



Análisis del crecimiento y el rendimiento de cultivares de soya en la época poco lluviosa

Analysis of growth and yield of soybean cultivars in the dry season

 Osmany Roján Herrera^{1*},  Lázaro A. Maqueira López¹,
 Miriam Núñez Vázquez²,  Tomás Castillo Estrella³

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: Con el objetivo de analizar el crecimiento y el rendimiento de cultivares de soya nacionales y foráneos en la época poco lluviosa, se desarrolló el presente trabajo en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, para lo cual se utilizaron los cultivares Incasoy-1, Incasoy-24, Incasoy-27, DT-20, DT-26 y D-2101, sembrados sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférico, en dos años diferentes (enero 2016 y 2017), correspondientes a dicha época. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos (los cultivares) y cuatro réplicas, y se determinaron la masa seca total de la parte aérea (g) y el área foliar (m²) en cada parcela experimental. La dinámica de crecimiento de estas variables se ajustó a una función matemática exponencial polinómica de segundo grado, y se calculó el índice de área foliar (IAF) y la tasa absoluta de crecimiento (TAC). También se determinó el rendimiento agrícola (t ha⁻¹), realizándose a las medias obtenidas, un intervalo de confianza a partir de la desviación estándar, con una probabilidad del 95 % de confianza. Los resultados mostraron influencia de la fecha de siembra en los diferentes indicadores del crecimiento, tanto en el valor máximo alcanzado por la variable, como en los momentos en el que se logró el mismo, a la vez que se pudo inferir que a mayor acumulación de biomasa se alcanzó un mayor rendimiento, destacándose los cultivares DT-20 y DT-26.

Palabras Clave: Glycine max, superficie foliar, masa seca, desarrollo.

ABSTRACT: With the objective of analyzing the growth and yield of soybean cultivars in the cold season, this work was developed in areas of the Scientific and Technological Base Unit, Los Palacios, Pinar del Río, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences. Soybean cultivars Incasoy-1, Incasoy-24, Incasoy-27, DT-20, DT-26 and D-2101 were used, which were sown on a Hydromorphic Gley Nodular Ferruginous Petroferric soil, on two different years (January 2016 and 2017), corresponding to the cold season. A randomized block experimental design with six treatments (the cultivars) and four replications was used, and the total dry weight of the aerial part (g) and the leaf area (m²) were determined in each experimental plot. The growth dynamics of these variables was fitted to a second-degree polynomial exponential mathematical function, and the leaf area index (LAI) and the absolute growth rate (AGR) were calculated. Agricultural yield (t ha⁻¹) was also determined, performing a confidence interval from the standard deviation on the obtained means, with a probability of 95 % confidence. The results showed influence of the sowing date on the different growth indicators, both in the maximum value reached by the variable, and in the moments in which it was achieved, while it was possible to infer that the greater the accumulation of biomass, a higher yield was reached, highlighting the cultivars DT-20 and DT-26.

Key words: Glycine max, leaf surface, dry weight, development.

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

Recibido: 09/01/2023

Aceptado: 16/12/2024

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

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Osmany Roján Herrera, Lázaro A. Maqueira López. **Investigación:** Osmany Roján Herrera, Lázaro A. Maqueira López. **Metodología:** Osmany Roján Herrera, Lázaro A. Maqueira López, Miriam Núñez Vázquez, Tomás Castillo Estrella. **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, Tomás Castillo Estrella.

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

El crecimiento vegetal se define como un incremento irreversible en el tamaño de las plantas, determinado por procesos de morfogénesis y diferenciación; el primero es el desarrollo de la forma o modelo de la célula u órgano, mientras que el segundo es el proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para formar o adquirir funciones especializadas (1). Por otra parte, el análisis de crecimiento vegetal, es una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa. Este análisis se ha desarrollado durante los últimos años como una disciplina relacionada con la ecofisiología y la agronomía, con sus propios conceptos, términos y herramientas de cálculo (2).

Los diferentes índices que se contemplan dentro del análisis de crecimiento, son una buena medida para comparar el efecto de factores ambientales en el crecimiento de cultivos, así como la relación entre el aparato asimilatorio y la producción de biomasa (3). El análisis de crecimiento usa medidas directas tales como la masa seca de la planta (W), área foliar total (A) y tiempo (t); así como medidas derivadas que pueden ser obtenidas a partir de las medidas directas, como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), que es un índice de la productividad agrícola y mide la ganancia en peso por unidad de área de suelo y por unidad de tiempo; el índice del área foliar (IAF), que representa la relación entre el área foliar y el área de suelo ocupada por el cultivo, así como la tasa absoluta de crecimiento (TAC) que se refiere al incremento en masa seca de la planta por unidad de tiempo (4).

Por su parte, el rendimiento de un cultivo depende de su capacidad de crecimiento y la producción de asimilados y, de qué parte de ellos destina a los órganos de interés económico. Esto está dado, en gran medida, por el aprovechamiento de la luz solar en la fabricación

de los componentes constituyentes y funcionales de los distintos órganos de la planta (5). Las diferentes condiciones genotípicas, ambientales, y de manejo afectan el crecimiento de los cultivos, por lo tanto, pueden ayudar a explicar las variaciones en la respuesta del rendimiento (6).

Por otro lado, la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) constituye el principal cultivo de semillas oleaginosas producido en todo el mundo, sobre todo por el alto contenido de aceite (20 %) y proteína que contiene el grano (40 %) (7). En Cuba, a pesar de la gran demanda de este cultivo, para las diferentes formas de procesamiento, aún no se ha podido estabilizar su producción, no obstante, en los últimos años se ha desarrollado un programa de mejoramiento genético a través del cual se han obtenidos algunos cultivares y se han introducido otros, procedentes de Vietnam (8). Todos ellos deben ser evaluados para conocer su comportamiento en las diferentes épocas de siembra, establecidas para el cultivo en el país, razón por la cual el objetivo del presente trabajo fue analizar el crecimiento y el rendimiento de cultivares de soya nacionales y foráneos en la época poco lluviosa.

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. Se evaluaron seis cultivares de soya, tres de ellos de procedencia nacional (IS-1, IS-24 e IS-27) y tres procedentes de Vietnam (DT-20, DT-26 y D-2101), cuyas características generales se presentan en la [Tabla 1](#) (8), los cuales se sembraron en dos años, enero de 2016 y 2017, correspondientes a la época poco lluviosa en Cuba, conocida como "época de frío", sobre un suelo Gleysol Nodular Ferruginoso Petroférrico (9). Algunas propiedades químicas del mismo, que caracterizan su fertilidad se presentan en la [Tabla 2](#).

Tabla 1. Algunas características* de los cultivares de soya evaluados.

| | Época de siembra | Hábito de crecimiento | Rendimiento (t ha ⁻¹) | Ciclo (días) |
|--------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|
| IS-1 | Frío Primavera Verano | Determinado | 2,8 | 90 |
| IS-24 | Primavera Verano | Determinado | 2,5 | 105 |
| IS-27 | Primavera Verano | Determinado | 3,0 | 95 |
| DT-20 | Frío Verano | Semi-determinado | 2,5-3,0 | 90-95 |
| DT-26 | Frío Verano | Determinado | 2,5-3,5 | 92-96 |
| D-2101 | Frío Verano | Determinado | 2,0-3,0 | 90-95 |

*Tomado de (8, 10)

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 |

Se utilizó la siembra directa de forma manual a una distancia de 0,7 x 0,05 m, con una norma de 54 kg ha⁻¹ de semillas, para asegurar al menos, 28 plantas por m². Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas y seis tratamientos (los cultivares), y las parcelas experimentales contaron con un área de 42 m² de superficie (4,2 m x 10 m, 6 surcos por parcela).

Las labores fitotécnicas se realizaron según lo recomendado en el Instructivo Técnico del Cultivo de la Soya (10). Siempre se garantizó que no existiera ningún tipo de limitaciones para las plantas.

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.

Se determinó la superficie foliar y la masa seca total de la parte aérea de las plantas, para lo cual se realizaron muestreos destructivos con una frecuencia entre 10 y 15 días, a partir de los 10 días después de la emergencia (dde) y hasta la cosecha, tomándose 10 plantas al azar por unidad experimental (los surcos centrales, sin afectar el muestreo de cosecha). En el laboratorio, se separaron cada uno de los órganos de las plantas para cuantificar masa seca (g) de hojas, tallos y frutos, y se secaron en una estufa de circulación forzada (WiseVen) a 70 °C durante 72 horas, hasta alcanzar peso constante. La superficie foliar se determinó con un equipo medidor de área foliar (YMJ-B), teniendo en cuenta el factor de corrección del escáner.

Con los datos reales obtenidos, se estableció la dinámica de crecimiento de la masa seca total de la parte aérea y el índice de área foliar, las que se ajustaron a una función matemática Exponencial Polinómica de Segundo Grado. Posteriormente se calculó la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) de la masa seca total de la parte aérea (11). Para determinar el rendimiento agrícola (t ha⁻¹), se cosecharon 8 m² 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, se sometieron a un intervalo de confianza a partir de la desviación estándar, con una probabilidad del 95 % de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de regresión para la descripción e interpretación del crecimiento de los cultivares estudiados, producto del ajuste del índice de área foliar y la masa seca total de la parte aérea, se presentan en la Tabla 3. Como se puede apreciar, en la mayoría de los tratamientos, los coeficientes de determinación (R^2) oscilaron entre 0,98 y 0,99, lo que implica que un elevado porcentaje de la varianza total, se explicó por la varianza de la regresión, y se logró un ajuste satisfactorio, tanto desde el punto de vista matemático como biológico.

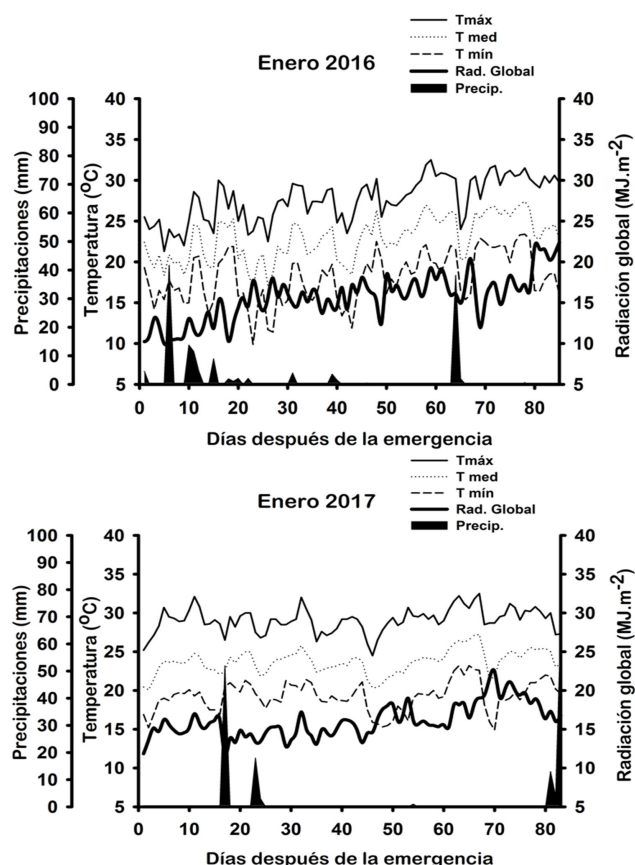


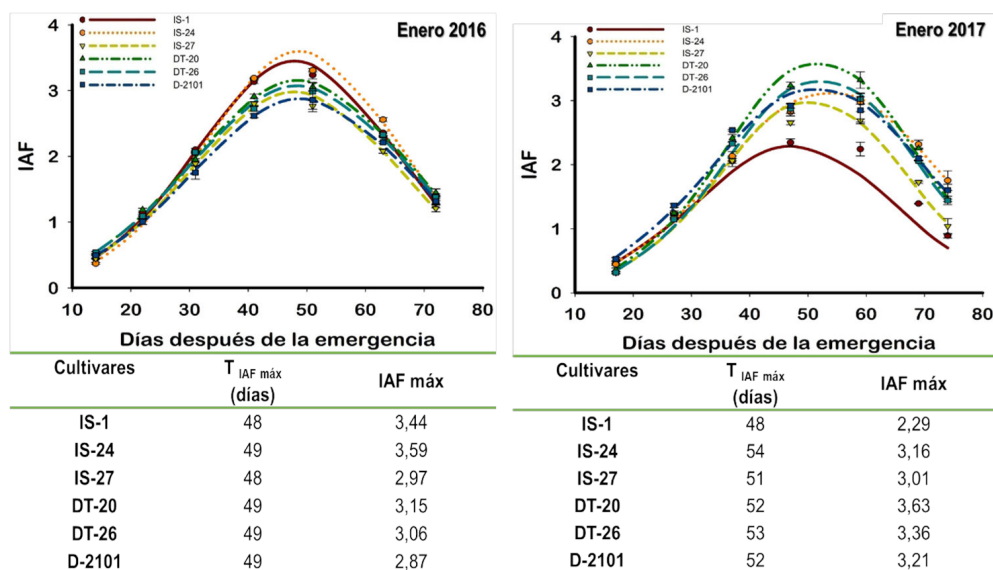
Figura 1. Temperaturas (máxima, media, mínima), radiación solar global y precipitaciones decenales promedio tomadas de la Estación Agrometeorológica de Paso Real de San Diego, durante el período de ejecución de los experimentos.

En la Figura 2 se observa la dinámica del índice de área foliar (IAF) para cada cultivar en los dos años de siembra estudiados. De manera general, el comportamiento del IAF mostró una tendencia al incremento desde el inicio del ciclo hasta llegar a un valor máximo y disminuir posteriormente, como consecuencia de la senescencia de gran parte del follaje. Por otro lado, se evidenció la variación del IAF con la edad del cultivo en las diferentes fechas de siembra y los valores más altos (3,44 y 3,59) en enero 2016, se obtuvieron con los cultivares Incasoy-1 e Incasoy-24, a los 48 y 49 días después de la emergencia (dde), respectivamente. Sin embargo, en la fecha de enero 2017, los cultivares DT-20 y DT-26 sobresalieron con valores de 3,63 y 3,36 a los 52 y 53 dde. En este sentido se conoce, que la superficie foliar reviste gran importancia, pues del desarrollo de ella depende la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, necesaria para la producción de biomasa y el correspondiente aporte al rendimiento (12). No obstante, los valores de IAF alcanzados en este estudio son inferiores a los obtenidos por otros autores quienes informaron valores superiores a 4 (13).

Resalta además, en la figura, la respuesta variable obtenida por el cultivar Incasoy-1, quien a pesar de que alcanzó el IAF máximo en igualdad de tiempo (48 dde), en enero 2016 obtuvo un valor alto de IAF, y en el 2017 registró el valor más bajo de esta variable.

Tabla 3. Ecuaciones y coeficientes de regresión obtenidos en el ajuste del índice de área foliar y la masa seca total de la parte aérea de las plantas de seis cultivares de soya en los dos años estudiados

| Enero 2016 | | | | |
|------------|---|----------------|---|----------------|
| Cultivar | Índice de Área Foliar | R ² | Masa Seca de la parte aérea | R ² |
| INCASoy-1 | $Y = e^{(12.79 + 0.14x - 0.001 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 | $Y = e^{(-4.44 + 0.22x - 0.0018 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| INCASoy-24 | $Y = e^{(0.98 + 0.17x - 0.002 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 | $Y = e^{(-3.14 + 0.17x - 0.0013 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| INCASoy-27 | $Y = e^{(-2.75 + 0.14x - 0.001 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 | $Y = e^{(-3.99 + 0.19x - 0.0015 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| DT-20 | $Y = e^{(-1.82 + 0.11x - 0.001 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 | $Y = e^{(-3.56 + 0.19x - 0.0015 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| DT-26 | $Y = e^{(-2.09 + 0.12x - 0.001 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 | $Y = e^{(-3.01 + 0.15x - 0.0010 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 |
| D-2101 | $Y = e^{(-2.55 + 0.14x - 0.001 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 | $Y = e^{(-4.01 + 0.19x - 0.0014 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| Enero 2017 | | | | |
| Cultivar | Índice de Área Foliar | R ² | Masa Seca de la parte aérea total | R ² |
| INCASoy-1 | $Y = e^{(-3.02 + 0.16x - 0.0016 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 | $Y = e^{(-3.14 + 0.16x - 0.0010 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| INCASoy-24 | $Y = e^{(2.83 + 0.14x - 0.0008 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 | $Y = e^{(-2.83 + 0.14x - 0.0008 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| INCASoy-27 | $Y = e^{(-3.81 + 0.19x - 0.0019 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 | $Y = e^{(-4.75 + 0.20x - 0.0014 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 |
| DT-20 | $Y = e^{(-3.71 + 0.19x - 0.0018 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 | $Y = e^{(-3.70 + 0.18x - 0.0012 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| DT-26 | $Y = e^{(-3.79 + 0.19x - 0.0081 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 | $Y = e^{(-4.33 + 0.21x - 0.0016 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.99 |
| D-2101 | $Y = e^{(-2.73 + 0.15x - 0.0014 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 | $Y = e^{(-2.73 + 0.16x - 0.0011 * 10^{-3}x^2)}$ | 0.98 |



T_{IAFmáx}: tiempo en el que se alcanza el valor máximo del IAF; IAFmáx: valor máximo del IAF

Figura 2. Dinámicas estimadas del índice de área foliar (IAF) de plantas de cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en dos años de siembra en la época poco lluviosa.

Este resultado pudiera ser consecuencia de una mayor sensibilidad de este cultivar al comportamiento de las temperaturas, ya que, en enero de 2016, la media fue superior a los 25° C en el momento que las plantas alcanzaron el IAF máximo y en enero de 2017, estuvo por debajo, lo que pudo influir en el desarrollo foliar de las plantas. Algunos autores resaltan la importancia que se le debe conceder a la temperatura en el crecimiento del

cultivo de la soya (14), a la vez que otros estudios enfatizan sobre el complejo fenómeno de la respuesta del cultivo a diversas condiciones ambientales (15). Por lo que no se debe definir un patrón de comportamiento absoluto, sobre todo cuando se trata de explicar respuestas fisiológicas que dependen, en gran medida, de factores que no pueden ser manejados en condiciones naturales, como la variabilidad ambiental. Por lo tanto, de forma general se debe señalar

que en la fecha de enero 2016 los cultivares origen nacional presentaron un mayor IAF que los vietnamitas; sin embargo, este comportamiento se revirtió en la fecha de enero 2017.

Para los dos años de siembra evaluados, la dinámica de crecimiento de la masa seca total de la parte aérea de las plantas de soja (Figura 3) mostró un comportamiento sigmoide con la edad del cultivo, y generalmente, apareció una disminución de los valores al final del desarrollo de los órganos. En enero 2016, los cultivares alcanzaron el valor máximo entre 63 y 76 dde, mientras que, en la fecha de enero 2017, la mayor acumulación de masa seca osciló entre 71 y 85 dde. Por otra parte, los mayores valores, lo obtuvieron los cultivares en la fecha de enero 2017, los cuales oscilaron entre 18,7 y 28,4 g planta⁻¹.

El cultivar Incasoy-1 presentó, en esta fecha, uno de los valores más altos de masa seca, sin embargo, alcanzó el valor más bajo de IAF, lo cual muestra la eficiencia a la hora de aprovechar la radiación fotosintéticamente activa y convertirla en masa seca, con poca área foliar y un menor tiempo de duración de la misma, en comparación con el resto de los cultivares. Algunos autores refieren que el momento, en el que se alcanza la máxima magnitud de masa seca en el cultivo de la soja, que indica el cese del crecimiento, se presenta de manera general en la fase de R₅-R₆ (etapa de llenado de los granos) (16), aspecto que coincide con los resultados obtenidos en este estudio, por lo que en el caso de la Incasoy-1, el peso de los granos influyó positivamente en los altos valores de masa seca.

Otros estudios con cultivares de soja de diferentes ciclos vegetativo, muestran valores de masa seca entre 12 y 18 g planta⁻¹ (17) y los autores refieren que el desempeño diferencial de los cultivares en relación a la producción de esta variable, en cada etapa de crecimiento, pudiera estar asociado con la composición genética de los mismos. Otros autores aseguran que la acumulación de masa seca en

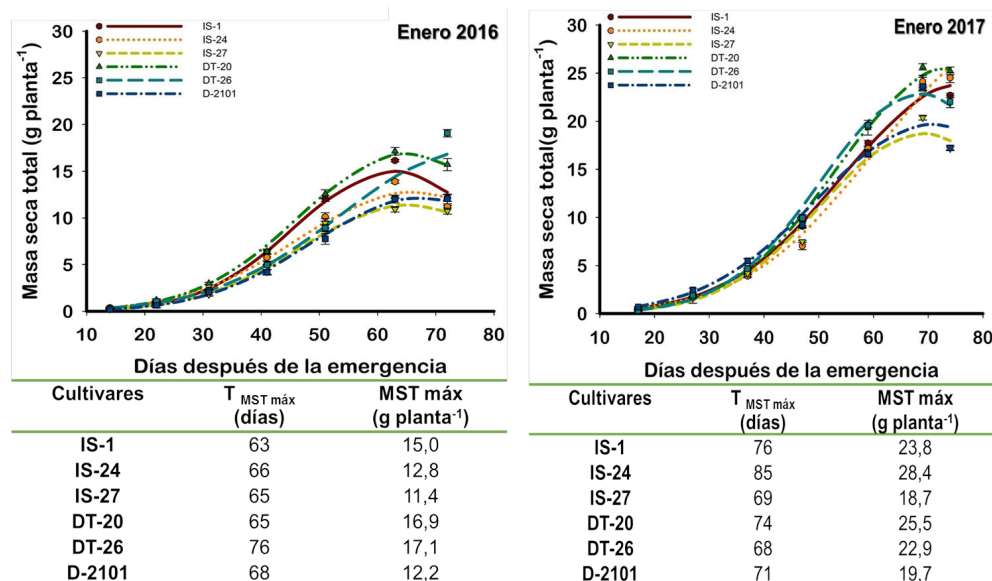
las plantas, es un proceso que, además de los factores internos, gobernado en este caso específico por el balance de la fotosíntesis y la respiración, depende en gran medida también, de los externos, principalmente el ambiente (18).

El resultado obtenido en este estudio muestra una característica común de los cultivares, basado en una acumulación lenta de masa seca durante los primeros 30 dde, seguida de un rápido aumento posterior a la floración, lo cual coincide con los resultados obtenidos en diversos trabajos (19).

La máxima tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la masa seca de los cultivares de soja estudiados, se aprecia en la Figura 4, en ella se evidencian las diferencias entre cultivares, tanto para una misma fecha de siembra, como entre ellas.

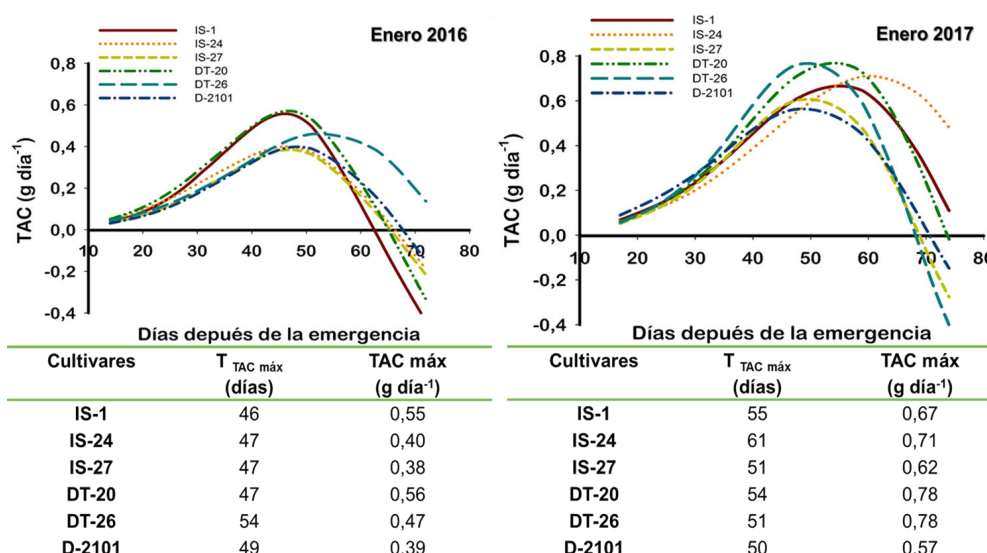
De manera general, en enero 2016, los cultivares mostraron un crecimiento más precoz, a la vez que alcanzaron su máxima velocidad de crecimiento entre los 46 y 54 dde, mientras que, en la fecha de enero 2017, prevaleció entre los 50 y 61 dde. No obstante, es importante destacar el retardo en el crecimiento mostrado por los cultivares DT-26 en la fecha de enero 2016, e Incasoy-24 en enero 2017, donde sus máximas velocidades de crecimiento fueron a los 54 y 61 dde, respectivamente.

Los mayores valores de la TAC se obtuvieron en enero 2017, los cuales oscilaron entre 0,57 y 0,78 g día⁻¹, destacándose en este sentido, con los mayores valores, los cultivares DT-20 y DT-26. Al respecto, algunos trabajos le atribuyen cierta importancia al estudio de la TAC, sobre todo cuando se tiene presente la capacidad de determinado cultivo para producir masa seca, a partir de las diferentes condiciones ambientales prevalecientes (11), mientras que otros la han utilizado para comparar la eficiencia de la aplicación de determinados bioproductos foliares (4).



T_{MST máx}: tiempo en el que se alcanza el valor máximo de la MST; MST máx: valor máximo de la MST

Figura 3. Dinámicas estimadas de la masa seca total de la parte aérea (g planta⁻¹) de plantas de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) en dos años de siembra en la época poco lluviosa.



T_{TAC máx}: tiempo en el que se alcanza el valor máximo de la TAC; TAC máx: valor máximo de la TAC

Figura 4. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la acumulación de masa seca total de la parte aérea (g día⁻¹) de plantas de cultivares de soja (*Glicine max* (L.) Merrill) en dos años de siembra en la época poco lluviosa.

A su vez, el aumento o disminución del periodo de crecimiento provocado por las variaciones en el comportamiento de las condiciones ambientales, en función de la fecha de siembra, puede incidir en el rendimiento (15); sin embargo, alcanzar rendimientos máximos estará en relación directa con una máxima fotosíntesis y que esta ocurra en un tiempo bastante prolongado, por lo que una mayor área foliar y duración de la misma en la etapa reproductiva podría conducir a un rendimiento más alto (5,7). También, la relación entre la acumulación de biomasa total y la producción de granos ha sido demostrada en diferentes estudios en general, y en ausencia de limitaciones para el cultivo, a mayor biomasa mayor rendimiento (19). Todo lo anterior se pone de manifiesto en la Figura 5, donde, generalmente se aprecia que los mayores valores del rendimiento de los cultivares de soja estudiados, coinciden con los mayores valores de IAF y masa seca en ambas fechas de siembra.

En la fecha de siembra de enero 2016 el cultivar DT-26 obtuvo el valor más alto del rendimiento (2,98 t ha⁻¹), aunque sin diferencias significativas con respecto a los cultivares DT-20 y D-2101. Mientras que en enero de 2017 el cultivar DT-20 mostró un valor superior (3,16 t ha⁻¹) al resto de los cultivares sin diferencias significativas con el cultivar D-2101, el cual evidenció en ambas fechas de siembra, su capacidad y eficiencia a la hora de aprovechar los recursos con una menor área foliar y valores bajos de masa seca. Por otro lado, el cultivar Incasoy-1 obtuvo el valor más bajo del rendimiento en ambas fechas de siembra, 1,49 y 1,90 t ha⁻¹ respectivamente, aunque en la fecha donde obtuvo los mayores valores de masa seca, alcanzó un mayor rendimiento. Por lo tanto, estos resultados son consistentes con los obtenidos por otros estudios, donde evidenciaron una vez más que el rendimiento en el cultivo de la soja depende de la producción de área foliar y masa seca (5).

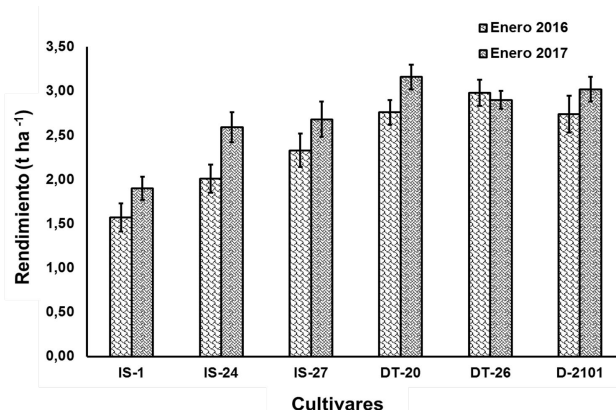


Figura 5. Comportamiento del rendimiento agrícola (t ha⁻¹) al 14 % de humedad del grano de cultivares de soja (*Glicine max* (L.) Merrill), en diferentes años de siembra en la época de frío.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron que se encontró influencia del año de siembra en los diferentes indicadores del crecimiento estudiados, tanto en el valor máximo alcanzado por la variable, como en los momentos en el que se logró el mismo, obteniéndose la mejor respuesta de los cultivares de soja, de forma general, en 2017. Los mayores valores del rendimiento lo alcanzaron los cultivares foráneos, destacándose los cultivares DT-26 y DT-20 en la fecha de enero 2016 y 2017 respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Taiz, L., E. Zeiger, I. M. Moller and A. Murphy. Plant Physiology & Development. 6th ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA; 2014. 756 p. URL: <https://biologywala.com/wp-content/uploads/2021/06/compressed-6th-ed.-Plant-Physiology-by-Lincoln-Taiz-Eduardo-Zeiger-biologywala.com-compressed.pdf>

2. Keating BA, Thorburn PJ. Modelling crops and cropping systems-Evolving purpose, practice and prospects. *European Journal of Agronomy*. 2018; 100: 163-176. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.04.007>
3. Rosário V, do R, Silva AA, da Brito DS, Pereira JD, Silva CO, *et al.* Drought stress during the reproductive stage of two soybean lines. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2020; 55. doi. org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01736. URL: <https://www.scielo.br/j/pab/a/x5kNjTrzcCSNfNVFQsyjfs/?format=pdf&lang=en>
4. Aguilar C, González SV, Juárez P, Alia I, Palemón F, Arenas YR *et al.* Análisis de crecimiento de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) cultivado en invernadero. *Biotechnia*. 2021; 23(2): 113-119. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v23i2.1394>
5. Jan M, Tanaka Y, Sakoda K, Shiraiwa T, Nelson RL. Physiological analysis of leaf photosynthesis of backcross-derived progenies from soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and *G. tomentella* Hayata. *Plant Production Science*. 2020. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1807369>
6. Corassa GM, Telmo JC, Strieder ML, Schwalbert R, Pires JL, Carter PR, *et al.* Tasas óptimas de siembra de soja por rendimiento ambiental en el sur de Brasil. *Agronomy Journal*. 2018;110(6):1-9. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.04.0239>
7. Jo, Kang, Om, Cha, Ri. Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax. *Field Crops Research*. 2022; 275. doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108329. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429021002756>
8. Toledo D, de la Osa Y, Gonzales T, Delgado MA, Hurtado Y. SOYIG-20 y SOYIG-22: nuevas variedades de soya (*Glycine max* L. Merrill) introducidas para las condiciones climáticas de Cuba. *Cultivos Tropicales*. 2020; 41(1). URL: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n1/1819-4087-ctr-41-01-e07.pdf>
9. Hernández AJ, Pérez JMJ, Bosch DI, Castro NS. Clasificación de los suelos de Cuba. 1st ed. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015, 93 p. URL: <https://inca.edicionesescervantes.com/index.php/ediciones/lib>
10. Ortiz HR, Enríquez GA, Nápoles MC, Soto N, Mederos A, González MC. Reseña de la tecnología de producción de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en Cuba. Ediciones INCA. San José las Lajas, Mayabeque; 2023, 156 p. ISBN: 978-959-7258-15-5 URL: https://www.researchgate.net/publication/372133438_Instructivo_tecnico_de_la_soya_en_Cuba_2023
11. Almanza PJ, Tovar YP, Velandia JD. Comportamiento de la biomasa y de las tasas de crecimiento de dos variedades de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Pachavita, Boyacá. *Revista Ciencia y Agricultura*. 2016; 13(1): 67-76. URL: <https://www.redalyc.org/journal/5600/560062814006/html/>
12. Basal O, Szabó A. Physiology and yield of three soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars different in maturity timing as affected by water deficiency. *International Journal of Health and Life-Sciences*. 2018; 4(3): 46-59. <https://doi.org/10.20319/ijhls.2018.43.4659>
13. Anna H, Tommaso S, Michael B, Tobias K, Markus K, Claas N. Future yields of double-cropping systems in the Southern Amazon, Brazil, under climate change and technological development. *Agricultural Systems*. 2020; 177. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102707>
14. Saryoko A, Fukuda Y, Lubis I, Homma K, Shiraiwa T. Physiological activity and biomass production in crop canopy under a tropical environment in soybean cultivars with temperate and tropical origins. *Field Crops Research*. 2018;216:209-16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.012>
15. Hartwell L, Zhanga L, Boote KJ, Hauser BA. Elevated temperature intensity, timing, and duration of exposure affect soybean internode elongation, mainstem node number, and pod number per plant. *The Crop Journal*. 2018; 6: 148-161. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.10.005>
16. Board JE, Kahlon CS. Soybean yield formation: What controls it and how it can be improved. In: El-Shemy HA, editor. *Soybean physiology and biochemistry*. Published by InTech, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia; 2011. p.1-38. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/22761>
17. Malek MA, Mondal MA, Ismail MR, Rafii MY, Berahim Z. Physiology of seed yield in soybean: Growth and dry matter production. *African Journal of Biotechnology*. 2012; 11(30): 7643-7649. <https://doi.org/10.5897/AJB11.3879>
18. Egli DB. Crop growth rate and the establishment of sink size: a comparison of maize and soybean. *Journal of Crop Improvement*. 2019. <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1597797>
19. Monzon JP, Cafaro N, Cerrudo A, Canepa M, Rattalino 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. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108016>