

Influencia de variables meteorológicas en la duración de fases fenológicas en cultivares de soya

Influence of meteorological variables on duration of phenological periods in soybean cultivars

Influência de variáveis meteorológicas na duração das fases fenológicas em cultivares de soja

Osmany Roján Herrera*

Ingeniero Agrónomo, Investigador Agregado, Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Pinar del Río, Cuba, teléf.: 53-48-547120,

 : rojanosmany@gmail.com;  : <https://orcid.org/0000-0002-2998-5021>

Lázaro Alberto Maqueira López

Doctor en Ciencias Agrícolas, Investigador Titular, Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Pinar del Río, Cuba,

 : lalberto@inca.edu.cu;  : <https://orcid.org/0000-0001-6759-0314>

Noraida de Jesús Pérez León

Doctor en Ciencias Agrícolas, Investigador Titular, Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Pinar del Río, Cuba,

 : nory@inca.edu.cu;  : <https://orcid.org/0000-0002-4175-1682>

Miriam Núñez Vázquez

Doctor en Ciencias Agrícolas, Investigador Titular, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

 : mnunez@inca.edu.cu;  : <https://orcid.org/0000-0002-3197-4954>

Para citar este artículo/To reference this article/ Para citar este artigo

Roján Herrera, O., Maqueira López, L. A., Pérez León, N. de J., & Núñez Vázquez M. (2024). Influencia de variables meteorológicas en la duración de fases fenológicas en cultivares de soya. *Avances*, 26(2), 257-270, <http://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/828>

Recibido: 27 de julio de 2023

Aceptado: 28 de febrero de 2024

RESUMEN

Con el objetivo de analizar la influencia que ejercen las variables meteorológicas en la duración de períodos fenológicos en diferentes

cultivares de soya, se desarrolló la presente investigación, en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del

Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Se evaluaron seis cultivares de soya (Incasoy-1, Incasoy-24, Incasoy-27, DT-20, DT-26 y D-2101), los que se sembraron sobre un suelo Gleysol Nodular Ferruginoso Petroférico, en seis fechas diferentes, correspondientes a la "época de invierno". Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos (los cultivares) y cuatro réplicas, donde se evaluó en cada parcela experimental, la duración en días, de períodos fenológicos establecidos (V_e - R_1 , R_1 - R_5 , R_5 - R_7) y del ciclo de los cultivares, así como se registraron las variables meteorológicas: temperatura, fotoperiodo, y radiación solar global. Los resultados mostraron variación entre fechas de siembra y entre cultivares para una misma fecha; el período R_5 - R_7 se caracterizó como el de mayor duración y los cultivares nacionales con el mayor valor, por su parte el cultivar Incasoy-24 mostró el ciclo más largo y los cultivares Incasoy-1 e Incasoy-27 fueron los más precoces, variación que pudo estar asociada a la relación directa que existió entre variables meteorológicas y la duración del ciclo de los cultivares.

Palabras clave: *Glicine max*; fenología; temperatura; fotoperiodo.

ABSTRACT

With the objective of analyzing the influence of meteorological variables over duration of phenological periods in different soybean cultivars, the present 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. Six soybean cultivars (Incasoy-1, Incasoy-24, Incasoy-27, DT-20, DT-26 and D-2101) were evaluated, which were sowing on a Gleysol Nodular Ferruginous Petroferric soil, on six different dates, corresponding to the "winter" season. A randomized block experimental design was used with six treatments (cultivars) and four replicates, where the duration in days of established phenological periods (V_e - R_1 , R_1 - R_5 , R_5 - R_7) was evaluated in each experimental plot and the duration of the cultivar cycle, meteorological variables (temperature,

photoperiod, global solar radiation were also recorded. The results showed variation between sowing dates and between cultivars for the same date; The R_5 - R_7 period was characterized as the longest and the national cultivars had the highest value, while the Incasoy-24 cultivar showed the longest cycle and the Incasoy-1 and Incasoy-27 cultivars were the earliest, variation which could be associated with the direct relationship that existed between meteorological variables and the duration of the cultivar cycle.

Key words: *Glicine max*; phenology; temperature; photoperiod.

RESUMO

Com o objetivo de analisar a influência que as variáveis meteorológicas exercem na duração dos períodos fenológicos em diferentes cultivares de soja, esta pesquisa foi desenvolvida em áreas da Unidade Científica e Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del Río, pertencente ao Instituto Nacional de Ciências Agrárias. Foram avaliadas seis cultivares de soja (Incasoy-1, Incasoy-24, Incasoy-27, DT-20, DT-26 e D-2101), plantadas em solo Gleissolo Nodular Ferruginoso Petroférico, em seis épocas diferentes, correspondentes à "inverno". Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados com seis tratamentos (as cultivares) e quatro repetições, onde foi avaliada a duração em dias dos períodos fenológicos estabelecidos (V_e - R_1 , R_1 - R_5 , R_5 - R_7) em cada parcela experimental das cultivares, bem como foram registradas as variáveis meteorológicas: temperatura, fotoperíodo e radiação solar global. Os resultados mostraram variação entre épocas de semeadura e entre cultivares para uma mesma época; O período R_5 - R_7 foi caracterizado como o mais longo e as cultivares nacionais tiveram o maior valor, enquanto a cultivar Incasoy-24 apresentou o ciclo mais longo e as cultivares Incasoy-1 e Incasoy-27 foram as mais precoces, variação que pode estar associada ao relação direta que existia entre as variáveis meteorológicas e a duração do ciclo da cultivar.

Palavras chave: *Glycine max*; fenologia; temperatura; fotoperíodo.

INTRODUCCIÓN

La fenología, se describe comúnmente como los cambios que se producen en las plantas desde la emergencia hasta la madurez de cosecha, tales como la brotación, floración, desarrollo del fruto, y cómo estos cambios se ven afectados por las condiciones ambientales locales (Parra *et al.*, 2015). Asimismo, el principio y el fin de las etapas fenológicas constituyen buenos indicadores del crecimiento potencial de los cultivos (Kumagai *et al.*, 2020), por lo tanto, el estudio fenológico permite evaluar la adaptabilidad de diferentes especies vegetales a determinadas condiciones del medio, de tal manera que puede permitir su manejo más adecuado y eficiente.

Por otra parte, el proceso morfológico y fisiológico de cada planta es diferente en cualquier etapa de crecimiento de su ciclo de vida, por lo que conocer los factores efectivos que impactan en las fases de las diferentes etapas de crecimiento, es muy importante para obtener el crecimiento potencial y el rendimiento final del cultivo (Vogel *et al.*, 2021). También, los requerimientos de las plantas y su sensibilidad a los factores ambientales son diferentes en cada etapa de desarrollo, lo cual puede variar en cada

cultivar de cualquier especie de cultivo (Mederos & Ortiz, 2021).

En este sentido, el cultivo de la soya (*Glycine max* L. Merrill) es conocida como una planta sensible a los efectos de la temperatura y el fotoperiodo (Nico *et al.*, 2019; Kantolic *et al.*, 2013), sin dejar de obviar el papel que juega la radiación solar en el proceso de síntesis de asimilados (Liu *et al.*, 2021). No obstante, cabe precisar que el desarrollo de este cultivo se define por dos etapas superpuestas, una vegetativa y otra reproductiva, pero cada una de ellas juega un papel fundamental en la formación del rendimiento a través de varios procesos fisiológicos que determinan su valor final (Egli, 2019).

A partir de todo lo anterior, se puede afirmar que el producto final de un cultivo se obtiene del proceso de actividades agrícolas efectuadas durante todo su ciclo de desarrollo, por lo cual es importante conocer su fenología, la posible duración de las fases o etapas, sus problemas potenciales y necesidades, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo analizar la influencia que ejercen variables meteorológicas sobre la duración de períodos fenológicos en diferentes cultivares de soya, en la época de invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo propuesto se desarrollaron experimentos en los meses de Enero y Diciembre de los años 2016 y 2017, así como Enero y Febrero del 2018, correspondientes a la época de siembra de

“invierno”, en condiciones de campo, en la Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios (UCTB-LP), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, situada en la llanura sur de la Provincia de Pinar del Río, a

los 22°44' de latitud Norte y a los 83°45' de latitud Oeste, a 60 m.s.n.m, con pendiente aproximada de 1.

La siembra se realizó de forma manual, a una distancia de 0,70 m entre surcos y 0,05 m entre plantas, con una norma de 54 Kg ha⁻¹ de semilla para asegurar al menos 28 plantas por m², sobre un suelo Gleysol Nodular Ferruginoso Petroférrico según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández, 2015) y dentro de las propiedades que caracterizan su fertilidad se encuentran un 2,72 % de materia orgánica, 20,5 mg 100 g⁻¹ de P₂O₅, 0,23 cmol kg⁻¹ de K⁺ y pH (H₂O) de 6,5.

Los cultivares objeto de estudio proceden de Cuba (Incasoy-1, Incasoy-24, Incasoy-27) y Vietnam (DT-20, DT-26, D-2101), cinco de ellos son de crecimiento determinado y DT-20 de crecimiento semi-determinado. Solo, para Incasoy-1, se recomienda su siembra en las tres épocas establecidas para el cultivo en Cuba ("invierno", "primavera", "verano"), el resto son todas recomendadas para verano, además Incasoy-24 e Incasoy-27 también para primavera y las vietnamitas para invierno (Van, 2015).

El diseño experimental empleado fue de bloques al azar con 6 tratamientos (los cultivares) y cuatro réplicas. Las parcelas experimentales contaron con un área total de 42 m² (4,2 m x 10 m, 6 surcos por parcela) para todas las fechas de siembra evaluadas. Las labores fitotécnicas del cultivo se realizaron según lo recomendado en el Manual

Técnico del Cultivo de la Soya (Esquivel, 1997).

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. Para el fotoperiodo, se utilizaron los valores de la duración del día por meses en Cuba según lo informado por Esquivel (1997).

El seguimiento fenológico se evaluó mediante la escala desarrollada por Fehr *et al.* (1971), que describe los estadios externos vegetativos y reproductivos, para ello, en cada parcela experimental, se registró la duración en días de todas las fases comprendidas dentro de las dos etapas fenológicas del cultivo (vegetativa y reproductiva). Para la etapa vegetativa fueron considerados los días transcurridos desde la emergencia hasta inicio de floración, así como para la reproductiva, desde inicio de floración hasta la madurez del grano. Las observaciones se realizaron en un intervalo de tres días y la fecha de ocurrencia de cada fase se registró cuando el 50 % de las plantas, en cada parcela experimental, alcanzaron las características descritas en la escala.

Para el análisis de los datos obtenidos, el ciclo del cultivo fue dividido en tres fases: V_e-R_1 , que abarca desde la emergencia hasta el inicio de floración; R_1-R_5 , fase reproductiva temprana, en la cual se establecen la mayoría de las vainas y comienza el llenado de los granos, y la tercera fase R_5-R_7 , de llenado de los granos y comienzo de la madurez fisiológica. También se calculó el ciclo del cultivo mediante la sumatoria de la duración de cada una de las fases. Para determinar la influencia de variables meteorológicas en la duración de las diferentes etapas y fases fenológicas, se tomaron los datos del comportamiento de la temperatura máxima, media y mínima, la radiación solar global y el fotoperiodo diario, y se relacionaron con cada uno de las fases evaluadas (V_e-R_1 , R_1-R_5 , R_5-

R_7) y el ciclo del cultivo en general, para todas las fechas de siembra estudiadas.

Las medias de las variables evaluadas por cultivar y fecha de siembra, se sometieron a un análisis de varianza simple, y las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey al 95 %. A la media de la duración en días, de las diferentes fases y el ciclo del cultivo en general, por cultivar y fecha de siembra, se les determinó un intervalo de confianza a partir del error experimental producto del análisis de varianza realizado, representado este análisis, en todos los casos, en forma de rango.

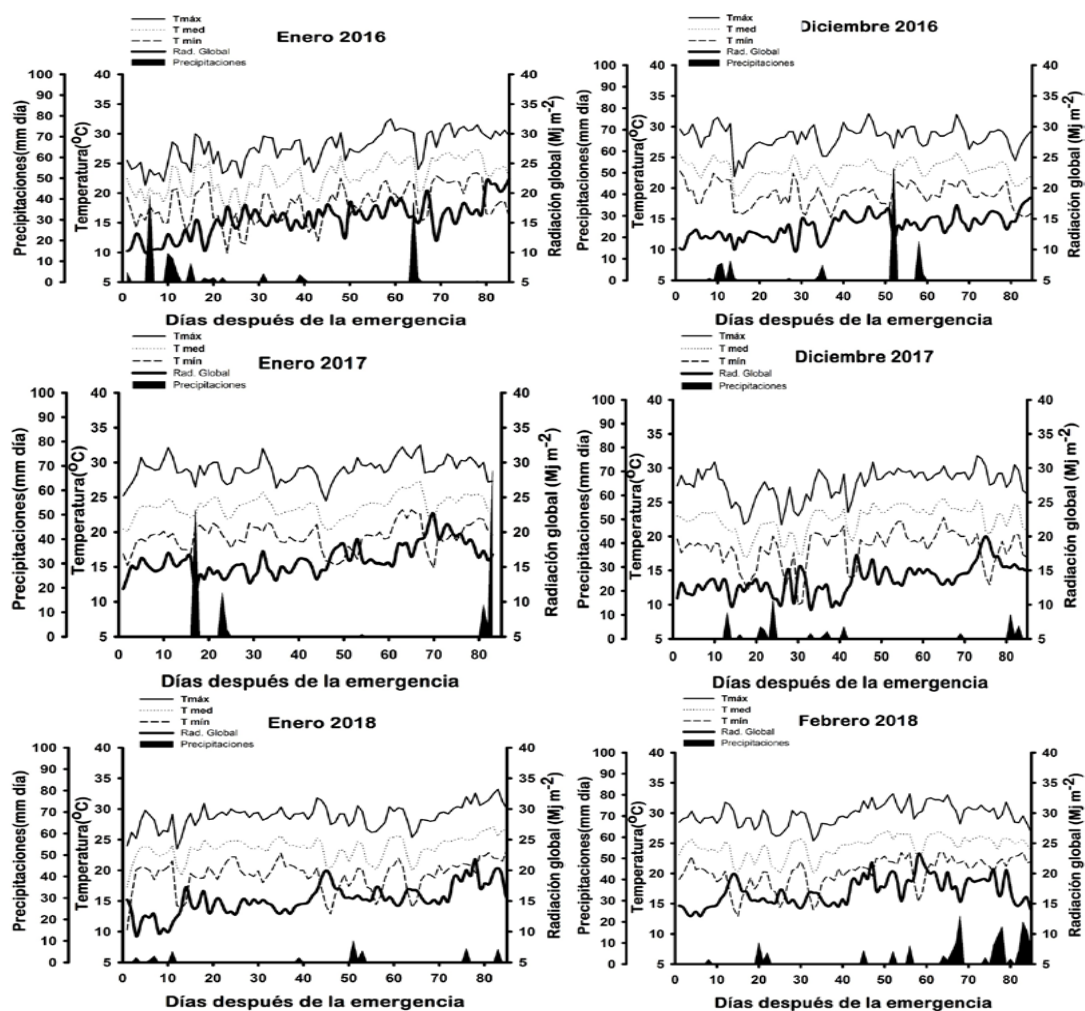


Figura 1. Temperaturas (máxima, media, mínima), radiación solar global y precipitaciones decenales promedio tomadas de la Estación Agrometeorológica de Paso Real de San Diego, durante el período de ejecución de los experimentos.

También se construyó una matriz de datos; 1) cultivares, fechas de siembra, fases fenológicas, temperatura, fotoperíodo, radiación solar, la cual se procesó por la

técnica multivariada de Componentes Principales. Se empleó el programa estadístico (STATGRAPHICS® Plus, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La duración de las tres fases evaluadas y el ciclo, de seis cultivares de soja en

diferentes fechas de siembra en la “época de invierno” mostró que, de manera general, la

fase R₅-R₇ que corresponde al llenado de los granos fue la más larga y los cultivares nacionales mostraron los mayores valores que

oscilaron entre 27,5 y 39,6 días. Los cultivares vietnamitas oscilaron entre 28,1 y 34,7 (Tabla 1).

Tabla 1. Duración de las tres fases evaluadas y el ciclo (días) de seis cultivares de soya en diferentes fechas de siembra en la "época de invierno".

Enero 2016				
Cultivares	V_e-R₁	R₁-R₅	R₅-R₇	Ciclo
Incasoy-1	23,0-19,4	23,7-21,7	36,6-34,8	80,4-78,9
Incasoy-24	29,4-25,8	17,0-15,0	39,6-37,8	83,3-81,9
Incasoy-27	24,5-20,9	21,6-19,6	36,4-34,6	80,4-78,9
DT-20	32,4-28,8	19,2-17,2	34,5-32,7	83,3-81,9
DT-26	32,0-28,4	19,6-17,6	34,6-32,8	83,7-82,2
D-2101	32,0-28,4	20,3-18,3	34,6-32,8	83,7-82,2
Esx.	0,93	0,51	0,45	0,36
Diciembre 2016				
Incasoy-1	22,3-18,9	24,2-22,4	35,2-33,4	79,3-76,7
Incasoy-24	27,9-24,5	21,6-19,8	37,1-35,3	83,9-81,3
Incasoy-27	24,2-20,8	22,6-20,8	34,2-32,4	79,5-76,9
DT-20	32,7-29,3	18,5-16,7	29,9-28,1	79,3-76,7
DT-26	30,0-26,6	20,1-18,3	29,9-28,1	77,0-74,4
D-2101	29,7-26,3	19,5-17,7	27,6-25,8	75,6-73,0
Esx.	0,85	0,47	0,47	0,64
Enero 2017				
Incasoy-1	22,1-18,3	21,3-20,1	36,9-34,5	78,1-75,9
Incasoy-24	25,9-22,1	21,6-20,4	35,5-33,1	79,8-77,6
Incasoy-27	22,1-18,3	21,3-20,1	37,2-34,8	78,4-76,2
DT-20	30,6-26,8	23,6-22,4	31,9-29,5	82,4-80,2
DT-26	31,2-27,4	19,8-18,6	31,9-29,5	79,7-77,5
D-2101	31,5-27,7	19,9-18,7	34,7-32,3	84,4-82,2
Esx.	0,97	0,31	0,61	0,55
Diciembre 2017				
Incasoy-1	24,6-21,4	32,1-29,3	34,0-32,4	87,3-86,1
Incasoy-24	31,2-28,0	25,1-22,3	36,5-34,9	90,2-89,0
Incasoy-27	24,3-21,1	32,1-29,3	34,0-32,4	87,8-86,6
DT-20	31,8-28,6	26,9-24,1	31,1-29,5	86,9-85,7
DT-26	31,6-28,4	25,7-22,9	33,8-32,2	87,8-86,6
D-2101	30,3-27,1	27,4-24,6	31,8-30,2	86,9-85,7
Esx.	0,80	0,70	0,42	0,30
Enero 2018				
Incasoy-1	25,7-22,3	22,6-20,0	37,2-34,8	82,6-79,8
Incasoy-24	32,4-29,0	26,5-23,9	32,9-30,5	89,1-86,3
Incasoy-27	25,4-22,0	29,0-26,4	29,9-27,5	82,6-79,8
DT-20	34,3-30,9	24,0-21,4	32,9-30,5	89,1-86,3
DT-26	32,4-29,0	22,3-19,7	33,8-31,4	86,6-83,8
D-2101	32,1-29,0	22,0-19,4	30,2-27,8	82,7-79,9
Esx.	0,86	0,64	0,60	0,71
Febrero 2018				
Incasoy-1	26,3-23,1	24,3-23,1	33,9-32,1	84,2-80,4
Incasoy-24	33,2-30,0	24,3-23,1	36,9-35,1	94,1-90,3
Incasoy-27	26,6-23,4	24,2-23,0	33,6-31,8	84,2-80,4
DT-20	34,3-31,1	26,1-24,9	32,9-31,1	92,6-88,8
DT-26	33,6-30,1	23,2-22,0	31,1-29,3	86,5-82,7
D-2101	33,3-30,1	26,2-25,0	31,1-29,3	90,1-86,3
Esx.	0,83	0,29	0,46	0,96

En este sentido, algunos autores plantean que la duración de la etapa

reproductiva, fundamentalmente, la fase de llenado de los granos se asocia con un mayor

rendimiento de granos en soya (Kantolic *et al.*, 2013), debido a que de esta forma, se puede crear cierta fortaleza en el sitio fuente, con suficientes fotosintatos para traslocar a legumbres y granos (Monzón *et al.*, 2021).

Por otro lado, la fase comprendida entre el inicio de la floración e inicio del llenado de los granos (R_1 - R_5), generalmente fue el de menor duración, a la vez que los cultivares Incasoy-1 e Incasoy-27 mostraron los mayores valores en la mayoría de las fechas de siembra, excepto en la fecha de febrero del 2018, donde fueron superados por los cultivares DT-20 y D-2101. Estudios relacionados con la influencia de la fecha de siembra sobre la fenología de cultivares de soya de diferentes grupos de madurez, muestran la relación directa que existe entre la duración de cada etapa y fase de desarrollo con determinadas variables meteorológicas, fundamentalmente, la temperatura y el fotoperiodo (Nleya *et al.*, 2020; Veas *et al.*, 2021), aspectos que pudieron incidir en la respuesta de los cultivares en la duración del período R_1 - R_5 en la fecha de febrero del 2018.

En este sentido, cuando se trata de definir una respuesta fenológica en función del cultivar y la fecha de siembra a emplear, es difícil lograr un comportamiento estable, sobre todo si se tiene en cuenta la variabilidad ambiental que se presenta en las diferentes épocas de siembra establecidas para este cultivo. Otros investigadores referencian la importancia de la fase R_1 - R_5 como la principal determinante del número de granos (Wei & Molin, 2020).

En la fase de emergencia a inicio de la floración ($Ve-R_1$), se aprecia una mayor variabilidad entre cultivares y fechas de siembra, así como la duración fue mayor en la fecha de febrero del 2018, para la mayoría de los cultivares. El cultivar Incasoy-1 se desempeñó con el período más corto en todas las fechas de siembra, con valores entre 20 y 24 días, seguido por el cultivar Incasoy-27 que mostró valores entre 20 y 27 días a floración. El resto de los cultivares evidenciaron valores superiores y una mayor variabilidad, sobre todo entre fechas, destacándose el cultivar DT-20 con los valores más altos, superior a los 29 días. Estudios previos en la provincia de Granma, mostraron que los cultivares nacionales Incasoy-1 e Incasoy-27, alcanzaron el inicio de floración a los 29 días después de la emergencia del cultivo, cuando fueron sembrados en invierno (Molinet & Lescay, 2021). Sin embargo, en una experiencia desarrollada por Alemán *et al.* (2005) en una fecha de siembra correspondiente a esta época, se encontró que los cultivares Incasoy-24 e Incasoy-27 presentaron una duración a inicio de floración de 38 y 40 días, respectivamente.

Con respecto a la duración del ciclo, en la mayoría de las fechas de siembra, el cultivar Incasoy-24 mostró el mayor valor, excepto en las fechas de enero del 2016 y 2017, donde fue superado por los cultivares foráneos, lo cual pudiera estar relacionado con el comportamiento de las diferentes variables meteorológicas y las características genéticas del cultivar. Los cultivares Incasoy-1 e Incasoy-27 se comportaron como los más

precoces en todas las fechas de siembra analizadas, con valores que oscilaron entre los 76 y 90 días. En este sentido, otros autores informaron, como precoz, al cultivar Incasoy-24 cuando fue comparado con Incasoy-27 y otros cultivares foráneos sembrados en invierno, con una duración de 89 días (Aleján *et al.*, 2005). Resultados más recientes, destacan a los cultivares Incasoy-1 e Incasoy-27 como precoces, sin diferencias estadísticamente significativas con respecto al cultivar Incasoy-24, cuando fueron comparadas con otros cultivares foráneos (Molinet & Lescay, 2021). Algunos autores plantean que, bajo las condiciones de Cuba, son considerados como precoces, los cultivares que presentan una duración hasta la floración masiva entre 36 y 46 días, y los que tardan más de 46 días para florecer, se consideran como tardíos, no obstante, las condiciones ambientales existentes en un determinado período pueden acercar o alejar las diferencias en cuanto a la duración del ciclo, debido a que el desarrollo de un cultivar es condicionado por alteraciones en el orden bioquímico fisiológico que presenta el genotipo en función de su interacción con el ambiente (Lescay *et al.*, 2018).

La influencia de las variables meteorológicas es una de las principales fuerzas impulsoras para definir las diferentes etapas fenológicas por las que transita el cultivo, sobre la base condicional de que, la duración de cada una de estas etapas explica parcialmente la generación y la variación de los componentes morfológicos del rendimiento. De ahí que, al analizar el grado

de asociación entre estas variables y la duración en días en cada uno de las fases fenológicas estudiadas, para las seis fechas de siembra, de manera general se apreciaron diferencias entre ellas (Figura 2).

La asociación más positiva con la duración del período V_e-R_1 (Figura 2 A) estuvo dada por el fotoperiodo, el cual es considerado por muchos autores como el que influye directamente en el desarrollo fenológico de la soya, fundamentalmente en la inducción floral (Kumagai *et al.*, 2019). También, Nico *et al.* (2019), resaltan la respuesta de la soya al fotoperiodo y su importancia en la duración de determinadas fases fenológicas relacionadas con la formación del rendimiento. La asociación obtenida y la influencia de esta variable meteorológica en el desarrollo fenológico de la soya podría ser una de las causas por la cual, los cultivares en este estudio, mostraron una variabilidad en la duración del período V_e-R_1 entre fechas de siembra, basadas en la fotosensibilidad de cada uno de ellos.

Al respecto, otros autores demostraron la sensibilidad de cultivares de soya a los días cortos, además, enfatizaron que esta respuesta está en función de la época y fecha de siembra a emplear, así como las características de cada cultivar, sobre todo al grupo de madurez al cual pertenecen (López *et al.*, 2021). Otros estudios relacionan fotoperiodos cortos con el número de granos por planta, los cuales mencionan que, aunque se obtiene un menor número de granos, debido a una menor producción de nudos,

estos mantienen una mejor calidad (Basal & Szabó, 2018).

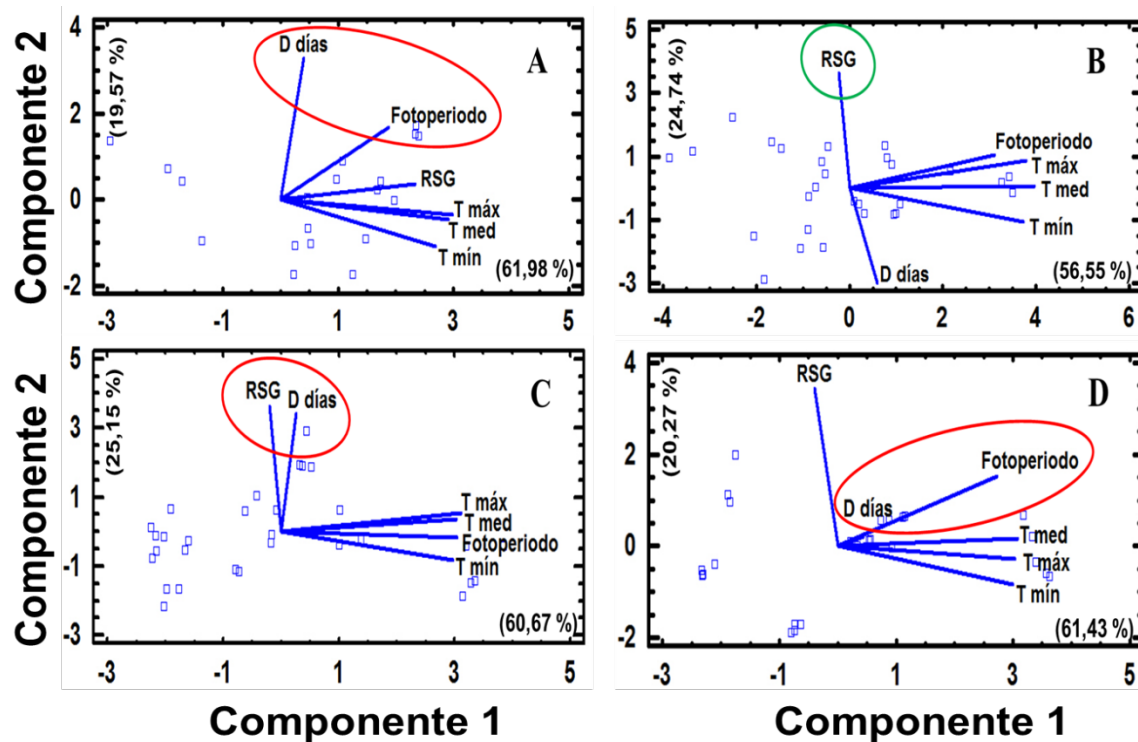


Figura 2. Asociación de las variables meteorológicas estudiadas con la duración en días de los cultivares de soya en cada una de las fases evaluadas en las seis fechas de siembra correspondiente a la “época de invierno”. **Leyenda:** (A) “Ve-R1”, (B) “R1-R5”, (C) “R5-R7”, (D) “Ciclo”. D días: Duración en días (días). RSG: Radiación solar global (MJ m^{-2}). T mín: Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$). T med: Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$). T máx: Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$). Fotoperiodo (horas/luz).

Sin embargo, en la fase R₁-R₅ (Figura 2 B) no hubo una asociación directa de las variables analizadas con la duración, aunque cabe resaltar la relación inversa de ésta con la radiación solar global, variable que manifestó una fuerte asociación con la duración de la fase R₅-R₇ (Figura 2 C). En este sentido, algunos autores vinculan esta relación, a las variaciones del rendimiento y sus principales componentes, ya que la radiación solar se relaciona con los cambios en la disponibilidad de asimilados después del comienzo de la floración (Kantolic *et al.*, 2013). También, otros estudios determinaron la influencia directa de la radiación solar sobre la formación del rendimiento en el cultivo de la soya de

diferentes grupos de maduración, a partir de la eficiencia del uso de la radiación, a través de la radiación fotosintéticamente absorbida por el cultivo (Rattalino *et al.*, 2020). No obstante, cuando se analizó la duración del ciclo (Figura 2 D), quedó resuelto que, bajo las condiciones de este estudio, el fotoperiodo manifestó una relación positiva y directa, lo que demuestra, la fotosensibilidad, a los días cortos, de los cultivares estudiados.

Diversos estudios acerca de la fotosensibilidad de cultivares de soya, han demostrado que no sólo se le debe prestar importancia a la etapa prefloración, sino también hay que considerar su influencia en la etapa posfloración, debido a la capacidad de

este elemento agrometeorológico para variar la duración de las fases en función de la limitación en el aprovechamiento de determinados recursos necesarios para la planta, como es el caso de la radiación solar (Nico *et al.*, 2016). Estudios previos en Cuba,

CONCLUSIONES

En la época de invierno, la duración de las fases fenológicas del cultivo de la soya varía entre cultivares para una misma fecha de siembra y entre fechas. De manera general, la fase R₅-R₇ tiene una mayor duración, destacándose los cultivares nacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alemán, R., Chacón, A., Barreda, A., Fleites, A., Quiñones, R., Rodríguez, R., & Rodríguez, G. (2005). Estudio de nuevas variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en siembras de invierno en suelos pardos con carbonatos. *Centro Agrícola*, 32(2), 35-39,

https://www.researchgate.net/publication/277004718_Estudio_de_nuevas_variedades_de_soya_Glycine_max_L_Merrill_en_siembras_de_invierno_en_suelos_pardos_con_carbonatos

Basal, O., & Szabó, A. (2018). 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*, 4(3), 46-59,

resaltan que la duración del día causó más variabilidad de las fases, en la etapa reproductiva de cultivares nacionales, con una tendencia a acortarse en la "época de invierno" (Chacón *et al.*, 2009).

El cultivar Incasoy-24 presenta el mayor ciclo, mientras que Incasoy-1 e Incasoy-27 resultan los más precoces en todas las fechas de siembra analizadas.

Existe una fuerte asociación del fotoperiodo con la fase V_e-R₁ y con la duración del ciclo de los cultivares.

<https://doi.org/10.20319/lijhls.2018.4.3.4659>

Chacón, A., Alemán, R., Barreda, A., Colás, A., Rodríguez, G., & Cardoso, S. (2009). Influencia de la época de siembra sobre el crecimiento y desarrollo de tres cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merr.). *Centro Agrícola*, 36(1), 33-39.

Egli, B. (2019). Tasa de crecimiento de cultivos y establecimiento del tamaño del sumidero: una comparación de maíz y soya. *Journal of Crop Improvement*, 33(3), 346-362, <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1597797>

Esquivel, M.A. (1997). El cultivo y utilización de la soya en Cuba. Manual Técnico. Asociación Cubana de Producción Animal, p. 56.

- Fehr, W., Cavines, C., Burmood, D., & Pennington, J. (1971). Stage of development descriptions for soybeans, (*Glycine max* (L.) Merrill). *Crop Science*, 11(1), 929-931, <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>
- Hernández, A.J., Pérez, J.M.J., Bosch, D.I., & Castro, N.S. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. 1st ed. Mayabeque, Cuba: *Ediciones INCA*, p.93.
- Kantolic, A.G., Peralta, G.E., & Slafer, G.A. (2013). Seed number responses to extended photoperiod and shading during reproductive stages in indeterminate soybean. *European Journal of Agronomy*, 51, 91-100, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.07.006>
- Kumagai, E., Yamada, T., & Hasegawa, T. (2020). Is the yield change due to warming affected by photoperiod sensitivity? Effects of the soybean *E4* locus. *Food and Energy Security*, 186(1), 1-13, <https://doi.org/10.1002/fes3.186>
- Lescay, E., Vázquez, Y., & Celeiro, F. (2018). Características fenológicas y productivas de cinco cultivares de soya en época lluviosa. *Centro Agrícola*, 45(2), 34-39, <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n2/cag05218.pdf>
- Liu, J., Fernie, A. R., & Yan, J. (2021). Crop breeding - From experience-based selection to precision design. *J. Plant Physiol*, 256, <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153313>
- López, M.A., Freitas, F., & Martín, K. (2021). Genetic relationships among physiological processes, phenology, and grain yield offer an insight into the development of new cultivars in soybean (*Glycine max* L. Merr). *Frontiers in Plant Science*, 12, 1-14, <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.651241>
- Mederos, A., & Ortiz, R. (2021). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L) Merrill). *Cultivos Tropicales*, 42(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000100010
- Molinet, D., & 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). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000300002
- Monzón, J.P., Cafaro, N., Cerrudo, A., Canepa, M., Rattalino, J.I., Specht, J., & Andrade, F.H. (2021). Critical period for seed number determination in soybean as determined by crop growth rate, duration, and dry matter accumulation. *Field Crops Research*, 261, 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108016>

- Nico, M., Mantese, A.I., Miralles, D.J., & Kantolic, A.G. (2016). Soybean fruit development and set at the node level under combined photoperiod and radiation conditions. *Journal of Experimental Botany*, 67, 365-377, <https://doi.org/10.1093/jxb/erv475>
- Nico, M., Miralles, D.J., & Kantolic, A.G. (2019). Natural post-flowering photoperiod and photoperiod sensitivity: Roles in yield determining processes in soybean. *Field Crops Research*, 231, 141-152, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.019>
- Nleya, T., Schutte, M., Clay, D., Reicks, G., & Mueller, N. (2020). Planting date, cultivar, seed treatment, and seeding rate effects on soybean growth and yield. *Agrosystems Geosciences Environmental*, 3, <https://doi.org/10.1002/agg2.20045>
- Parra, A., Fischer, G., & Chaves, B. (2015). Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). *Acta Biológica Colombiana*, 20(1), 163-173, <https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.42756>
- Rattalino, J. I., Mourtzinis, S., Azzari, G., Andrade, J. F., Conley, S. P., Lobell, D., Spechta, J.E., & Grassini, P. (2020). From sunlight to seed: assessing limits to solar radiation capture and conversion in agro-ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 280, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107775>
- Statistical Graphics Crop. (2000). STATGRAPHICS® Plus [en línea]. (ser. Profesional), versión 5.1, [Windows], <http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>
- Van, B.N., Vinh, T.L., Alemán, M.L., Hernández, B.G., & Thi, V.T. (2015). La colaboración en el cultivo de arroz, maíz, soya Vietnam-Cuba: Resultados y perspectivas. 1sted. Hanoi, Vietnam: Casa editorial de agricultura, p. 198.
- Veas, R., Ergo, V., Vega, C., Lascano, R., Rondanini, D., & Carrera, C. (2021). Soybean seed growth dynamics exposed to heat and water stress during the filling period under field conditions. *Journal Agronomic Crop Science*, 1-14, <https://doi.org/10.1111/jac.12523>
- Vogel, J., Liu, W., Olhott, P., Crafts, S., Pennycooke, J., & Christiansen, N. (2021). Soybean yield formation physiology – A Foundation for precision breeding based improvement. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.719706>
- Wei, M. C. F., & Molin, J. P. (2020). Soybean yield estimation and its components: a linear regression approach. *Agriculture*, 10(8), <https://doi.org/10.3390/agriculture10080348>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Rojan Herrera, O.: conceptualización de la investigación, revisión bibliográfica, aplicación de metodología, redacción de manuscrito.

Maqueira López, L. A.: diseño metodológico, revisión bibliográfica, análisis de información, asesoría.

Pérez León, N. de J.: metodología, análisis estadístico, revisión de manuscrito.

Núñez Vázquez, M.: procesamiento de datos, análisis estadístico, revisión y ajuste.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses para la publicación de este artículo.

Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license