



Influencia de la época de siembra en el rendimiento agrícola de cultivares de soya

Influence of sowing seasons on the agricultural yield of soybean cultivars

^{ID}Osmany Roján Herrera^{1*}, ^{ID}Lázaro A. Maqueira López¹, ^{ID}Miriam Núñez Vázquez²,
^{ID}Frank E. González Cabrera³, ^{ID}Luis E. Reinoso Febles³

¹Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", km 1½ carretera La Francia, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. CP 22900

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

³Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca", avenida José Martí No. 270, Pinar del Río, Cuba, CP 20100

RESUMEN: La investigación se desarrolló en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, con el objetivo de analizar la influencia de la época de siembra en el rendimiento agrícola de cuatro cultivares de soya, de origen vietnamita, en la localidad de Los Palacios. Se evaluaron cuatro cultivares de soya (DT-20, DT-22, DT-26 y DT-84), de procedencia vietnamita, los que se sembraron sobre un suelo Gleysol Nodular Ferruginoso Petroférico, en tres fechas diferentes (diciembre 2019, mayo y julio 2020), correspondientes a las "épocas invierno, primavera y verano", respectivamente. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos (los cultivares) y tres réplicas y se evaluaron el rendimiento agrícola y sus componentes, además de la masa seca total de la parte aérea y el índice de cosecha. Los resultados mostraron una variación entre cultivares para una misma fecha de siembra y entre épocas; en la siembra de mayo 2020, los cultivares alcanzaron un mayor valor de la masa seca total de la parte aérea, así como del rendimiento agrícola, mientras que en la siembra de diciembre 2019 se obtuvieron los mejores resultados para el índice de cosecha, y en las tres fechas de siembra, analizadas de manera general, las variables más asociadas al rendimiento agrícola fueron el número de vainas por planta, el número de granos por planta y la masa seca total.

Palabras Clave: *Glycine max*, producción, índice de cosecha, granos.

ABSTRACT: The research was carried out in areas of the Base Scientific and Technological Unit, Los Palacios, Pinar del Río, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences, with the objective of analyze the influence of sowing season on the agricultural yield of four soybean cultivars of Vietnamese origin in the town of Los Palacios. Four soybean cultivars (DT-20, DT-22, DT-26 and DT-84), of Vietnamese origin, were evaluated, which were sowing on a Gleysol Nodular Ferruginous Petroferric soil, on three different dates (December 2019, May and July 2020), corresponding to the "winter, spring and summer seasons", respectively. A randomized block experimental design was used with four treatments (cultivars) and three replicates, and crop yield and its components, shoot dry weight and harvest index were evaluated. The results showed a variation between cultivars for the same sowing date and between seasons; in the sowing of May 2020, the cultivars reached a higher value of the total dry mass of the aerial part, as well as of the agricultural yield, while in the sowing of December 2019 the best results were obtained for the harvest index, and in the three sowing dates, analyzed in a general way, the variables most associated with agricultural yield were the number of pods per plant, the number of grains per plant and the total dry mass.

Key words: *Glycine max*, production, harvest index, grains.

*Autor para correspondencia: orojan@inca.edu.cu

Recibido: 05/11/2023

Aceptado: 08/12/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Miriam Núñez Vázquez. **Investigación:** Osmany Roján Herrera, Lázaro A. Maqueira López. **Metodología:** Osmany Roján Herrera, Lázaro A. Maqueira López, Miriam Núñez Vázquez, Frank E. González Cabrera, Luis E. Reinoso Febles. **Supervisión:** Miriam Núñez Vázquez. **Escritura del borrador inicial:** Osmany Roján Herrera. **Escritura y edición final:** Osmany Roján Herrera, Lázaro A. Maqueira López. **Curación de datos:** Osmany Roján Herrera.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycine max* (L.) Merrill) constituye el cuarto cultivo de campo más grande por volumen, además que es un producto básico clave y el principal de semillas oleaginosas producido en el mundo (1). Sin embargo, se prevé que el consumo per cápita de este cultivo aumente un 17 % para 2029; por tanto, un incremento continuo en el rendimiento de la soya es importante, no solo para los productores del grano y de animales, sino también para los consumidores y la sostenibilidad agrícola global (2).

No obstante, para alcanzar rendimientos estables en el tiempo o bien incrementarlos, es necesario conocer cuáles son los principales factores que contribuyen a determinarlo, establecer las bases de manejo que permita generar un ambiente de alta productividad y realizar una selección adecuada de los cultivares en cada una de las épocas de siembra (3). En este sentido, las características de los genotipos, las diferentes condiciones ambientales y de manejo, influyen en el crecimiento del cultivo, lo que pueden ayudar a explicar las variaciones en la respuesta del rendimiento (4).

En Cuba, a pesar de la gran demanda del cultivo de la soya, para las diferentes formas de procesamiento, no se ha podido estabilizar su producción (5). No obstante, en aras de fortalecer el incremento de la productividad de esta oleaginosa en el país, se han introducido algunos cultivares foráneos, específicamente de Vietnam (6), y aunque se conocen algunos atributos de estos, carecen de estudios que visualicen su comportamiento en los diferentes ecosistemas. De este modo, su respuesta frente a diferentes condiciones ambientales puede variar según la fecha y época de siembra, de ahí que este análisis puede ser adecuado para detectar su adaptabilidad a diferentes ambientes. A partir de los antecedentes antes mencionados se desarrolló esta investigación, con el objetivo de analizar la influencia de la época de siembra en el rendimiento agrícola de cuatro cultivares de soya, de origen vietnamita, en la localidad de Los Palacios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios (UCTB-LP), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

(INCA), situada en la llanura sur de la Provincia de Pinar del Río, sobre un suelo Gleysol Nodular Ferruginoso Petroférrico (7). Se evaluaron cuatro cultivares de soya procedentes de Vietnam (DT-20, DT-22, DT-26 y DT-84), cuyas características generales se presentan en la [Tabla 1](#) (8), los cuales se sembraron en tres fechas, diciembre de 2019, mayo y julio de 2020, correspondientes a las "épocas invierno, primavera y verano", establecidas para el cultivo de la soya en Cuba. Algunas propiedades químicas del mismo, que caracterizan su fertilidad se presentan en la [Tabla 2](#).

Se utilizó la siembra directa de forma manual en parcelas de 30 m², con un marco de siembra de 0,7 x 0,05 m, con una norma de semillas de 54 kg ha⁻¹, para asegurar 28 plantas por m². En cada fecha de siembra se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos (los cultivares) y tres réplicas.

Las labores fitotécnicas se realizaron según lo recomendado en el Manual Técnico del cultivo de la soya (9). Siempre se garantizó que no existiera ningún tipo de limitaciones para las plantas. Para ello se aseguró la disponibilidad de agua durante todo el ciclo del cultivo, se realizó de manera oportuna el control de plagas para evitar las afectaciones por las mismas y se desarrolló un estricto control de las plantas arvenses.

Los valores de las variables meteorológicas (radiación solar global, precipitaciones decenales promedio, temperaturas máximas, mínimas y medias diarias) del período en que se desarrollaron los experimentos, se aprecian en la [Figura 1](#), los que se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Paso Real de San Diego, en Los Palacios, a unos 3 km aproximadamente del área experimental.

En cada parcela experimental, en el momento de la cosecha, se tomaron diez plantas representativas al azar, siempre respetando el área de borde, a las que se le evaluaron las siguientes variables:

- Masa seca total de la parte aérea (g) (M total)
- Número de granos por planta (No Granos)
- Número de vainas por planta (No Vainas)
- Número de granos por vaina (No grvai)
- Masa de 100 granos (g) (M 100)
- Índice de cosecha (IC)
- Rendimiento agrícola (t ha⁻¹) al 14 % de humedad (Rendimiento)

Tabla 1. Algunas características de los cultivares de soya evaluados

| Características | DT-20 | DT-22 | DT-26 | DT-84 |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Rendimiento | 2,5-3,0 t ha ⁻¹ | 2,5-3,5 t ha ⁻¹ | 2,5-3,5 t ha ⁻¹ | 2,5-3,0 t ha ⁻¹ |
| Época de siembra | Invierno-Verano | Primavera-Verano | Invierno-Verano | Invierno-Primavera |
| Ciclo (días) | 95-100 | 90-95 | 95-100 | 90-92 |
| Hábito de crecimiento | Semi-determinado | Determinado | Determinado | Determinado |

Tabla 2. Valores de la fertilidad química y pH de la capa arable (0-20 cm) del suelo donde se desarrollaron los experimentos

| H ₂ O (pH) | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | P ₂ O ₅ | MO |
|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|------|
| | (cmol kg ⁻¹ suelo) | | | | (mg 100 g ⁻¹ de suelo) | |
| | | | | | | (%) |
| 6,49 | 7,01 | 3,13 | 0,16 | 0,23 | 20,47 | 2,72 |

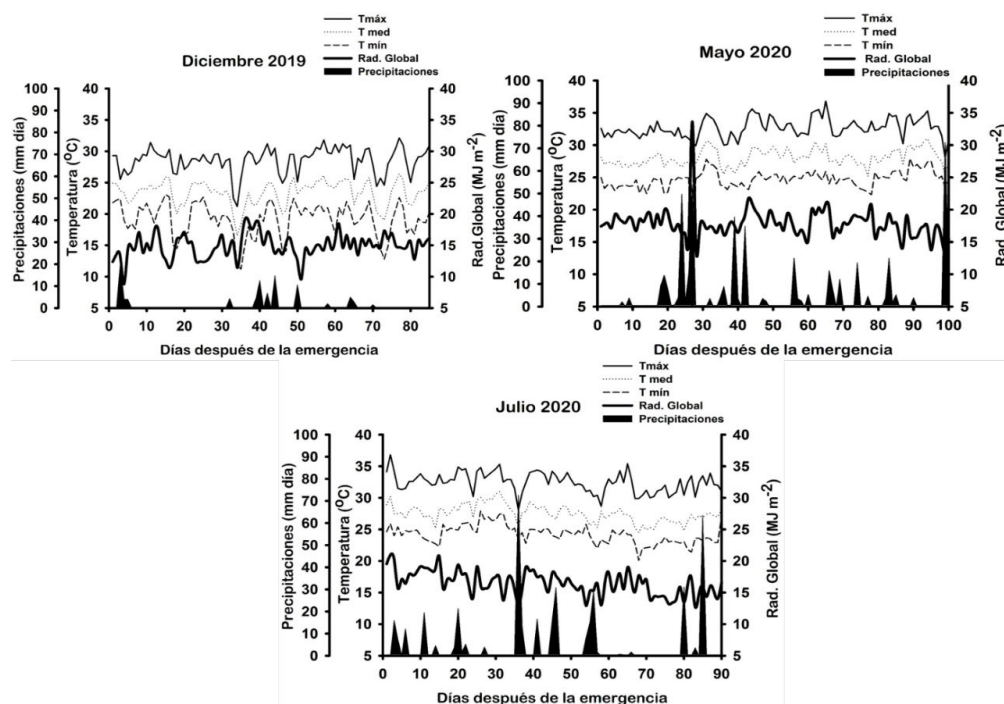


Figura 1. Temperaturas (máxima, media, mínima) ($^{\circ}\text{C}$), radiación solar global (MJ m^{-2}) y precipitaciones (mm día) decenales promedios tomadas de la Estación Agrometeorológica de Paso Real de San Diego, durante el período de ejecución de los experimentos

La masa seca total de la parte aérea (M_{total}), se estimó a partir de la sumatoria de la masa seca de cada órgano individual (tallos, vainas, granos), los cuales se mantuvieron en estufa durante 72 horas, a una temperatura de 70°C hasta alcanzar una masa constante. En cuanto al número de granos y número de vainas, se contabilizó el valor de cada variable en las diez plantas por parcela y para la cantidad de granos por vaina, se dividió el total de granos entre el total de vainas por planta. De todos los granos de las 10 plantas muestreadas, se tomaron cuatro muestras al azar de 100 granos por parcela, las que se secaron hasta alcanzar 14 % de humedad y se pesaron en una balanza analítica ($\text{KERNPLJ e}=0,01\text{g}$). El IC, se estableció como el cociente de la masa seca de granos entre la masa seca total de la parte aérea de la planta. Para determinar el rendimiento agrícola (t ha^{-1}), se cosecharon 8 m^2 del centro en cada parcela experimental, se trillaron las plantas y se secaron los granos hasta alcanzar el 14 % de humedad.

Las medias de las variables evaluadas obtenidas por cultivar y fecha de siembra, fueron sometidas a análisis de varianza simple, y las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey al 95 %. En el caso de la masa seca total de la parte aérea, el índice de cosecha y el rendimiento agrícola y sus componentes, producto del diseño experimental empleado, se calculó el intervalo de confianza a partir del error experimental del análisis de varianza. Además, con la matriz de datos obtenida (fecha de siembra, cultivares, rendimiento agrícola, componentes de rendimiento y variables del crecimiento), se realizó un análisis multivariado de Componentes Principales, mediante

la representación de un Biplot. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics 5.0 (10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento del rendimiento agrícola de los cultivares de soja estudiados, en las diferentes fechas de siembra, se muestra en la [Figura 2](#). En las tres fechas de siembra analizadas, el cultivar DT-20 alcanzó los mayores valores del rendimiento, seguido por el cultivar DT-26. Asimismo, en la fecha que corresponde a la "época de primavera" (mayo 2020), fue donde los cultivares obtuvieron los valores más altos, los cuales oscilaron entre 2,7 y $3,6 \text{ t ha}^{-1}$, mientras los valores más bajos lo alcanzaron en la "época de invierno" (diciembre 2019), excepto el cultivar DT-22 el cual, en la fecha correspondiente a la "época de verano" (julio 2020), mostró un rendimiento inferior al obtenido en diciembre 2019, aunque sin diferencias significativas.

Estos resultados difieren de lo descrito en la literatura (8), ya que, independientemente, de la época recomendada para cada uno de los cultivares, se demostró que, en primavera, ellos obtuvieron los mayores valores del rendimiento. En este sentido cabe resaltar la respuesta de los cultivares DT-20 y DT-26, los cuales en todas las fechas de siembra fueron superiores, sobre todo en primavera, época en la que no se recomienda su siembra. Asimismo, el cultivar DT-20 obtuvo un rendimiento muy superior al máximo descrito en la [Tabla 1](#), precisamente en la época no recomendada (mayo 2020), con un valor de $3,6 \text{ t ha}^{-1}$, mientras que se ha descrito un valor máximo de 3 t ha^{-1} .

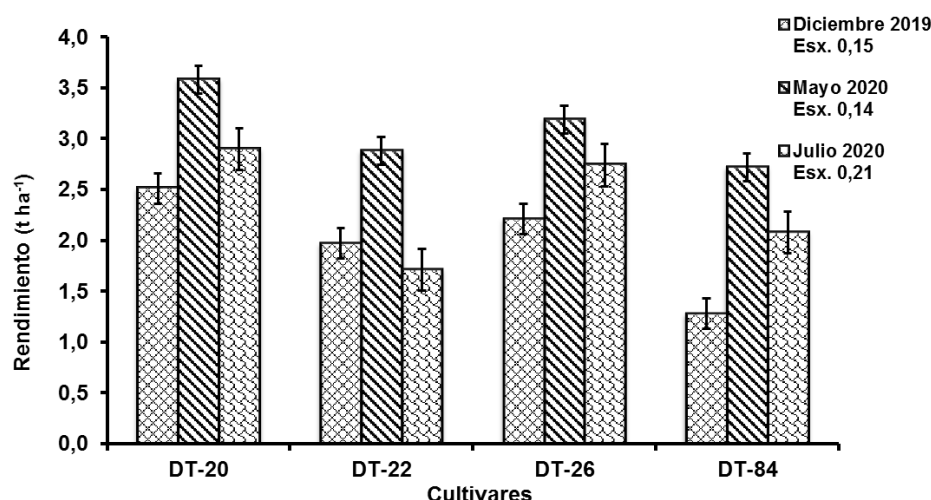


Figura 2. Rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$) al 14 % de humedad de los granos de los cultivares de soja sembrados en las tres fechas de siembra en estudio

Sin embargo, el resto de los cultivares no obtuvieron valores superiores al máximo registrado, aunque si mostraron valores inferiores al mínimo descrito, sobre todo los cultivares DT-22 y DT-84, los cuales alcanzaron los valores más bajos en épocas recomendadas para su siembra. El cultivar DT-22 obtuvo un rendimiento de $1,7\ t\ ha^{-1}$ en julio 2020, muy por debajo del valor obtenido en la fecha correspondiente a la época de invierno, mientras que DT-84 en la fecha de diciembre 2019 obtuvo un rendimiento de $1,3\ t\ ha^{-1}$.

Algunos autores informaron que el rendimiento del cultivo de la soja, estaba fuertemente correlacionado con la temperatura máxima diaria ($\leq 30\ ^\circ C$) durante la etapa de llenado de los granos (R_5-R_7), o sea, temperaturas altas, generalmente, están asociadas a una mayor duración de este período (11). Lo antes mencionado puede estar relacionado a la respuesta de los cultivares en la fecha de siembra correspondiente a la "época de primavera", sobre todo los de mejor respuesta, ya que fue la época donde se registraron los mayores valores de temperatura, superiores a $30\ ^\circ C$ (Figura 1), mientras que en invierno fueron las más bajas y se mostró una mayor variabilidad en la "época de verano". No obstante, algunos estudios, en Cuba, recomiendan centrar la producción de soja en la época de verano (12), aunque no se ha llegado a un consenso, sobre todo en función de aprovechar determinados recursos climáticos a la hora de favorecer o estimular procesos fisiológicos que ayuden a obtener un mejor rendimiento en este cultivo.

Este resultado revela la importancia del estudio del comportamiento del rendimiento agrícola de diferentes cultivares de soja, para determinadas condiciones ambientales, sobre todo, si se tiene en cuenta lo planteado por algunos autores, con relación a la influencia que puede ejercer el comportamiento de las variables meteorológicas en el crecimiento y desarrollo de las plantas durante su ciclo en función de la época de siembra (13).

Al evaluar los componentes del rendimiento (Tabla 3), se encontraron diferencias entre cultivares para una misma

fecha de siembra y entre ellas. En cuanto al número de vainas y el número de granos, los mayores valores lo obtuvieron los cultivares en la fecha correspondiente a la "época de primavera" (mayo 2020). Sin embargo, a pesar de que diversos autores definen al número de vainas como un componente indirecto (14), de conjunto al número de granos, pudieron ser importantes en la expresión del rendimiento en esta época de siembra. El cultivar DT-26 alcanzó el mayor valor en el número de vainas, aunque sin diferencias con respecto al cultivar DT-20, mientras éste último mostró la mejor respuesta en cuanto al número de granos.

Sin embargo, los menores valores de estas variables fueron obtenidos por los cultivares en la fecha de diciembre 2019. En este sentido, estudios previos relacionaron la cantidad de vainas por planta con las condiciones meteorológicas de temperatura y fotoperíodo prevalecientes, ya que cuando las temperaturas son más bajas y el fotoperíodo más corto, las plantas de soja alcanzan menor altura, por lo que presentan menor número de nudos, lo que consecuentemente, disminuye el número de vainas (2). Aunque en este estudio no se evaluó la influencia del fotoperíodo, hay que resaltar que en la "época de invierno" se presentan los días más cortos del año (9), aparejado a las temperaturas más bajas durante el período en que duraron los experimentos (Figura 1), lo que pudo incidir en la baja producción de vainas, a la vez que se reduce el número de granos por planta, y así de esta manera existe una disminución del rendimiento.

Con respecto al número de granos por vaina, generalmente se mostró poca variabilidad entre los cultivares en las tres fechas de siembra. En diciembre 2019 solo el cultivar DT-26 difirió del resto de los cultivares, los cuales no mostraron diferencias entre ellos. Sin embargo, en la fecha de siembra de mayo 2020, el cultivar DT-20 alcanzó los valores más altos de esta variable, mientras que en julio 2020, el mejor resultado fue mostrado por el cultivar DT-22.

Tabla 3. Respuesta de los principales componentes de rendimiento de los cultivares de soja en las diferentes fechas de siembra estudiadas

| Cultivares | Diciembre 2019 | | | |
|------------|----------------|-------------|-----------|-----------|
| | No. Vainas | No. Granos | No. grvai | Masa 100 |
| DT-20 | 18,4-24,3 | 31,5-42,9 | 1,6-1,9 | 15,7-18,6 |
| DT-22 | 11,2-17,1 | 15,4-26,8 | 1,4-1,6 | 15,4-18,4 |
| DT-26 | 9,9-15,7 | 19,3-30,7 | 1,8-2,1 | 15,8-18,8 |
| DT-84 | 5,5-11,4 | 6,5-17,9 | 1,3-1,6 | 11,4-14,4 |
| Esx. | 1,49 | 2,91 | 0,07 | 0,76 |
| Cultivares | Mayo 2020 | | | |
| | No. Vainas | No. Granos | No. grvai | Masa 100 |
| DT-20 | 60,6-66,6 | 123,2-141,3 | 1,9-2,3 | 10,1-12,2 |
| DT-22 | 51,5-57,5 | 101,6-119,5 | 1,8-2,0 | 11,3-13,4 |
| DT-26 | 62,7-68,7 | 88,4-106,3 | 1,0-1,4 | 14,5-16,6 |
| DT-84 | 57,7-63,7 | 96,4-114,4 | 1,5-1,9 | 10,3-12,4 |
| Esx. | 1,53 | 4,57 | 0,10 | 0,54 |
| Cultivares | Julio 2020 | | | |
| | No. Vainas | No. Granos | No. grvai | Masa 100 |
| DT-20 | 30,8-49,9 | 55,4-76,5 | 1,5-1,8 | 17,3-18,8 |
| DT-22 | 9,5-28,6 | 30,9-52,0 | 1,9-2,3 | 14,8-16,3 |
| DT-26 | 48,9-68,0 | 73,5-94,6 | 1,3-1,6 | 16,2-17,7 |
| DT-84 | 47,9-67,7 | 71,5-92,6 | 1,2-1,5 | 16,0-17,6 |
| Esx. | 4,88 | 5,39 | 0,08 | 0,38 |

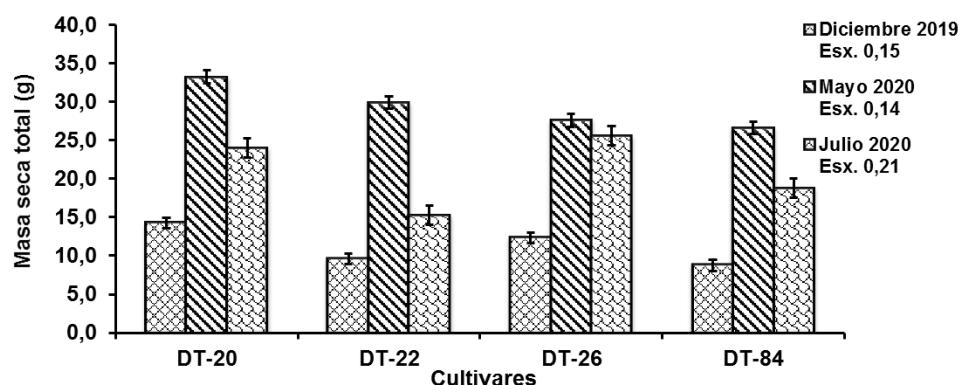
Intervalo de confianza al 95 % de probabilidad calculado a partir de la media teniendo en cuenta el error experimental del análisis de varianza

Este resultado corrobora lo planteado en la literatura, donde se resalta que la variabilidad en el número de granos por vaina entre genotipos, se debe más a un carácter genético que a las condiciones meteorológicas prevalecientes (15), aunque no se debe obviar que este componente puede afectarse significativamente con la exposición de la planta al estrés hídrico y por temperatura, o la combinación de ambos estreses, ya que los mismos ejercen una influencia considerable durante el proceso de llenado de los granos (2).

Respecto a la masa de 100 granos, los mayores valores alcanzados por los cultivares, coincidieron con los valores más bajos obtenidos en cuanto al número de vainas y de granos. Este resultado coincide con los obtenidos por diferentes autores, los cuales resaltan la relación que existe entre los principales componentes del rendimiento, ya que a medida que aumenta el número de vainas y el número de granos, disminuye la masa de los mismos y viceversa, lo que demuestra el nivel compensatorio entre estos (1).

Por otra parte, en la Figura 3 se representa el comportamiento de la masa seca total de la parte aérea de los cultivares de soja en las diferentes fechas de siembra estudiadas. En ella se aprecia que los cultivares alcanzaron los mayores valores en la "época de primavera" (mayo 2020), y DT-20 obtuvo la mejor respuesta tanto en primavera como en la fecha correspondiente a la "época de invierno" (diciembre 2019), aunque sin diferencias respecto al cultivar DT-26 en esta última fecha. Sin embargo, en la fecha de siembra que corresponde a la "época de verano" (julio 2020), el mayor valor de la masa seca fue alcanzado por el cultivar DT-26, sin diferencias con respecto al cultivar DT-20. Una vez más estos cultivares mostraron el mejor comportamiento en la época que no es recomendada para su siembra.

Cabe resaltar que, generalmente, las fechas de siembra donde los cultivares alcanzaron los mayores valores de masa seca total, coinciden con los mayores valores del rendimiento, por lo que esta variable debió jugar un importante papel en el proceso de formación del

**Figura 3.** Masa seca total de la parte aérea de los cultivares de soja en las tres fechas de siembra estudiadas

mismo. Resultados semejantes fueron obtenidos por otros autores, los cuales señalan que el rendimiento se relaciona positivamente con la cantidad de biomasa producida por la planta, y la forma en que ésta la particiona hacia los distintos destinos reproductivos (15).

Según la literatura, el efecto de las bajas temperaturas y fotoperíodos cortos puede modificar procesos fisiológicos durante el crecimiento de la soya, como la partición de masa seca (16); por lo tanto, la baja producción de masa seca mostrada por los cultivares en este estudio en la fecha de siembra correspondiente a la "época de invierno", puede ser consecuencia del efecto de las temperaturas y el fotoperíodo, ya que en esta época de siembra se registraron las temperaturas más bajas (Figura 1), a la vez que se muestran los días más cortos del año (9).

Otras investigaciones con diferentes cultivares de soya, de origen nacional, demostraron que la mayor producción de masa seca lo obtuvieron en la "época de primavera" (17), resultado que se corrobora en este estudio. Por lo tanto, desarrollar estudios con diferentes cultivares y fechas de siembra sigue siendo una tarea de grandes retos para genetistas, fisiólogos y fitotecnistas, todo esto con el fin de incrementar la productividad biológica del cultivo y lograr incrementos en el rendimiento agrícola, o sea, aumentar la eficiencia del cultivo en la conversión de materia económicamente útil sobre la base de un adecuado manejo en cada una de las fases, donde se decide cada componente del rendimiento.

Por otro lado, cuando se analizó el comportamiento del IC (Figura 4), para cada uno de los cultivares en las diferentes fechas de siembra estudiadas, se pudo apreciar la relación inversa que obtuvo esta variable en comparación a la masa seca total de la parte aérea, ya que en la fecha correspondiente a la "época de invierno" (diciembre 2019), fue donde los cultivares mostraron los mayores valores.

La mayor eficiencia en la conversión de masa seca económicamente útil fue representada por el cultivar DT-26, el cual obtuvo los mejores resultados de esta variable en las tres fechas de siembra; sin embargo, en la fecha de mayo 2020, el cultivar DT-84 mostró la más baja eficiencia, lo que puede estar relacionado con las características genéticas y la

respuesta del cultivar a las condiciones imperantes durante el desarrollo del mismo. Respecto a esta variabilidad, otros autores han demostrado que los valores de IC pueden variar entre fechas de siembra para un mismo cultivar, y entre cultivares para una misma fecha de siembra (2); por lo tanto, con este resultado se puede inferir que, la respuesta de los cultivares al índice de cosecha también depende de la época de siembra.

Otros autores refieren que las altas temperaturas, generalmente, dan como resultado una baja eficiencia de la planta medida por el IC, debido a que los asimilados destinados al crecimiento y el rendimiento tienen que ser utilizados en otros procesos fisiológicos (18), aspecto este que puede justificar los valores bajos de eficiencia manifestados por los cultivares en la fecha correspondiente a la "época de primavera" (mayo 2020), ya que es donde las temperaturas fueron más elevadas. Resultados similares fueron informados en otros estudios, los cuales demostraron que el IC se redujo notablemente cuando los genotipos de soya fueron sometidos a altas temperaturas (16).

Sin embargo, se plantea que el índice de cosecha presenta una relación inversa con la longitud del ciclo de los cultivares para una fecha y época de siembra determinada (1). Esta afirmación se corresponde con los resultados obtenidos en este estudio, ya que los cultivares mostraron una mayor duración del ciclo en la fecha de siembra correspondiente a la "época de primavera", fecha en la que obtuvieron los valores más bajos de IC. En esta época de siembra mostraron valores de duración del ciclo entre los 110 y 113 días, muy superior a lo reportado para estos cultivares, sobre todo para los cultivares DT-20 y DT-26 que no se recomiendan para esta época, mientras que en la fecha perteneciente a la época de invierno no superaron 89 días.

Cuando se analizó el grado de asociación de las variables estudiadas con el rendimiento (Figura 5), se pudo observar que las de mayor influencia fueron el número de vainas/planta, el número de granos/planta y la masa seca total de la parte aérea, vistas de manera general para las tres fechas de siembra estudiadas. Este resultado coincide con los obtenidos por otros autores, que afirman que el número de vainas y granos, en un amplio rango de condiciones

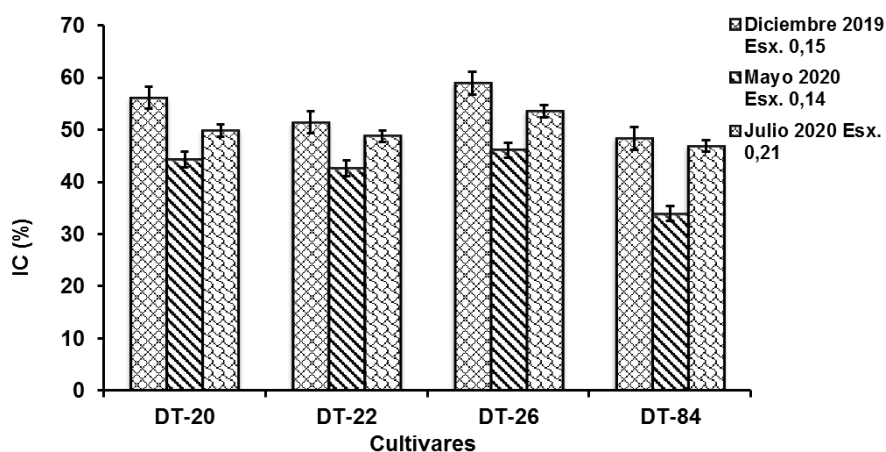
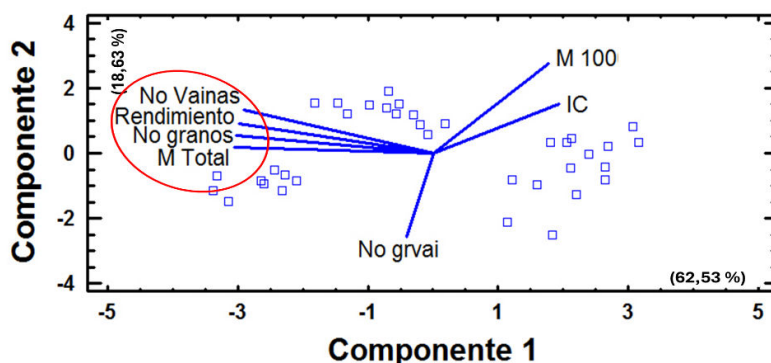


Figura 4. Comportamiento del índice de cosecha de cuatro cultivares de soya, sembrados en tres fechas diferentes



M 1000: masa de mil granos (g). Rendimiento: Rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$). No granos: Número de granos por planta. No vainas: Número de vainas por planta. No grvai : Número de granos por vaina. M total: Masa seca total de la parte aérea (g). IC: Índice de cosecha (%)

Figura 5. Asociación del rendimiento agrícola de los cultivares de soja con las variables obtenidas en las tres fechas de siembra estudiadas

agronómicas, son las variables que mejor explican la variabilidad del rendimiento (15); mientras otros autores le brindan cierta importancia a la producción de masa seca como un proceso ordenado y relacionado positivamente con la expresión de la productividad agrícola (18).

Investigaciones realizadas con este propósito, han informado que los cultivares modernos de soja producen rendimientos más altos como resultado de una mejor acumulación de biomasa (19). Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos en este estudio, se infiere que no se debe definir un patrón de comportamiento, sobre todo cuando se trata de explicar respuestas fisiológicas que dependan, en gran medida, de factores que no pueden ser manejados en condiciones naturales, como es el caso de las variables meteorológicas.

CONCLUSIONES

- Los mayores valores del rendimiento y de masa seca total lo obtienen los cultivares en la fecha de siembra correspondiente a la "época de primavera", a pesar de no ser recomendados para esta época de siembra. Se destacan los cultivares DT-20 y DT-26, por alcanzar valores superiores y en especial, el DT-20 que alcanza un rendimiento muy superior al máximo descrito.
- La mayor eficiencia de conversión de masa seca económicamente útil es alcanzada por los cultivares en la fecha de siembra correspondiente a la "época de invierno", relacionada con la menor duración del ciclo.
- De manera general para las tres fechas de siembra evaluadas, las variables que más influyen en el rendimiento son el número de vainas/planta, el número de granos/planta y la masa seca total de la parte aérea.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lopez MA, Freitas Moreira F, Rainey KM. Genetic Relationships Among Physiological Processes, Phenology, and Grain Yield Offer an Insight Into the Development of New Cultivars in Soybean (*Glycine max* L. Merr). *Front Plant Sci. Frontiers*; 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.651241>
2. Vogel JT, Liu W, Olhoft P, Crafts-Brandner SJ, Pennycook JC, Christiansen N. Soybean Yield Formation Physiology - A Foundation for Precision Breeding Based Improvement. *Front Plant Sci.* 2021; 12:719706. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.719706>
3. Andrade JF, Rattalino Edreira JI, Mourtzinis S, Conley SP, Ciampitti IA, Dunphy JE, et al. Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data. *Field Crops Research.* 2019; 230:98-106. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.014>
4. Wu Y, Wang E, Gong W, Xu L, Zhao Z, He D, et al. Soybean yield variations and the potential of intercropping to increase production in China. *Field Crops Research.* 2023; 291:108771. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108771>
5. González F, Hervis G, Cisneros E, Riverol L, Herrera J, Cid G. Fecha óptima de siembra y productividad de la soja ante escenarios de cambio climático. *Ingeniería Agrícola [Internet].* 2022 [cited 2025 July 15];12(1):3-13.
6. Toledo-Día D, Osa-Naranjo Y de la, Gonzales-Morera T, Delgado MA, Hurtado Y, Toledo-Día D, et al. SOYIG-20 y SOYIG-22: nuevas variedades de soja (*Glycine max* L. Merrill) introducidas para las condiciones climáticas de Cuba. *Cultivos Tropicales [Internet].* Ediciones INCA; 2020 [cited 2025 July 15];41(1). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362020000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
7. Hernández Jiménez A, Bosch Infante D, Pérez-Jiménez JM, Castro Speck N. Clasificación de los suelos de Cuba 2015 [Internet]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2015 [cited 2024 Sept 19]. Available from: <https://isbn.cloud/9789597023777/clasificacion-de-los-suelos-de-cuba-2015/>
8. Van B, Thi V, Hernández B, Vinh T, Alemán M. La colaboración en el cultivo de arroz, maíz, soja Vietnam-Cuba: Resultados y perspectivas. 1st ed. Vietnam: HaNoi, Vietnam: Casa editorial de agricultura; 2015.
9. Esquivel M. El cultivo y utilización de la soja en Cuba. Manual Técnico. Asociación Cubana de Producción Animal; 1997 p. 56.

10. Statistical Graphics Crop. STATGRAPHICS® Plus. [Internet]. 2000.
11. Kumagai E, Yamada T, Hasegawa T. Is the yield change due to warming affected by photoperiod sensitivity? Effects of the soybean E4 locus. Food and Energy Security. 2020;9(1): e186. <https://doi.org/10.1002/fes3.186>
12. Ortiz R, González R, Ponce M, Martínez J, Fernández C, Batista S. Importancia de la localidad en el comportamiento de variedades de soya durante siembras de primavera en Cuba. Cultivos Tropicales [Internet]. 2004;25(3):67-72.
13. Mwiinga B, Sibiya J, Kondwakwenda A, Musvosvi C, Chigeza G. Genotype x environment interaction analysis of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) grain yield across production environments in Southern Africa. Field Crops Research. 2020; 256:107922. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107922>
14. Winsor S. Record-Setting Soybeans: What CCAs Should Know. Crops & Soils. 2021;54(4):11-7. DOI: [10.1002/crso.20130](https://doi.org/10.1002/crso.20130)
15. Monzon JP, Cafaro La Menza N, Cerrudo A, Canepa M, Rattalino Edreira JI, Specht J, et al. Critical period for seed number determination in soybean as determined by crop growth rate, duration, and dry matter accumulation. Field Crops Research. 2021; 261:108016. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108016>
16. V R, Alves Silva A, Santos Brito D, Pereira Júnior J. Drought stress during the reproductive stage of two soybean lines. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2020;55. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01736>
17. Chacón-Iznaga A, Cardoso Romero S, Barreda Valdés A, Colás Sánchez A. Acumulación de materia seca, rendimiento biológico, económico e índice de cosecha de dos cultivares de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] en diferentes espaciamientos entre surcos. Centro Agrícola [Internet]. 2011 [cited 2025 July 15];38(2):5-10.
18. Wei MCF, Molin JP. Soybean Yield Estimation and Its Components: A Linear Regression Approach. Agriculture. Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2020;10(8):348. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080348>
19. Veas REA, Ergo VV, Vega CRC, Lascano RH, Rondanini DP, Carrera CS. Soybean seed growth dynamics exposed to heat and water stress during the filling period under field conditions. Journal of Agronomy and Crop Science. 2022;208(4):472-85. <https://doi.org/10.1111/jac.12523>