



Estimación de la huella hídrica en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill)

Water footprint estimation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivation

^{ID}José Miguel Dell'Amico Rodríguez*, ^{ID}Donaldo Medardo Morales Guevara, ^{ID}Yanitza Meriño Hernández, ^{ID}Eduardo Iván Jerez Mompíe, ^{ID}Betty Leidys González Pérez

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Carretera a Tapaste, km 3/2, San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba. Gaveta postal N° 1, CP 32700

RESUMEN: La huella hídrica (HH) de un producto o servicio se define como, la cantidad de agua total empleada a través de todo el proceso productivo. Particularmente, en los productos del agro, la mayor cantidad de agua corresponde a la empleada mediante el riego, es por ello que su cuantificación tiene gran importancia como vía para lograr mayor conciencia social de su uso y protección de los recursos hídricos. La soya, es un cultivo importante como fuente de proteína y aceite de alta calidad. Además, por su capacidad biológica de fijación de nitrógeno (BFN), es un cultivo significativo para reducir la aplicación de fertilizantes de Nitrógeno (N) y mantener un alto rendimiento. Con el objetivo de estimar la HH del cultivo, se realizó un experimento en el Área Central del INCA y para ello se sembró un área de 1,8 ha con el cultivar CIGB-CC6 con una densidad de siembra de 240 000 plantas por ha. Para el cálculo de los requerimientos de riego y de lluvia efectiva se utilizó el programa CropWat 8.0. Se estimaron los componentes verde, azul y gris de la HH bajo estas condiciones de riego y cultivo. Entre los principales resultados se señala, que el rendimiento que se obtuvo, 1380 Kg ha⁻¹ se considera relativamente bajo y existió una mayor dependencia del aporte por riego que por lluvia. La estimación de la huella hídrica para el cultivo de la soya fue de un total de 3,581 m³ kg⁻¹.

Palabras claves: Riego, rendimiento, evapotranspiración, lluvia efectiva.

ABSTRACT: The water footprint (WF) of a product or service is defined as the total amount of water used throughout the entire production process. Particularly in agricultural products, the largest amount of water is used for irrigation; therefore, quantifying it is crucial for raising public awareness about water use and protecting water resources. Soybeans are an important crop as a source of high-quality protein and oil. Furthermore, due to their biological nitrogen fixation capacity (BNF), they are a significant crop for reducing the application of nitrogen (N) fertilizers while maintaining high yields. To estimate the water footprint (WF) of the crop, an experiment was conducted in the Central Area of INCA (National Institute of Agricultural Science). Were planted 1.8 ha with the CIGB-CC6 cultivar at planting density of 240 000 plants per ha. The CropWat 8.0 program was used to calculate irrigation and effective rainfall requirements. The green, blue, and gray components of the WF were estimated under these irrigation and cultivation conditions. Among the main results, it was noted that the yield obtained, 1380 kg ha⁻¹, is considered relatively low, and there was a greater dependence on irrigation than on rainfall. The estimated water footprint for the soybean crop was 3.581 m³ kg⁻¹.

Key words: Irrigation, yield, evapotranspiration, effective rain.

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

Recibido: 13/07/2025

Aceptado: 08/11/2025

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

Contribución de los autores: **Conceptualización:** José M. Dell'Amico, Donaldo Morales. **Investigación:** José M. Dell'Amico, Donaldo Morales, Eduardo Jerez y Betty Leydis González. **Supervisión:** Yanitza Meriño. **Escritura del Borrador:** José M. Dell'Amico. **Escritura y edición final:** José M. Dell'Amico y Yanitza Meriño. **Curación de datos:** Donaldo Morales y Betty Leydis González.

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

Actualmente el planeta se encuentra en una grave crisis ambiental y dentro de esta, ocupa un lugar especial la del agua. Este recurso es fundamental para la existencia de la vida en el planeta, y aunque se piensa que hay en demasía, la realidad es que sólo una pequeña parte de toda el agua puede utilizarse para el uso y consumo humano. Así que, la idea de que es abundante, se considera totalmente equivocada (1).

Indudablemente el agua constituye un recurso valioso, muy demandado y desafortunadamente escaso, por lo que debe ser protegido conscientemente. Sin embargo, por lo general es sobreexplotado y utilizado de forma indiscriminada, convirtiéndose su escasez en un problema a nivel mundial (2, 3).

La agricultura es la actividad humana que más agua dulce utiliza a nivel global. Se espera que la competencia por los recursos hídricos siga aumentando, así como el uso consuntivo en el sector agrícola para atender las necesidades alimenticias crecientes de la población (4).

Con el objetivo de crear conciencia social y de analizar la relación existente entre los hábitos de consumo humano y su impacto sobre los recursos naturales (5), define el concepto de 'huella hídrica (HH)', como un método de evaluación de la utilización eficiente de las fuentes de agua para el desarrollo de mejores prácticas de manejo del agua en la agricultura, valorando la utilización eficiente de este recurso en la producción agrícola (6). Este método ha sido utilizado en diferentes cultivos a nivel mundial, sin embargo, en nuestro país existen escasos resultados relacionados con esta temática.

Por su parte, la soya, es un cultivo, de alta demanda en Cuba por su valor nutritivo, contenido proteico y de aceite de alta calidad (7). Además, por su capacidad biológica de (BFN), es un cultivo significativo para reducir la aplicación de fertilizantes de Nitrógeno (N) y mantener un alto rendimiento en el sistema de rotación de cultivos (8).

A pesar del potencial productivo de la soya, cabe destacar que, el estrés hídrico disminuye considerablemente el rendimiento, restringe el crecimiento de las vainas y el número y tamaño de las semillas (9); además, acorta el llenado del grano (10) y afecta negativamente la calidad de las semillas (9). También (11) reportan que influye negativamente tanto en el rendimiento, como en los componentes químicos de las hojas y las semillas.

Por tanto, establecer una estrategia de riego inadecuada para el cultivo de la soya, puede reducir considerablemente el rendimiento y un mal empleo del recurso hídrico. Además, reducir la calidad de los granos al afectar negativamente su composición química (12).

Atendiendo a lo antes expuesto, el objetivo del trabajo consistió en estimar la Huella hídrica del cultivo de la Soya en condiciones de campo en una finca de experimentación agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una finca de experimentación agrícola de 110 hectáreas de superficie, ubicada geográficamente a 22°58'00"N y 82°09'00"O a 130 m s.n.m, perteneciente al Departamento de Servicios Agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ubicada en el término municipal de San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

Para la realización del trabajo se sembraron 1,8 ha de soya en enero de 2024 en un suelo clasificado como Ferralítico Rojo compactado (13). El cultivar empleado fue el CIGB-CC6 con una densidad de siembra de 240 000 plantas por hectárea y se aplicó una fertilización de fondo de 350 Kg ha⁻¹ de la formula completa 12-12-17-5.

El clima de la zona se comportó, con lluvias como promedio decenal de 16 mm y una pluviometría media anual de 1623 mm. La evapotranspiración de referencia (ET_o) fue de unos 1875 mm anuales. La Tabla 1, muestra los datos climáticos registrados durante el período de ensayo. El ciclo de cultivo tuvo una duración de 85 días, y la evapotranspiración de referencia (ET_o) acumulada a lo largo del tiempo del cultivo fue de 455 mm.

La estimación de la huella hídrica del cultivo se realizó mediante el siguiente procedimiento:

Para el cálculo de las huellas azul y verde se empleó el modelo CROPWAT 8.0, (14), este calcula las necesidades de agua de los cultivos usando información climática, edáfica y fenológica y está basado en las metodologías descritas en los boletines 24, 33 y 56 de la serie FAO Riego y Drenaje.

Los riegos consistieron en la reposición de la evapotranspiración estándar del cultivo a intervalos de seis (6) días. La evapotranspiración de referencia ET_o (mm), la evapotranspiración estándar del cultivo ET_c (mm) y los requerimientos de riego (ET_c=ET_o*K_c) se obtuvieron mediante el Programa previsto, éste se actualizó con una serie histórica de datos meteorológicos de 33 años (1990-2023) correspondientes a la Estación meteorológica de Tapaste que pertenece al Instituto Nacional de Meteorología

Tabla 1. Datos climáticos registrados en la zona experimental durante el período de ensayo

Mes	T. mínima °C	T. máxima °C	H. R. %	Viento Km día ⁻¹	Insolación horas	RAD Mj m ⁻² día ⁻¹	ET _o mm día ⁻¹
enero	16, 6	26, 5	74	379	11,0	19,3	4,00
febrero	16, 8	27,4	72	386	11,0	21,6	4,65
marzo	17, 9	28,9	67	386	12,0	25,6	5,75
abril	19, 7	30,7	66	358	13,0	28,9	6,63
mayo	21, 7	31,4	71	304	13,0	29,5	6,55

Fecha de plantación: 26/01, hasta 05/05/2024

y se encuentra ubicada, aproximadamente, a 1200 m del sitio experimental y para el cálculo de ETo y ETc se utilizaron los valores medios mensuales. Los coeficientes de cultivo (Kc) empleados fueron: Kc inicio = 0,62, Kc medio= 1,00 y Kc final= 0,93, propuestos para la región por FAO. El sistema de riego utilizado fue aspersión, mediante una máquina de pivote central correctamente calibrada.

En CROPWAT 8.0 se trabajó con la opción Requerimientos de Agua del Cultivo (RAC) y para ello se definieron 4 de los 5 módulos que componen el modelo, estos son:

1. Clima/ETo: requiere que se le indiquen los parámetros: humedad (%), temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), velocidad del viento (km día⁻¹), y horas de sol (h). Este módulo entrega los datos de radiación (MJ m⁻² día⁻¹) y evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹). Los datos pueden ser indicados por día, por cada 10 días o por mes y se completa con la información brindada por la estación meteorológica.
2. Precipitación: se le indica el parámetro de precipitación (mm), y entrega el dato de precipitación efectiva (mm). Los datos pueden ser indicados por día, por cada 10 días o por mes. Este módulo, al igual que el anterior, se completa con la información brindada por la estación meteorológica.
3. Cultivo: este módulo requiere que se le muestren los parámetros: Kc (adimensional), etapas de cultivo (días), profundidad radicular (m), agotamiento crítico (fracción), respuesta de rendimiento (fracción) y altura de cultivo. El mismo se complementa con la información de la FAO para el cultivo de la soja.
4. Suelo: necesita que se le indiquen los siguientes parámetros: humedad del suelo disponible total (mm m⁻¹), tasa máxima de infiltración de la precipitación (mm/día), profundidad radicular máxima (cm), agotamiento inicial de humedad el suelo (%) y humedad de suelo inicialmente disponible (mm m⁻¹).
5. RAC: es el último módulo, y es el que da datos de salida, los cuales son: ETc y Pef.

La determinación de la huella hídrica del cultivo (HH) se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por (5), mediante la suma de tres componentes:

$HH = HH_{verde} + HH_{azul} + HH_{gris}$ y se suele expresar en $m^3 \text{ tn}^{-1}$ o $L \text{ kg}^{-1}$ (4). En algunos trabajos también aparece expresada en $m^3 \text{ Kg}^{-1}$ (2).

La componente verde de la huella hídrica se calcula con la siguiente expresión:

$$HH_{verde}(m^3 t^{-1}) = \frac{Et_{verde}(m^3 ha^{-1})}{producción(t ha^{-1})}$$

Donde ET_{verde} representa la contribución de lluvia al proceso de evapotranspiración del cultivo a lo largo de su ciclo.

La componente azul se calcula según la siguiente expresión:

$$HH_{azul}(m^3 t^{-1}) = \frac{Et_{azul}(m^3 ha^{-1})}{producción(t ha^{-1})}$$

Donde ET_{azul} representa la contribución del agua aplicada por el riego a la evapotranspiración a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

La componente gris de la huella hídrica de un cultivo se calcula según la siguiente expresión:

$$HH_{gris}(m^3 t^{-1}) = \frac{\frac{N_{exceso}}{(C_{max} - C_{nat})}(m^3 ha^{-1})}{producción(t ha^{-1})}$$

Donde N exceso (Kg ha⁻¹) representa la cantidad de nitrógeno que escapa de la rizosfera del cultivo, se asumió como 0,10 atendiendo a diferentes normativas y directivas que coinciden en este valor para el caso del nitrógeno. (ej: EU Nitrates Directive, 91/676/EEC); (Resolução conama n° 357, de 17 de março de 2005). C max representa la concentración de N máxima permitida en la masa de agua receptora y su valor es de 50mg NO₃ L⁻¹ según la Norma Obligatoria Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor, CONACYT NSO:13.49.01:09, 2009. (15)

C nat es la concentración de N existente en la masa de agua receptora antes de realizarse la actividad contaminante, considerada generalmente despreciable en muchos trabajos (=0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez analizados los indicadores para determinar el rendimiento, se obtuvo como resultado final de esta variable 1380 Kg ha⁻¹ lo que puede considerarse relativamente bajo al compararlo con la media mundial que es de 2742 Kg ha⁻¹ (16). Sin embargo, con respecto a los reportados por otros países (Tabla 2) (17), son próximos a los obtenidos por China, superiores a los de India y considerablemente inferiores a los de Estados Unidos y Brasil.

Tabla 2. Datos comparativos del rendimiento de la soja con estadísticas de otros países

País	Rendimiento en t ha ⁻¹
Cuba (INCA)	1,38
China	2,0
Estados Unidos	3,4
India	0,9
Brasil	3,4

Por otra parte, algunos autores reportan rendimientos entre 2600 y 4038 Kg ha⁻¹ trabajando con diferentes cultivares (18). Además se obtuvieron rendimientos de 1850 Kg ha⁻¹ con el cultivar INCA soy 24 en Brasil y señalan que en Cuba el rendimiento oscila entre 1500 y 2000 Kg ha⁻¹ (19).

Por otra parte, otros investigadores cubanos han informado acerca de nuevos cultivares de soya (INCA Soy-2) con rendimientos potenciales de $3,7 \text{ t ha}^{-1}$ (20), el cultivar CUVI-02 con potenciales productivos entre $2,9$ y $3,7 \text{ t ha}^{-1}$ (7) y (21) trabajando con cuatro cultivares (DT-20, DT-26 y DVN-5 y DVN-6) informaron rendimientos entre $2,7$ y $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ en siembras de mayo, lo cual pudieran estar influenciados estos resultados por la época de siembra.

El éxito de la producción de soya en regiones tropicales se debe en gran medida a la obtención de variedades muy productivas, adaptadas a determinadas condiciones (22). Entre ellas, las altas temperaturas (23). Otros elementos a considerarse serían la densidad de siembra (19), la fertilización y el riego (4).

Otros indicadores evaluados tales como, los valores mensuales y acumulados de ET verde y ET azul en los 85 días del ciclo del cultivo, se muestran en las Tablas 3 y 4, los que son considerados de gran importancia, ya que influyen directamente sobre el rendimiento del cultivo en estudio.

Tabla 3. Valores mensuales de ET verde y ET azul

MES	ET verde (mm)	ET azul (mm)
Enero-febrero (33 días)	56,5	<u>117,6</u>
Marzo (31 días)	50,2	98,0
Abril (21 días)	<u>85,1</u>	78,4

Tabla 4. Valores acumulados de ET verde y ET azul en los 85 días del ciclo del cultivo

Cultivo	ET verde	ET azul
Soya	$1918 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (lluvia efectiva)	$2940 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (15 riegos de 19,6 mm)

En este caso, los resultados muestran que en los primeros 60 días la contribución del riego a la evapotranspiración del cultivo es superior al aporte por lluvia, mientras que al final del ciclo el aporte por lluvia toma el protagonismo. En general, la ET verde representa el 65 % de la ET azul ($1022 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) lo que indica que existió una mayor dependencia del aporte por riego que por lluvia.

De igual manera, los valores acumulados tuvieron una respuesta similar a los obtenidos mensualmente (Tabla 4). La ocurrencia de las lluvias en este período experimental fue inferior al riego aplicado, por tanto, queda demostrado en estudio, que el comportamiento de este cultivo hasta su rendimiento estuvo influenciado precisamente por el riego, aunque son considerados bajos con respecto a la media obtenida en el país.

La huella hídrica en la agricultura identifica el impacto en el medio ambiente de la producción de los cultivos. De ahí la importancia de este indicador medioambiental para conocer el consumo de agua dulce por los cultivos. En este trabajo los valores mensuales de las HH verde, azul, y gris del cultivo de la soya, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Huella hídrica verde, azul, gris y total por meses del cultivo de la soya

Mes	HH verde ($\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$)	HH azul ($\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$)	HH gris ($\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$)	HH total ($\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$)
Enero-febrero 33 días	0,40	<u>0,85</u>	0,06	<u>1,3</u>
Marzo 31 días	0,34	0,70	0,06	1,1
Abril 21 días	<u>0,60</u>	0,54	0,06	1,2

El valor mayor de HH azul y total correspondió a los primeros 33 días de la siembra y el valor mayor de HH verde ocurrió al final del ciclo del cultivo (últimos 21 días). Estos resultados muestran que fue superior la utilización del agua de riego a la lluvia caída en el período, aunque hubo una mayor ocurrencia de esta última en la fase final del cultivo. Por tanto, una solución para reducir el uso de agua en la producción de soya, pudiera ser a través del aumento de la eficiencia del riego, para que las pérdidas no sean mayores a las necesidades hídricas requeridas, aun cuando no es necesario utilizar agua para diluir las contaminadas (HH Gris), ya que esta huella se encuentra con valores bajos en el riego utilizado durante todo el ciclo del cultivo.

Los valores correspondientes a las huellas hídricas verdes, azules, grises y totales acumulados durante todo el ciclo del cultivo se presentan en la Tabla 6, donde se refleja que el mayor valor acumulado correspondió a la HH azul determinada por el aporte del riego. Resultado que está en correspondencia a lo obtenido mensualmente.

Tabla 6. Huella hídrica verde, azul, gris y total acumulada del cultivo

Cultivo Soya Rendimiento	HH verde	HH azul	HH gris	HH total
1380 Kg ha^{-1}	$1,39 \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$	<u>$2,13 \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$</u>	$0,061 \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$	$3,581 \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$

El cálculo de la HH Gris fue el siguiente:

HH Gris= $42 \text{ Kg ha}^{-1} \times 0,10 = 4,2 \text{ Kg ha}^{-1} / 50 \text{ mg L}^{-1} = 4,2/0,00005 = 84,000 \text{ L ha}^{-1} / 1,380 \text{ Kg ha}^{-1} = 61 \text{ L Kg}^{-1} = 0,061 \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$.

Para conocer el comportamiento de la HH de la soya, obtenida en este estudio se procedió a compararlos con algunos resultados internacionales (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación con otros resultados de soya internacionales

HH verde $\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$	HH azul $\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$	HH gris $\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$	HH total $\text{m}^3 \text{ Kg}^{-1}$	Referencias
1,39	2,13	0,061	3,581	Cuba (INCA)
<u>1,547</u>	0,282	<u>0,162</u>	1,993	(24) en Brasil
0,783	<u>2,525</u>		3,309	(25) en México
			2,471	(26) en Tailandia

En el estudio se comprobó que los valores de HH total son similares a los informados en México y superiores a los obtenidos en Brasil y Tailandia.

En la **tabla 8** se presenta una comparación con resultados de HH de otros cultivos internacionales de importancia económica, en este caso se aprecia que la HH de la soya fue muy superior a la del maíz (*Zea maíz*), que presenta un valor muy pequeño y superior a la del algodón (*Gossypium herbaceum*) ambos resultados fueron reportados en Brasil (24).

Tabla 8. Comparación de la HH total con otros cultivos internacionales de importancia económica

Cultivos	H H. Total m ³ Kg ⁻¹	Referencias
Algodón	1,847	(24) Brasil
Maíz	0,654	
Maní	1,789	(26) Tailandia
Mungbean	2,525	
Girasol	3,936	
Sésamo	5,718***	

Por otra parte, la soya presentó valores superiores al maní (*Arachis hypogaea*) y al frijol mungo (*Vigna radiata*) e inferiores al girasol (*Helianthus annuus*) y al sésamo (*Sesamum indicum*), este último presenta una HH total ruinosa, resultados informados en Tailandia (26).

CONCLUSIONES

- La estimación de la huella hídrica para el cultivo de la soya fue de un total de 3,581 m³ Kg⁻¹, distribuido en 1, 39 m³ Kg⁻¹ por el aporte de lluvias, 2,13 m³ Kg⁻¹ como aportes de riegos y 0,049 m³ Kg⁻¹ para diluir la fracción de fertilizante que no fue absorbido por la planta.
- La HH azul fue de un 59,4 %, indicando que la mayor contribución a los requerimientos hídricos del cultivo se debió a la irrigación que en este caso correspondió a fuentes subterráneas.
- La estimación de huella hídrica para el cultivo de la soya, se encuentra muy cercana al valor reportado por autores de México (3,309 m³ Kg⁻¹) y por encima de los valores publicados en Brasil (1,993 m³ Kg⁻¹ y Tailandia (2,471 m³ Kg⁻¹).
- Al comparar la HH de la soya con otros cultivos de importancia a nivel internacional, se observó que esta es mayor que la del maíz, maní, algodón y frijol Mungo y menor que la del girasol y el sésamo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr.C. Adriano Cabrera y al Ms.C. Jorge Corbera por su contribución al cálculo de la Huella hídrica gris del cultivo de la soya.

BIBLIOGRAFÍA

1. Esquivel A, Salgado MC. Huella hídrica de producción, consumo y per cápita de México, Estados Unidos y Canadá. In: Sarmiento JF [Coord.] Nuevas territorialidades-gestión de los territorios y recursos naturales con sustentabilidad ambiental. UNAM-AMECIDER, México, 2023. pp. 585-600. ISBN 978-607-30-8314-0 (UNAM), 978-607-8632-40-4 (AMECIDER). Available from: <https://ru.iiec.unam.mx:80/id/eprint/6071>
2. Wang L, Yan C, Zhang W, Zhang Y. Water footprint assessment of agricultural crop productions in the dry farming region, Shanxi province, Northern China. *Agronomy*. 2024, 14, 546. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy14030546>.
3. Sunitha S, Akash A U, Sheela M N, Suresh Kumar J. The water footprint of root and tuber crops. *Environment, Development and Sustainability*. 2024, 26(2), p: 3021-3043, February. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-02955-1>
4. Egea G, Castro-Valdecantos P, Gómez-Durán E, Munuera T, Domínguez-Niño J M, Nortes P A. Impact of irrigation management decisions on the water footprint of processing tomatoes in southern Spain. *Agronomy*. 2024, 14, 1863. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081863>.
5. Hoekstra A Y, Chapagain A K, Aldaya M M, Mekonnen M M. The water footprint assessment manual: setting the global standard. London/ Washington, DC: Earthscan, 2011. Available from: https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf. Accessed on: Mar 20, 2018.
6. Oweis, T, Hachum, A. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agric. Water Manag.* 2006, 80(1-3), 57-73. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.004>
7. González M C, Guillama R. CUVIN-22. Cultivar de soya (*Glycine max* Merrill) de grano negro. *Cultivos Tropicales*. 2021, 42, (4), supl. 1, e02 octubre-diciembre. Available from: <http://ediciones.inca.edu.cu>.
8. Setubal I S, Andrade Júnior A S, Silva S P, Rodrigues A C, Bonifácio A, Silva E H, Vieira P F, Miranda R S, Cafaro La Menza N, Souza H A. Macro and micro-nutrient accumulation and partitioning in soybean affected by water and nitrogen supply plants. 2023, 12, 1898. Available from: <https://doi.org/10.3390/plants12091898>.
9. Wijewardana C, Reddy K R, Alsajri F A, Irby J T, Krutz J, and B Golden. Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. *Irrigation Science*. 2018, 36(4-5):241-255. Available from: DOI: <http://doi.org/10.1007/50027-018-0580-1>
10. Brevedan R. and Egli D B. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. *Crop Sci.* 2003, 43:2083-2088. Available from: DOI: <http://doi.org/10.2135/cropsci2003.2083>
11. Saad A M, Saad M, Maaty A E, El-Hadary A. Biochemical studies on some soybean cultivars under water stress conditions. *Journal of Plant Production, Mansoura Univ.* 2023, 14 (3):107-115. Journal homepage. Available from: www.jpp.journals.ekb.eg

12. Du Y, Zhao Q, Chen L, Yao X, Zhang W, Zhang B and Xie F. Effect of drought stress on sugar metabolism in leaves and roots of soybean seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020, 146: 1-12. Available from: DOI: <http://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.11.003>
13. Clasificación de los suelos de Cuba 2015, edit. Ediciones-INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, p. 93, ISBN 978-959-7023-77-7.
14. Food and Agriculture Organization for the United Nations (FAO). CROPWAT 8.0 Model, FAO, Rome. Available from: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/> (accessed on 1 September 2020).
15. Norma Obligatoria Salvadoreña de Aguas Residuales. Descargadas a un Cuerpo Receptor, CONACYT NSO:13.49.01:09, 2009. Available from: <https://osartec.gob.sv>
16. FAO & UN Water. Progress on level of water stress. Global status and acceleration needs for SDG Indicator 6.4.2, 2021. FAO, Rome. Available from: <https://doi.org/10.4060/cb6241en>.
17. Qiao M, Hong C, Jiao Y, Hou S, Gao H. Impacts of Drought on Photosynthesis in Major Food Crops and the Related Mechanisms of Plant Responses to Drought. *Plants*. 2024, 13, 1808. Available from: <https://doi.org/10.3390/plants13131808>.
18. Winck J E, Sarmento L F, Foloni J S, Henning L M, Nepomuceno A L, Melo C L, Farías, J R, Neumaier N, Barbosa A, Catuchi T A, Zanon A J, Streck N A. Growth and transpiration of soybean genotypes with AtAREB1 transcription factor for tolerance to water deicit. *Plant Growth Regulation*. 2023. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10725-023-01101-1>.
19. Yanes L A, Calero A, Valdivia W B. y Bianco L. Influencia de altas densidades de plantas en la productividad de la soya. *Universidad & Ciencia*, 2023, 12 (3), pp. 155-166. Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11528387>.
20. Mederos A. y Ortiz R. INCASoy-2, nuevo cultivar de soya (*Glycine max* L.). *Cultivos Tropicales*. 2021, 42, (4) pp. e08. Available from: <http://ediciones.inca.edu.cu>.
21. González M C, Guillama R. CUVIN-22. Cultivar de soya (*Glycine max* Merrill) de grano negro. *Cultivos Tropicales*. 2021, 42, (4), supl. 1, e02 octubre-diciembre. Available from: <http://ediciones.inca.edu.cu>.
22. Roján O, Maqueira L A, Santana I, Miranda, C. A. y Núñez M. Productividad de cultivares de soya en dos épocas de siembra. *Cultivos Tropicales*, 2022, 43, (1), e05 enero-marzo. Available from: <http://ediciones.inca.edu.cu>.
23. Marrero O, Hechavarría Y, SANTOS E. Respuesta morfoagronómica en variedades de Soya en suelo Fluvisol del municipio de Cauto Cristo (Original). *Redel. Revista Granmense de Desarrollo 22 Local*. Cuba. 2021, 5, (2), pp. 348-358. Available from: <http://revistas.unica.cu/uniciencia>.
24. Staniak M, Szpunar-Krok E, Kocira A. Responses of soybean to selected abiotic stresses—photoperiod, Temperature and Water. *Agriculture*, 2023, 13, 146. Available from: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010146>.
25. Rodríguez M, Castro M, David D, Martins K, Dias C. Water Footprint of soybean, cotton, and corn crops in the western region of Bahia State. *Eng Sanit Ambient*. 2021, 26 (5) | set/out 2021 | 971-978. Available from: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020041>.
26. López C, Exebio A A, Flores J, Juárez A. Índice de estrés hídrico (IEH) e índice de servicio del riego (ISR) en función de la huella hídrica de los cultivos en los módulos de riego en México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Marzo-Abril, 2023, 7, (2): Pp.11303-113331. Available from: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6214.
27. Kumban A, Usubharatana P, Phungrassami H. Water footprint of local plant-based protein in Thailand. *Journal of Applied Science and Engineering*, 2022, 26, (12), Pp. 1677-1688. Available from: [http://dx.doi.org/10.6180/jase.202312_26\(12\).0001](http://dx.doi.org/10.6180/jase.202312_26(12).0001).