27 (*Glycine max* (L.) Merrill) en diferentes épocas. *Avances CIGET*, 6(3), 18-25.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., y Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Ediciones INCA.
- Hernández, K., Guerrero, J. D., Aceves, E., Olvera, J. I., Martínez, G., y Díaz. R. (2022). Potencial de producción de grano del cultivo de soya en el Valle de Puebla. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 13(5), 45-50.
- Hernández, N., Martínez-González, J., Parra-Bracamonte, M., y Cienfuegos Rivas, E. (2016) Importance of the genotype x environment interaction in production traits in dairy cattle. *Ciencia UAT*, 10(2), 72-78.
- Hodges, T., y French, V. (1985). Soybean: Soybean growth stages modelled from temperature, day length and water availability. *Agronomy Journal*, 77(3), 500-505.
- <https://www.cabidigitalibrary.org/action/doSearch?do=Proceedings+8th+int+Grassld+Congr.+1960>
- INIFAT. (2008). *El cultivo de la soya en Cuba. Instructivo Técnico*. INIFAT.
- International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, (ICARDA), (2009). *Escala para determinar incidencia de plagas en la soya*. Biodiversity y Integrated Gene Management Program. Legume International Testing Program. <https://www.icarda.org>
- James, C. (2014). *Global review of commercialized transgenic crops*. Ediciones Ítaca.
- Jordán, C. F. (2013). Genetic engineering, the farm crisis and world hunger. *BioScience*, 52(6), 523-529.
- Kantolic, A. G., Gimenez, P. I., y De La Fuente, E. B. (2004). *Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en soja*. En, E. H. Satorre, *Producción de Granos: Base funcionales para su manejo*. (pp. 167-201). FAUBA.
- Lence, S. A. (2006). *Comparative marketing Analysis of Major Agricultural Products in the United States and Argentina*. Center for Agricultural and Development, Iowa State University.
- Liu, S., Zhang, M., Feng, F., y Tian, Z. (2020). Toward a Green Revolution for soybean. *Molecular Plant*. 13(5), 688-697.

- Lope, C., Ochoa, X., y Aguilera, N. (2018). Soya. La oleaginosa de mayor importancia a nivel mundial. (Ponencia). *Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios*, Sonora, México.
- Lynch, H., Johnston, C., y Wharton, C. (2018). Plant-Based Diets: Considerations for Environmental Impact, Protein Quality, and Exercise Performance. *Nutrients*, 10(12), 18-31.
- Machado, F., y Anderson, K. (2016). *Brazil's new Forest Code: A guide for decision-makers in supply chains and governments*. World Wildlife Fund.
- Malatesta, M., Perdoni, F., Santin, G., Battistelli, S., Muller, S., y Biggiogerra, M. (2008). Hepatoma tissue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxicology in Vitro*, 22(3), 1853–1860.
- Marrero Puebla, O., Hechavarría Paneque, Y., y Santos Fuentes, E. (2021). Respuesta morfoagronómica en variedades de Soya en suelo Fluvisol del municipio de Cauto Cristo. *Redel*, 5(2), 348-358.
- Mateo, J. M. (1969). *Leguminosas de granos*. Editorial Revolucionaria.
- Meriño, J. D. (2006). *Caracterización morfofisiológica y agronómica de cultivares de soya en siembra de invierno en suelo pardo con carbonato*. (Tesis de pregrado). Universidad Central de las Villas).
- Meriño, Y., Boicet Fabrè, T., González Gómez, G., Boudet Antomarchi, A., Gómez Masjuan, Y., y Bárzaga Toledo, O. (2015). Respuesta productiva del cultivo de la Soya (*Glycine max [L.] Merrill*) a la aplicación de diferentes dosis de FitoMás-E. *Centro Agrícola*, 42(2), 65-70.
- Molinet, D., y Lescay, E. (2021). Fases fenológicas y componentes del rendimiento en nueve cultivares de soya (*Glycine max L.*) en la provincia Granma. *Cultivos Tropicales*, 42(3), 50-55.
- Morichetti, S., Cantero, J., Nuñez, C., Barboza, G., Espinar, L., Amuchastegui, A., y Ferrell, J. (2014). Sobre la presencia de *Amaranthus palmeri* (*Amaranthaceae*) en Argentina. Manejo eficiente de problemas sanitarios en cultivos extensivos. (Ponencia). *Resumen del 10º Encuentro Nacional Monitoreo y control de plagas, malezas y enfermedades*, La Plata, Argentina.

- Musatov, G. I., y Novak, V.G. (1967). *Root development in maize and in leguminous and Cucurbitaceous crops grown alone or in mixtures*. En: S.S. Rubin, *Root systems and crop productivity*. (pp. 204). Urozhai.
- OCDE-FAO. (2021). *Perspectivas Agrícolas 2021-2030*. OCDE Publishing. <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>
- Olsen, D. M., y Dinerstein, E. (2000). The global 2000: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions (Un enfoque de representación para la conservación de las regiones biológicas más valiosas de la Tierra). *Conservation Biology*, 12(5), 502-515.
- Cuba. ONEI. Oficina Nacional de Estadística e Información. (2021). *Anuario Estadístico de Cuba*. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca.
- Ortiz, H. R., Enríquez Obregón, G. A., Nápoles García, M. C., Soto Pérez, N., Mederos Ramírez, A., y González Cepero, M. C. (2023). *Reseña de la tecnología de producción de soya (Glycine max (L.) Merrill) en Cuba*. Ediciones INCA.
- Ortíz, R., Acosta, R., Ruiz, R., la Os, M., y Nuñez, J. (2020). Sistema de innovación con un enfoque participativo en la gestión del desarrollo local. Vía sostenible para aumentar la producción de alimentos, semillas y el bienestar local. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 11(3).
- Ortiz, R., Gonzales, R., y Ponce, M. (2004). Importancia de la localidad en el comportamiento de variedades de soya durante siembras de primavera en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 25(1), 67-72.
- Ortiz, R., Ponce, M., Caballero, A., y Fé, C. de la. (2000). Evaluación de una colección de germoplasma de soya (*Glycine max (L.) Merrill*) bajo condiciones abióticas. *Cultivos Tropicales*, 21(1), 21-28.
- Padilla, I. (2008). Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el Valle de Mayo, Sonora, México. *Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 43-49.
- Pagano, M. C., y Miransari, M. (2016). *The importance of soybean production worldwide*. En, M. Miransari, *Abiotic and biotic stresses in soybean production* (pp. 1-26). Academic Press.
- Pangue, W. A. (2005). *Soja, El Grano de la Discordia*. Universidad Buenos Aires. <https://www.ecoport.net/content/view/full/25912>
- Paruelo, J., Guerscham, J., y Verón, S. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo.

- Ciencia Hoy*, 15(87), 50-59.
- Ponce, M., Ortiz, R., Fé, C. de la, y Moya, C. (2002). Estudio comparativo de nuevas variedades de soja [*Glycine max* L. Merr.] para las condiciones de primavera en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 23(2), 55-58.
- Portillo, G. (2018). *Fenología: ¿Qué es? características e importancia de este fenómeno*. Meteorología en red. <https://www.meteorologiaenred.com/fenologia>
- Purcell, L. (2005). *Soja en siembra directa. Redefinición de los requisitos de luz y de agua en soja en ambientes irrigados y de alto rendimiento*. AAPRESID.
- Ritner, E. (2006). *Soja: Propiedades Nutricionales y su impacto en la salud*. Sociedad Argentina de Nutrición.
- Rivera, A., y Ortiz, R. (2017). Producción de soja transgénica y miel en Yucatán, México. Impactos en la sustentabilidad de productores de Tekax. *Revista de Economía*, 88(34), 23-29.
- Rivera, A., y Ortiz, R. (2019). Agrobiotecnología y soja transgénica. Impactos y desafíos. *Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 8(2), 79-85.
- Rodríguez, M. G., Hernández-Ochandía, D., Miranda-Cabrera, I., Delgado-Oramas, B. P., Castro-Lizaso, I., Moreno-León, E., y Ortiz-Pérez, R. (2018). Resistencia del genotipo INCASoy 36 (*Glycine max* (L.) Merrill.) A población cubana de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 60–65.
- Romina G. Y., y Lacell, A. G. (2018). *Informe estadístico mercado de la soja, ranking mundial*. Google. <https://www.google.com/search?client=firefox-b>
- Saldrás, R., Almeida, L. A., Sauza Kiihl, R. A., Carrão, M. C., Kaster, M., Miranda, L. C. y Menosso, O. G. (2000). *Genética y Mejoramiento*. En, FAO, *El cultivo de la soja en los trópicos: Mejoramiento y producción*. (pp. 19-36). Food & Agriculture Org.
- Sanghera, G. S., Wani, S. H., Hussain, W., y Singh, N. B. (2011). Engineering cold stress tolerance in crop plants. *Current Genomics*, 12(1), 12-20.
- Sanvu-Jonasse, C., Napoles-Garcia, M. C., Falcon-Rodriguez, A. B., Lamz-Piedra, A., y Ruiz-Sanchez, M. (2020). Bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de la soja (*Glycine max* L. Merrill). *Cultivos Tropicales*, 41(3), e02.

- Sebizuka, S., y Yoshiyama, T. (1960). Studies on the native wild grasses for fodder. 4. Crop-scientific studies on wild species of Glycine soja in Japan. *Journal of the Kanto-Tosan Agricultural Experiment Station*, 15, 57-73.
- Song, X. P., Hansen, M.C., Potapov, P., Adusei, B., Pickering, J., Adami, M., Lima, A., Zalles, V., Steham, S. V., Di Bella, C. M., Conde, M. C., Copati, E. J., Fernandes, L. B., Hernandez-Serna, A., Jantz, S. M., Pikens, A. H., Turubonoba, S., y Tyukavina, A. (2021). Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation. *Nat Sustain*, 4(2), 784–792.
- Soto, F., Webar, J., y Palacios, I. (2022). Alimentación basada en plantas: Sus mecanismos en la prevención y tratamiento de la obesidad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 22(1), 162-170.
- Starosting, G. (1968). Differentiation of vascular bundles in the cotyledons of some legumes. *Comun. Bot. Bucaresti*, 7(3), 95-98.
- Summerfiend, R. J., Roberts, E. H., y Lawn, R. J. (1989). *Measurement and prediction of flowering in soybean in fluctuating field environmenst*. En, A. J. Pascale, *IV Conf. Mundial de Investigación en Soja*. (pp. 822-827). Asociación Argentina de la Soja.
- Taggar, G. K., y Hill, R. S. (2012). Preference of whitefly, Bemisia tabaci, towards black gram genotypes: Role of morphological leaf characteristics. *Phytoparasitica*, 40(5), 461-474.
- Tagu, D., Calevro, F., Colella, S., Gabaldón, T., y Sugio, A. (2016). Functional and Evolutionary Genomics in Aphids. En, A. Vilcinskas, *Biology and Ecology of Aphids*. (pp. 52-54). CRC Press.
- Tanaka, N. (1977). Studies on the growth of root systems in leguminous crops. *Agric. Bull. of Saga Univ*, 43(1), 82-90.
- Tapia, K. L. (2021). *Evaluación de efectos letales y subletales de extractos de neem y tabaco en el control del pulgón del cacao (Toxoptera aurantii)*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo). <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6492>
- Toledo, D. y de la Osa, Y. (2023). *Descripción de la variedad de soya DT-SOY-26*. En: FAO. *Arroz, Maíz, Frijol y Soya*. Instituto de Investigaciones de Granos.
- Travieso, M. G., Lambert García, T., Pupo Blanco, Y. G., Tamayo López, L. A., Gómez Machado, R., Galindo Jaguaco, W. R., y Lescay Batista, E. (2018). Respuesta productiva de Glycine

- max a diferentes dosis de abonos orgánicos en suelo Pardo Sialítico. *Centro Agrícola*, 45(3), 37–43.
- Valladares, C. (2010). *Taxonomía, botánica y fisiología de los cultivos de grano*. Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA). Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- Van Loo, E. J., Caputo, V., y Lusk, J. L. (2020). Consumer preferences for farm-raised meat, lab-grown meat, and plant-based meat alternatives: Does information or brand matter? *Food Policy*, 95(16), 101-114.
- Vavilov, N.I. (1951). The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Soil Science*, 72(6), 482.
- Vecchio, L., Cisterna, B., Malatesta, M., Martin, T. E., y Biggiogera, M. (2004). Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *European Journal of Histochemistry*, 48(4), 449-454.
- Vega, C. R., y Andrade, F. H. (2010). *Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras*. En, F. E. Andrade, y V. O. Sadras, *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. (pp. 97-133). Editorial Médica Panamericana S.A.
- Villanueva, R., Echazarreta-González, C., Roubik, D. W., y Moguel-Ordóñez, Y. B. (2014). Transgenic soybean pollen (*Glycine max* L.) in honey from the Yucatan peninsula, Mexico. *Scientific reports*, 4(1), 4022.
- Whyte, R.O., Nilsson, G., y Trumble, H.C. (1967). *Las leguminosas en la agricultura*. Editorial Revolucionaria.
- Yanes, L. A., Calero Hurtado, A., Valdivia Perez, W. B., y Bianco de Carvalho, L. (2023). Influencia de altas densidades de plantas en la productividad de la Soya. *Universidad y Ciencia*, 12(3), 155-166.
- Zamora, A., y Abdou, S. (2007). Evaluación de variedades de soya en época de frío en dos tipos de suelos de la provincia Granma. *Granma Ciencia*, 11(3), 20-29.
- Zonetti, P. da C., Suzuki, L. S., Bonini, E., Ferrarese, M. L. L., y Ferrarese-Filho, O. (2012). Altas temperaturas, crecimiento y lignificación de soya transgénica resistente al glifosato. *Agrociencia*, 46(6), 557-565.