

Fórum de Base

***Alternativas agroecológicas para incrementar
la producción de granos en los cultivos de
frijol y maíz***

Autores principales: Miriam de la C. Núñez Vázquez y Yanelis Reyes Guerrero.

Coautores: Lisbel Martínez González, Betty Leydis González Pérez, Rafael Torres García y Anaysa Gutiérrez Almeida



Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
Ministerio de Educación Superior

San José de las Lajas, Mayabeque
2024

Índice

Contenido	Pág
Resumen	1
Palabras clave	1
Introducción	2
Desarrollo	3
Valoración económica y aporte social	10
Conclusiones y Recomendaciones	11
Bibliografía	11
Anexos	
Aval administrativo del beneficio económico y aporte social	16
Dictamen del jurado	17
Aval de usuario	18
Datos de los autores principales	19

Resumen

El incremento de la producción de granos con el uso mínimo de agroquímicos es uno de los retos actuales de la agricultura cubana. El objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos que extractos de algas ejercen en la producción de granos de frijoles y maíz. Los experimentos se ejecutaron en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y para ello se utilizaron un cultivar y dos líneas de frijoles y dos cultivares de maíz. Los extractos empleados fueron: un extracto acuoso de sargazo recolectado en las costas de Guanabo y un extracto alcohólico de polvo seco de Spirulina, comercializado por la Empresa Génix, LABIOFAM, S.A. En el caso del frijol, se probaron dos y tres aspersiones foliares con dosis equivalentes a 20 y 40 mg ha⁻¹ de un extracto alcohólico de Spirulina y concentraciones de 1 y 2 % de un extracto acuoso de sargazo; mientras que, en el maíz, se utilizó solamente el extracto de Spirulina probándose la aspersión a las semillas con 5 mg L⁻¹ sola y con una aspersión foliar con dosis equivalentes a 20 o 40 mg ha⁻¹. Los resultados demostraron que la aplicación de estos extractos en ambos cultivos incrementó la producción de granos, por lo que, teniendo en cuenta las arribazones de sargazo que ocurren en las costas y la experiencia en el cultivo de la Spirulina que hay en el país, estos extractos pudieran convertirse en una nueva alternativa agroecológica para incrementar la producción de granos en frijoles y maíz.

Palabras clave: sargazos, spirulina, número y masa de granos, frijoles, maíz.

Introducción

La Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional publicada por la Gaceta Oficial de la República de Cuba en el año 2022 establece que la soberanía alimentaria es la capacidad de la nación para producir alimentos de forma sostenible y dar acceso a toda la población a una alimentación suficiente, diversa, balanceada, nutritiva, inocua y saludable, reduciendo la dependencia de medios e insumos externos con respeto a la diversidad cultural y responsabilidad ambiental. Por otra parte, la seguridad alimentaria y nutricional comprende el acceso físico y económico que posee cada persona, en todo momento, a alimentos suficientes, equilibrados, inocuos y nutritivos, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias respecto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana.

Para lograr lo anterior, se hace necesario implementar los sistemas alimentarios locales como modelos sostenibles, sensibles a la nutrición, que integren los procesos de producción, distribución, transformación, comercialización y consumo de los alimentos propios de la localidad, sobre bases agroecológicas, con enfoque de género, generacional, de sostenibilidad económica, social, ambiental y resiliencia climática. Los modelos sostenibles de producción requieren, entre otras cosas, de una agricultura sostenible sobre bases agroecológicas, de una adecuada gestión del suelo y de eficiencia productiva.

El uso de bioestimulantes se ha incrementado, en los últimos años, a nivel internacional; debido a que son productos capaces de estimular el crecimiento y el rendimiento de las plantas, mejorar la calidad de las cosechas y proteger los cultivos ante diferentes estrés bióticos y abióticos, sin afectar el medio ambiente. En Cuba, en la actualidad existe una gama de bioestimulantes registrados por el Ministerio de la Agricultura (MINAG, 2020), capaces de disminuir el consumo de fertilizantes minerales y de otros agroquímicos de importación; sin embargo, hasta la fecha, no se ha informado ninguno a base de extractos de algas. Además, en ocasiones se dificulta la disponibilidad de estos bioestimulantes por diversas razones; por lo que se hace necesario ampliar cada vez más esa gama de productos para ponerlos a disposición de las diferentes entidades productivas del país.

Los bioestimulantes, a base extractos de algas, han sido ampliamente utilizados a nivel internacional, especialmente, aquellos obtenidos a base de macroalgas pardas del género *Sargassum* y de las microalgas o cianobacterias, de la que forma parte el género *Arthrospira*, al cual pertenece la *Spirulina*. Numerosas investigaciones han informado la influencia que distintas especies de *Sargassum* ejercen en la germinación (Nicolás-Álvarez et al., 2014; Sasikala et al., 2016; Jupri et al., 2021; Jumadi et al., 2023), el crecimiento (Kumar et al., 2012; El-Din, 2015; Hernández-Herrera et al., 2023), el rendimiento y la calidad de las cosechas (Kocira et al., 2018; Widyastuti et al., 2019; Yao et al., 2020; Noli y Azwar, 2021; Nurjannah et al., 2021); así como la protección ante determinados estrés abióticos (Shahriari et al., 2021; Sariñana-Aldaco et al., 2022; Alharbi et al., 2022; Khan et al., 2022).

De igual forma, diversas investigaciones han demostrado la efectividad de la aplicación de extractos de *Spirulina* en promover diferentes procesos fisiológicos de las plantas tanto en condiciones normales como en condiciones de estrés (Akgül, 2019;

Sivalingam, 2020; Thinh, 2021; Dmytryk et al., 2022; Neag et al., 2022; Shedeed et al., 2022; Alharbi et al., 2023; Gharib et al., 2023).

En Cuba, en los últimos años se ha informado de arribazones masivas de sargazo tanto en la costa norte como sur (Moreira y Alfonso, 2013; Arencibia-Carballo et al., 2020); lo cual tiene un efecto perjudicial para la sanidad de las costas y su población y, por ende, para el turismo. Por otra parte, en la provincia de Mayabeque, hace más de tres décadas se produce *Spirulina* con fines farmacéuticos y hasta la fecha no se ha informado de la elaboración de extractos con fines agrícolas, a partir del residuo del polvo con que se confeccionan las tabletas.

Por otra parte, es bien conocida la importancia que los cultivos de frijol y maíz tienen tanto para la alimentación de la población como para la alimentación animal, respectivamente. Sin embargo, en los últimos años la producción y el rendimiento de ambos cultivos ha ido decreciendo por diversos factores, de ahí la importancia de buscar alternativas agroecológicas que posibiliten el incremento de la producción de estos granos. Por todo lo anterior y conociendo que estos extractos pudieran ser usados como bioestimulantes agrícolas, se decidió evaluar el efecto que extractos de sargazo y *Spirulina* ejercen en la producción de granos de frijoles y maíz.

Desarrollo

Los experimentos se ejecutaron en la Finca Las Papas y en el Área Central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, caracterizado por una fertilidad de media a alta, según lo señalado por Hernández *et al.* (2015), ubicado en el km 3½ Carretera Tapaste-San José de las Lajas, San José de las Lajas, provincia Mayabeque. Los materiales genéticos utilizados fueron: en el frijol, el cultivar comercial CUL-156 y las líneas C-8 y C-13, procedentes del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal del INCA y en el maíz se utilizaron los cultivares comerciales Diamante y Criollo.

Los extractos utilizados fueron preparados en el departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA y consistieron en un extracto alcohólico de *Spirulina* (EASp) elaborado a partir de la maceración, durante diez días, con etanol al 70 % del polvo seco de *Spirulina*, residuo de la producción de tabletas para consumo humano, el cual es comercializado por Génix, de la Empresa LABIOFAM, S.A. y un extracto acuoso de sargazo (EAS), preparado a partir de una mezcla de *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans* recolectados en la costa de Guanabo y macerados, durante tres meses, en agua corriente.

A continuación se describirán los experimentos ejecutados en ambos cultivos:

Frijoles

Se ejecutaron dos experimentos, el primero se sembró en la finca Las Papas y se utilizó el cv. CUL-156, cuyas semillas fueron inoculadas con el biofertilizante Azofert®, previo a la siembra, a razón de 200×10^{-3} L de inóculo por 46 kg de semilla. Se utilizaron cinco tratamientos que consistieron en dos aspersiones foliares, a los 34 y 42 días después de la siembra (DDS), de dos dosis de EASp (20 y 40 mg ha⁻¹) y dos dosis de EAS (1 y 2 %) y un tratamiento control sin aspersión. Se utilizó un diseño de

bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas. Las parcelas estuvieron compuestas por cinco surcos de 5 m de largo, o sea, contaron con un área de 17,5 m².

El segundo experimento se desarrolló en un área de frijoles sembrada en el Área Central del INCA con las líneas C-8 y C-13, de granos de color rojo y blanco, respectivamente, ambas en fase de registro. El área contaba con 42 hileras de 90 m de longitud del genotipo de color rojo y 16 del genotipo de color blanco.

En este caso se efectuaron tres aspersiones foliares a las plantas (25, 39 y 53 DDS) y los tratamientos estudiados en cada genotipo fueron: un control sin aspersión, las dos primeras aspersiones con EASp 20 mg ha⁻¹ y la tercera con EAS 2 % y las dos primeras aspersiones foliares con EASp 40 mg ha⁻¹ y la tercera con EASp 20 mg ha⁻¹, para la línea C-8 y un control sin aspersión y una primera aspersión con EAS 0,3 % y las otras dos con EAS 2 %, para la línea C-13. Se utilizaron 10 hileras por tratamiento, excepto en la línea C-13, que solo se dejaron 6 hileras para el tratamiento control.

La distancia de siembra para los dos experimentos fue de 0,7 x 0,07 m y las atenciones culturales se realizaron según la Guía Técnica del cultivo (Faure *et al.*, 2014), excepto que el área no recibió fertilización mineral alguna y el riego se efectuó con un intervalo de 5-7 días. Hay que significar que en el segundo experimento las semillas no fueron inoculadas con el biofertilizante.

Las evaluaciones se efectuaron en el momento de la cosecha, o sea, a los 90 y 79 DDS, para el primer y segundo experimento, respectivamente. Se tomaron 12 plantas por parcela en el primer experimento y 80 plantas al azar en el segundo experimento. Los indicadores evaluados fueron: número de legumbres por planta, número de granos por legumbre, número de granos por planta, masa de granos por planta y masa de 100 granos (g).

Los datos obtenidos en el primer experimento se procesaron utilizando un análisis de varianza de clasificación doble y en caso de diferencias significativas, las medias de los tratamientos se compararon a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey a $p \leq 0,05$ utilizando el programa estadístico SPSS v 15. En el segundo experimento se utilizó un diseño muestral, por lo que los datos se procesaron mediante los cálculos de las medias, las desviaciones estándar y los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$ utilizando el Programa Excel Windows 10.

Los resultados del primer experimento se exponen en la tabla 1. Como se puede apreciar, las aspersiones foliares con el extracto de sargazo (EAS) fueron más efectivas que las realizadas con el extracto de Spirulina (EASp), ya que éstas no sólo estimularon significativamente el número de legumbres y de granos, sino que además, incrementaron la masa de granos por planta en 43-53,6 % para EAS 2% y EAS 1 %, respectivamente; lo cual repercute en el rendimiento.

Tabla 1.- Influencia de dos aspersiones foliares con extractos de *Spirulina* y sargazo en la producción de granos de frijol cv. CUL 156.

Tratamientos	No. de legumbres/planta	No. de granos/legumbre	No. de granos/planta	Masa de granos/planta (g)	Masa de 100 granos (g)
Control	17,27 c	6,5	94,80 c	19,48 c	20,73 ab
EASp 20 mg ha ⁻¹	20,08 b	6,5	114,22 b	23,20 bc	21,03 a
EASp 40 mg ha ⁻¹	20,94 ab	6,5	114,28 b	22,34 c	20,30 b
EAS 1 %	23,02 a	6,6	133,00 a	29,92 a	20,26 b
EAS 2 %	21,39 ab	6,6	116,31 b	27,85 ab	20,80 a
E.S.x	0,84*	0,115 NS	5,78*	1,83*	0,17*

EASp: Extracto etanólico de *Spirulina*

EAS: Extracto acuoso de sargazo

En la figura 1 se presenta la influencia que tres aspersiones foliares con los extractos de algas ejercieron en el comportamiento del número de legumbres (A), de granos por legumbre (B) y de granos por planta (C). Como se puede observar el tratamiento más efectivo fue en el que se combinaron los dos extractos, o sea, en el que las dos primeras aspersiones, a los 25 y 39 DDS, se realizaron con EASp 20 mg ha⁻¹ y la tercera, a los 53 DDS, se efectuó con EAS 2 %; ya que estimuló significativamente los tres indicadores evaluados. No obstante, las aspersiones foliares con EASp, aunque no modificaron significativamente el número de legumbres ni de granos por legumbre, sí estimularon el número de granos por planta.

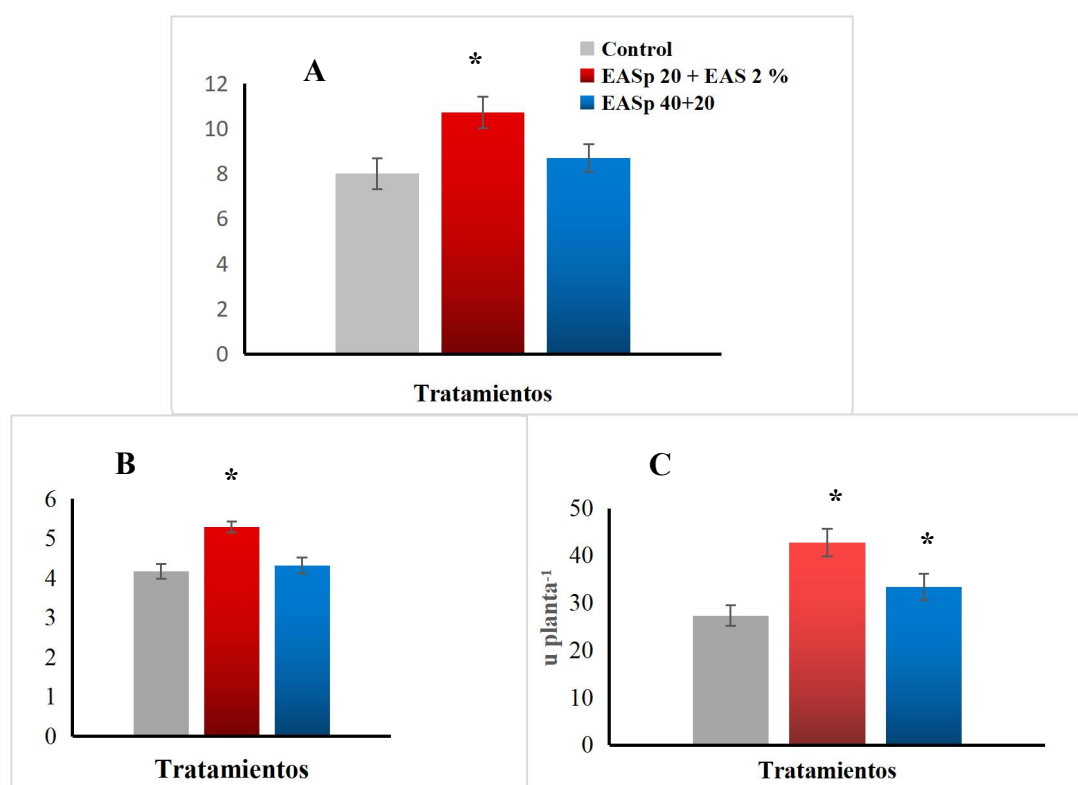


Figura 1- Efecto de tres aspersiones foliares con extractos de algas en el comportamiento del número de legumbres (A), de granos por legumbre (B) y de granos por planta (C) en frijoles línea C-8. Las barras representan los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$ y los asteriscos los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control.

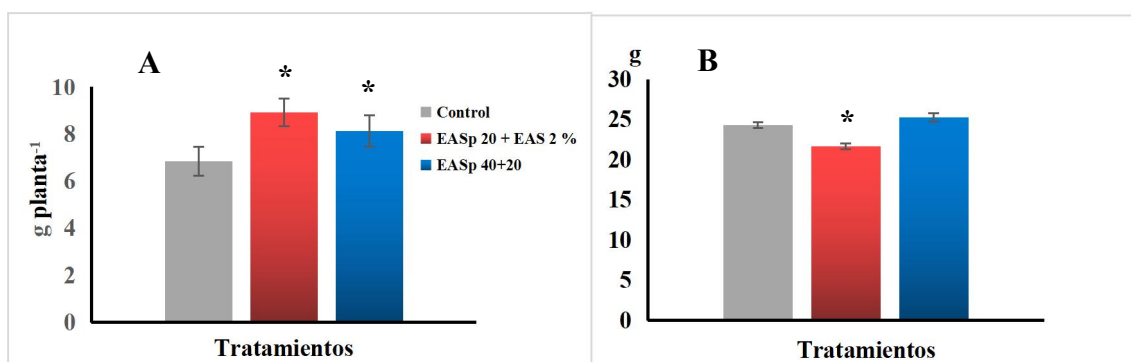


Figura 2 - Efecto de las aspersiones foliares con extractos de algas en la masa de granos por planta (A) y la masa de 100 granos (B) del frijol línea C-8. Las barras representan los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$ y los asteriscos los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control.

La figura 2 muestra el efecto de los tratamientos en el comportamiento de la masa de granos por planta (A) y la masa de 100 granos (B) de las plantas de la línea C-8. En la misma se aprecia que ambos tratamientos estimularon significativamente la masa de granos por planta. Nótese, que el tratamiento donde se combinaron los extractos disminuyó significativamente la masa de 100 granos; sin embargo, esto no impidió que se incrementara la masa de granos por planta en un 30 % y por ende, el rendimiento del cultivo.

El efecto que las aspersiones foliares con EAS ejercieron en los componentes del rendimiento de plantas de la línea C-13 se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Efecto de las aspersiones foliares con un extracto de sargazo en el comportamiento de los componentes del rendimiento del frijol línea C-13.

Tratamientos	No. de vainas/planta	No. de granos/vaina	No. de granos/planta	Masa de granos/planta (g)	Masa de 100 granos (g)
Control	7,7 ± 0,8	4,2 ± 0,2	29,2 ± 3,1	3,955 ± 0,41	13,812 ± 0,31
Tratado	10,2 ± 0,9*	5,1 ± 0,2*	43,3 ± 3,6*	5,877 ± 0,52*	13,805 ± 0,36

Medias ± intervalos de confianza a $\alpha=0,05$. Los asteriscos representan las medias que difieren significativamente del tratamiento control.

Se aprecia que tres aspersiones foliares con un extracto acuoso de sargazo a los 25, 39 y 53 días después de la siembra, coincidiendo con las fases vegetativa, inicio de floración y formación de legumbres estimuló la producción de granos del frijol de dicho cultivar; a pesar de que la primera aspersión se realizó con una concentración de extracto inferior (0,3 %) a la utilizada en las otras dos, que fue de 2 %. El producto no influyó en la masa promedio del grano.

Estos resultados son de gran importancia, porque estas áreas no recibieron ningún aporte de nutrientes, solamente las aspersiones foliares con estos extractos y aunque la masa de granos por planta no alcanzó valores altos, esto se pudiera convertir en una

alternativa agroecológica viable para aquellas áreas donde no existen insumos para aplicarle al cultivo.

En el cultivo del frijol, Viyanand *et al.* (2014) encontraron que las aspersiones foliares con extractos de *Sargassum wightii* 1,5 %, de los 20 a los 35 días después de la siembra, a intervalos de tres días, provocaron efectos promotores en el crecimiento y en el rendimiento de las plantas. Además, efectos beneficiosos fueron informados, en frijol caupí, cuando se realizaron cinco aspersiones foliares con un extracto de *Sargassum crassifolium* a las plantas (a intervalos semanales) a partir de dos semanas después de la siembra hasta el inicio de la floración (Vijayarasa *et al.*, 2019). Es bueno señalar, que mientras que estos autores hicieron cinco aplicaciones y la mayoría de ellas en la etapa vegetativa del cultivo, en este trabajo se obtuvieron resultados satisfactorios sólo con dos y tres aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo.

Recientemente, se ha informado de las ventajas de la aplicación al suelo y la aspersión foliar de un extracto de *Spirulina platensis* en el cultivo del frijol crecido en suelo salino contaminado con metales pesados (Rady *et al.*, 2023).

Por otra parte, se ha demostrado que las aplicaciones de diferentes tipos de extractos provenientes de las algas, promovieron la actividad de microorganismos benéficos en la rizosfera (Renault *et al.*, 2019; Espinosa-Antón *et al.*, 2020); lo cual puede asociarse con la respuesta de las plantas a las aplicaciones de dichos extractos, además de los efectos positivos que provocan los diversos metabolitos presentes en su composición. Más recientemente, se informó que la aplicación de un extracto de *Sargassum wightii* 1 % junto con la biofertilización con *Rhizobium* exhibieron los mejores resultados en acelerar el crecimiento y el rendimiento de plantas de caupí (Radjassegarin y Perumal, 2021). Esto pudiera explicar la respuesta de las plantas de frijol cv. CUL 156, biofertilizadas con Azofert®, a las aspersiones foliares con extracto de Spirulina y de sargazo.

Maíz

En este cultivo se ejecutaron dos experimentos en la Finca Las Papas, en el primero se utilizó el cultivar Criollo y en el segundo el cv. Diamante. En ambos casos, la distancia de plantación fue de 0,9 x 0,3 m y se utilizó solamente el extracto etanólico de Spirulina (EASp). Las atenciones culturales se realizaron de acuerdo con las normas técnicas del cultivo (Permuy Arbelarde *et al.*, 2000). El riego fue por aspersión y no se hicieron aplicaciones de plaguicidas.

En el primer experimento, se asperjaron las semillas EASp 5 mg L⁻¹, un día previo a la siembra y se utilizaron dos tratamientos (semillas asperjadas o no) con tres réplicas. Las parcelas estaban compuestas por cinco surcos de 5 m de largo. A los 95 días después de la siembra se efectuó un muestreo de mazorcas tiernas (cuando el grano se encuentra en su fase lechosa), a las cuales se les hicieron las siguientes determinaciones (10 plantas por parcela, o sea, 30 plantas por tratamiento): longitud y diámetro de las mazorcas (cm), número de hileras, número de granos por hilera, número de granos por mazorca y masa de las mazorcas con y sin brácteas.

En el segundo experimento, se asperjaron las semillas también con EASp 5 mg L⁻¹, el día previo a la siembra, y los tratamientos consistieron en la aspersión a las semillas solo y suplementado con una aspersión foliar a los 35 días después de la siembra con

dosis de 20 y 40 mg ha⁻¹. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y ocho réplicas y las parcelas estaban compuestas de tres hileras de 6 m de largo cada una.

En el momento de la cosecha, se realizaron las siguientes evaluaciones a las mazorcas tiernas: longitud y diámetro de la mazorca (cm), número de hileras, número de granos por hilera, número de granos por mazorca, masa de granos por planta (g), masa de 1 000 granos (g) y rendimiento estimado (t ha⁻¹).

Los datos obtenidos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación doble y en caso de diferencias significativas las medias se compararon según la prueba de rangos múltiples de Tukey a $p \leq 0,05$ utilizando el programa estadístico SPSS v 15.

En la tabla 3 aparecen los resultados de la influencia de la aspersión a las semillas, previo a la siembra, con EASp 5 mg L⁻¹ en la producción de granos de plantas de maíz del cv. Criollo.

Tabla 3.- Influencia del tratamiento a la semilla con EASp sobre los componentes del rendimiento de plantas de maíz cv. Criollo.

Tratamientos	Longitud de las mazorcas (cm)	Diámetro de las mazorcas (mm)	No. de hileras	No. de granos/hilera	No. de granos/mazorca	Masa con brácteas (g)	Masa sin brácteas (g)
Control	16,23	46,14	13,57	29,14 b	408,22 b	396,38	138,297 b
EASp 5 mg L ⁻¹	16,98	47,34	14,76	33,30 a	489,53 a	419,21	208,993 a
E.S.x	0,39 NS	0,91 NS	0,45 NS	1,27 *	19,13*	17,93 NS	9,54*

Medias con letras comunes no difieren significativamente entre sí según prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$)

Como se puede observar, la aspersión a las semillas, previo a la siembra, con el extracto de Spirulina a una concentración equivalente a 5 mg L⁻¹ fue capaz de estimular la producción de granos de las mazorcas, ya que se incrementó significativamente el número de granos por hilera y por mazorca; así como la masa de la mazorca sin brácteas.

En la figura 3 se presenta la influencia que el tratamiento a las semillas con EASp solo y suplementado con la aspersión foliar ejercieron en algunos componentes del rendimiento de plantas de maíz cv. Diamante.

El tratamiento a las semillas solo fue el único tratamiento que estimuló significativamente la longitud de las mazorcas (figura 3 A) y el número de granos por hilera (figura 3 D).

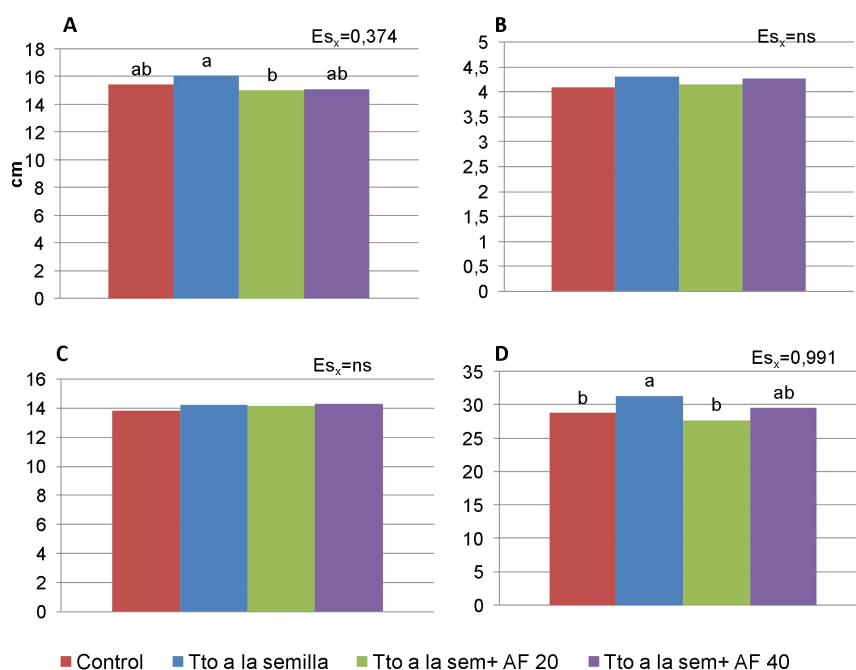


Figura 3. Influencia del tratamiento a las semillas y la posterior aspersión foliar con un extracto de Spirulina en los componentes del rendimiento de plantas de maíz cv. Diamante. **A.** Longitud de las mazorcas. **B.** Diámetro de las mazorcas. **C.** Número de hileras. **D.** Número de granos por hilera. Medias con letras comunes no difieren significativamente entre sí según prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$)

En la figura 4 se muestra la influencia que los tratamientos ejercieron en la producción de granos de las plantas. Nótese que, en este caso, se confirmó que la aspersión a las semillas con el extracto fue suficiente para estimular el número de granos por mazorca (figura 4 A), lo que se tradujo en un incremento del rendimiento estimado de un 23 % (figura 3 D), aunque este tratamiento no difirió significativamente de la aspersión a las semillas suplementada con una aspersión foliar con 40 mg ha⁻¹

Los resultados mostrados evidenciaron un incremento en el rendimiento y algunos de sus componentes. Esto confirma lo obtenido por otros autores quienes informaron un incremento del número de mazorcas y del rendimiento en plantas tratadas con un extracto de Spirulina enriquecido con micronutrientes (Tuhy et al., 2015); así como otros correlacionaron el incremento en el rendimiento con el comportamiento de los azúcares totales y reductores y los minerales (Dineshkumar *et al.*, 2019). En otros cultivos como trigo, también, se han obtenido incrementos del rendimiento y sus componentes con el uso de extractos de Spirulina (Khashan et al., 2021)

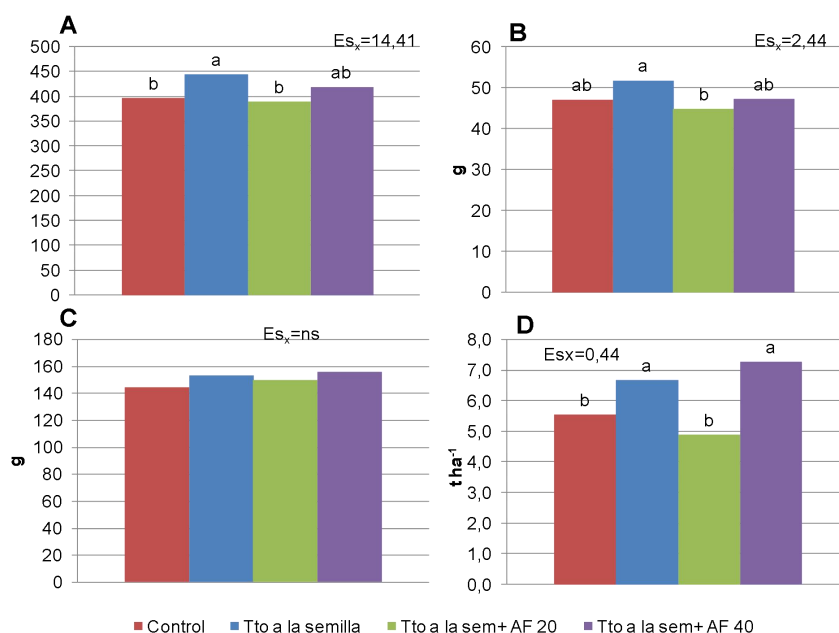


Figura 4.- Influencia del tratamiento a las semillas con un extracto de Spirulina en la producción de granos de plantas de maíz cv. Diamante. **A.** Número de granos por mazorca. **B.** Masa de granos por planta. **C.** Masa de 1000 granos. **D.** Rendimiento estimado (maíz tierno). Medias con letras comunes no difieren significativamente entre sí según prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$)

Valoración económica y aporte social

Los resultados que se presentan en el trabajo demostraron que las aplicaciones de extractos de Spirulina y sargazo incrementaron la producción de granos en los cultivos de frijoles y maíz; lo cual, sin dudas, contribuirá a incrementar la disponibilidad de estos granos tanto para la alimentación humana como animal, sin dañar el medio ambiente. Ahora bien, el aporte esencial de este trabajo es que por primera vez, en nuestro país, se preparan extractos de estas algas con fines agrícolas. Es bueno señalar, que en el caso de la Spirulina, el extracto se preparó a partir del polvo que queda como residuo de la producción de las tabletas que se confeccionan con fines farmacéuticos; por lo que con este trabajo se demuestra que ese residuo puede ser aprovechado para la preparación de extractos con recursos nacionales, que pudieran convertirse en bioestimulantes agrícolas.

Por otra parte, en el caso del sargazo, el extracto se preparó con el sargazo que arribó a la costa de Guanabo, que es una mezcla de dos especies (*Sargassum fluitans* y *Sargassum natans*) y que, en años recientes, se ha convertido en un problema para el área del Caribe, debido a las arribazones inusuales que han existido de estas algas y los perjuicios ambientales que la acumulación de las mismas causan en las costas. Luego, con este trabajo se demuestra que esas arribazones que ocurren tanto en la costa norte como en la costa sur de nuestro archipiélago, pudieran ser utilizadas con fines agrícolas, mediante la preparación de extractos acuosos capaces de estimular el rendimiento de los cultivos.

Actualmente, estos extractos se encuentran aún en fase de investigación; pero hasta la fecha los extractos preparados requieren de insumos mínimos, pues en el caso de la *Spirulina* se requiere de etanol al 70 %, que se produce en el país y el extracto de sargazo utilizado solamente requiere de agua corriente; por lo que aunque aún no se conoce el costo del producto, éste sería económico y no requiere de ningún tipo de importación. Por otra parte, las dosis de los extractos que han sido efectivas son bajas y se obtuvieron incrementos en los rendimientos entre 20 y 30 %, lo que indica que la aplicación de estos extractos trae consigo beneficios económicos para los productores.

Hay que señalar, que dada la carencia de insumos para la agricultura y especialmente, para estos dos cultivos, se hace necesario continuar trabajando para convertir a estos extractos en candidatos a bioestimulantes agrícolas y así ampliar la gama de productos nacionales con los que puedan contar los productores.

Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados expuestos demostraron que dos o tres aspersiones foliares, durante el ciclo del cultivo, con extractos de sargazo (1 o 2 %) o de *Spirulina* (20 o 40 mg ha⁻¹) e incluso de ambos, son capaces de incrementar la producción de granos de frijoles. De igual manera se demostró que la aspersión a semillas de maíz con un extracto de *Spirulina* 5 mg L⁻¹ fue suficiente para incrementar la producción de granos de las plantas.

Estos resultados han sido obtenidos a nivel experimental, por lo que deben ser aplicados en una extensión mayor y en otros cultivares, en las campañas 2024-2025 y 2025-2026 y de confirmarse, se darían los pasos necesarios para convertir al menos a uno de estos extractos como candidato a bioestimulante para estos cultivos.

Bibliografía

Akgül F. Effect of *Spirulina platensis* (Gomont) Geitler Extract on Seed Germination of Wheat and Barley. Alinteri Journal of Agriculture Sciences. 2019; 34(2):148-153. doi:10.28955/alinterizbd.639000

Alharbi K, Amin MA, Ismail MA, Ibrahim MTS, Hassan SE-D, Fouda A et al. Alleviate the Drought Stress on *Triticum aestivum* L. Using the Algal Extracts of *Sargassum latifolium* and *Corallina elongate* Versus the Commercial Algal Products. Life. 2022;12: 1757. <https://doi.org/10.3390/life12111757>

Alharbi K, Hafez EM, Omara AE-D, Osman HS. Mitigating Osmotic Stress and Enhancing Developmental Productivity Processes in Cotton through Integrative Use of Vermicompost and Cyanobacteria. Plants. 2023;12:1872. <https://doi.org/10.3390/plants12091872>

Arencibia-Carballo G, Irañeta-Batallán JM, Morell J, Moreira-González AR. Arribazones de *Sargassum* en la costa norte occidental de Cuba. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático. 2020; 2(1):19-30. doi 10.26359/52462.0220.

Dineshkumar R, Subramanian J, Gopalsamy J, Jayasingam P, Arumugam A, Kannadasan S et al. The Impact of Using Microalgae as Biofertilizer in Maize (*Zea mays* L.). *Waste and Biomass Valorization*. 2019;10:1101-1110. doi: 10.1007/s12649-017-0123-7

Dmytryk A, Samoraj M, Moustakas K, Witek-Krowiak A, Chojnaca K. Bioactive fatty acids and compounds from *Spirulina (Arthrospira) platensis*: Potential as biostimulants for plant growth. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2022;30:100899. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100899>

El-Din SMM. Utilization of seaweed extracts as bio-fertilizers to stimulate the growth of wheat seedlings. *Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.)*, 2015;11(1):31–9.

Espinosa-Antón AA, Hernández-Herrera RM, González M. Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*. 2020;20(4): 257-282.

Faure Álvarez B, Benítez González R, Rodríguez Acosta E, Grande Morales O, Torres Martínez M, Pérez Rodríguez P. Guía técnica para la producción de frijol común y maíz. La Habana, Cuba; 2014 p. 34

Gharib FAEL, Ahmed EZ. *Spirulina platensis* improves growth, oil content, and antioxidant activity of rosemary plant under cadmium and lead stress. *Scientific Reports*. 2023;13:8008 | <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35063-1>

Hernández Jiménez A, Pérez Jiménez JM, Bosch Infante D, Castro Speck N. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*. 2019; 40(1):a15-e15

Hernández-Herrera RM, González-González MF, Velasco-Ramírez AP, Velasco-Ramírez SF, Santacruz-Ruvalcaba F, Zamora-Natera JF. Seaweed Extract components Are Correlated with the Seeds Germination and Growth of Tomato Seedlings. *Seeds*. 2023;2:436–48. <https://doi.org/10.3390/seeds2040033>

Jumadi O, Annisi AD, Djawad YA, Bourgougnon N, Amaliah NA, Asmawati A et al. Brown algae (*Sargassum* sp) extract prepared by indigenous microbe fermentation enhanced tomato germination parameters. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2023;47:102601. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102601>

Jupri A, Nufus NH, Widyastuti S, Geraldine BAFD, Sunarwidhi AL, Prasedya ES. Sunarwidhi. The Presence of IAA in Liquid Extract of *Sargassum polycystum* from Lombok Promotes Germination and Vegetative Growth of Selected Agricultural Plants. *ASM Sc. J*. 2021;14(Special Issue 2):87-93 for ICST2017.

Khan Z, Gul H, Rauf M, Arif M, Hamayun M, Ud-Din A et al. *Sargassum wightii* Aqueous Extract Improved Salt Stress Tolerance in *Abelmoschus esculentus* by Mediating Metabolic and Ionic Rebalance. *Front. Mar. Sci*. 2022;9:853272. doi: 10.3389/fmars.2022.853272

Khashan AAA, Khalaf HSM, Hassan AA, Al-Hilfy IHH. The Effect of Seaweed *Spirulina Platensis* Extract and Micronutrients on Wheat Yield and Yield Components. OP Conf. Series: Earth and Environmental Science 923 (2021) 012052. doi:10.1088/1755-1315/923/1/012052

Kocira S, Kocira A, Kornas R, Koszel M, Szmigielski M, Krajewska M et al. Effects of seaweed extract on yield and protein content of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Legume Research. 2018;41(4):589-93.

Kumar NA, Vanlalzarzova B, Sridhar S, Baluswami M. Effect of liquid seaweed fertilizer of *Sargassum wightii* grev. on the growth and biochemical content of green gram (*Vigna radiata* (L.) R. wilczek). Recent Research in Science and Technology. 2012;4(4):40-45.

MINAG, Ministerio de la Agricultura. Manual práctico para uso de Bioproductos y fertilizantes líquidos. Departamento de Suelos y Fertilizantes. 2020. 21 p

Moreira A, Alfonso G. Inusual arribazón de *Sargassum fluitans* Børgesen) Børgesen en la costa centro-sur de Cuba. Revista de Investigaciones Marinas. 2013;33(2):17-20

Neag E, Stupar Z, Roman C. Effect of *Spirulina* spp. extracts on tomato and onion seed germination. Agricultura. 2022;3- 4(123-124):26-31.

Nicolás-Álvarez DE, Mateo-Cid LE, Mendoza-González A C, Gutiérrez-Ladrón de Guevara M, Reyes-Chaparro A. Utilization of Seaweed *Sargassum liebmannii* Extract as a Stimulant of Germination of *Pachyrhizus erosus*. JCBPS; Section E: Plant Biotechnology; Special Issue; 30 Nov.2014;4(5):56-61.

Noli ZA, Azwar M. Effects of *Sargassum crassifolium* Extract Formula as Biostimulant on Growth and Yield of *Glycine max* L. Merrill. Jurnal Biologi Tropis. 2021;21(3):691–7. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2842>

Nurjannah KAI, Amaliah NA, Junda M, Iriany N, Makkulawu AT, Karim H et al. The influence of fermented brown algae extract (*Sargassum* sp.) on corn plant growth (*Zea mays* L.). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021;911: 012051. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/911/1/012051

Permuy Arbelarde N, Rabí Bravo O, Pérez Rodríguez P. Guía técnica para la producción del cultivo del maíz (*Zea mays* L) en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas, 2000.

Radjassegarin A, Perumal A. Synergetic effects of seaweed extract and *Rhizobium* on cowpea. Natural Resources for Human Health. 2021;1(1):43-50. <https://doi.org/10.53365/nrfhh/141292>

Rady MM, Elrys AS, Selem E, Mohsen AAA, Arnaout SMAI, El-Sappah AH et al. *Spirulina platensis* extract improves the production and defenses of the common bean grown in a heavy metals-contaminated saline soil. Journal of Environmental Sciences. 2023; 129: 240–57. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.09.011>

Renault S, Masse J, Norrie JP, Blal B, Hijri M. A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. *Microbial Biotechnology*. 2019; 12(6):1346-58. doi: 10.1111/17517915.13473

Sariñana-Aldaco O, Benavides-Mendoza A, Robledo-Olivo A, González-Morales S. The Biostimulant Effect of Hydroalcoholic Extracts of *Sargassum* spp. in Tomato Seedlings under Salt Stress. *Plants*. 2022;11:3180. <https://doi.org/10.3390/plants11223180>

Sasikala M, Indumathi E, Radhika S, Sasireka R. Effect of Seaweed Extract (*Sargassum tenerrimum*) on Seed Germination and growth of Tomato Plant (*Solanum lycopersicum*). *International Journal of ChemTech Research*. 2016;9(9):285-93.

Shahriari AG, Mohkami A, Niazi A, Parizipour MHG, Habibi-Pirkoohi M. Application of Brown Algae (*Sargassum angustifolium*) Extract for Improvement of Drought Tolerance in Canola (*Brassica napus* L.). *Iran. J. Biotechnol*. January 2021;19(1): e2775. DOI: 10.30498/IJB.2021.2775

Shedeed ZA, Gheda S, Elsanadily S, Alharbi K, Osman MEH. *Spirulina platensis* Biofertilization for Enhancing Growth, Photosynthetic Capacity and Yield of *Lupinus luteus*. *Agriculture*. 2022;12:781. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060781>

Sivalingam KM. Isolation, identification and evaluation of *Spirulina platensis* for its effect on seed germination of groundnut (*Arachis hypogaea* L.), Wolaita Sodo, Southern Ethiopia. *J. Algal Biomass Utln*. 2020;11(2):34-42

Thinh NQ. Influences of seed priming with *Spirulina platensis* extract on seed quality properties in black gram (*Vigna mungo* L.). *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*. 2021;63(1):36-41. Doi: 10.31276/VJSTE.63(1).36-41

Tuhy, Ł., Samoraj, M., Witkowska, Z. y Chojnacka, K. Biofortification of maize with micronutrients by *Spirulina*. *Open Chem*. 2015;13:1119-26.

Vijayarasa K, Somasundaram S, Shanmugalingam S. Effects of natural and commercially available seaweed liquid extracts on growth and yield of *Vigna unguiculata* L. *Asian J. Biol. Sci.* 2019;12:487-91. doi:10.3923/ajbs.2019.487.491

Vijayanand N, Ramya SS, Rathinavel S. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 2014;3(2):150-5. doi: 10.1016/S2305-0500(14)60019-1

Widyastuti S, Geraldine BAFD, Sunarwidhi AL, Ariyana MD, Prasedya ES, Sunarpi H. The Use of Brown Algae Extract to Extend Shelf Life and Improve Post Harvest Quality of Tomato Fruit. *AIP Conference Proceedings*. 2019;2199:070008 <https://doi.org/10.1063/1.5141322>

Yao Y, Wang X, Chen B, Zhang M, Ma J. Seaweed Extract Improved Yields, Leaf Photosynthesis, Ripening Time, and Net Returns of Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). ACS Omega. 2020;5:4242–49. <https://dx.doi.org/10.1021/acsomega.9b04155>.

AVAL ADMINISTRATIVO DEL BENEFICIO ECONÓMICO O APOORTE SOCIAL

El trabajo titulado “Alternativas agroecológicas para incrementar la producción de granos en los cultivos de frijol y maíz” tuvo como objetivo esencial demostrar la posibilidad de utilizar con fines agrícolas el sargazo que arriba a las costas y que causa tanto daño ambiental, así como el polvo de Spirulina que es descartado para la confección de tabletas de uso farmacéutico.

Los resultados demostraron que un extracto acuoso de sargazo y uno alcohólico de Spirulina, a determinadas dosis, fueron capaces de incrementar la producción de granos y por ende, los rendimientos de los cultivos de maíz y frijol. Este resultado a nivel experimental revela las perspectivas que tienen esos extractos, que son preparados con recursos nacionales, de convertirse en candidatos a bioestimulantes agrícolas y de esta forma, ampliar la gama de productos que pueden ponerse a disposición de los productores.

Aunque estos extractos aún no han sido registrados como bioestimulantes por el MINAG y por ende, no pueden utilizados de forma extensiva ni comercializados, sí consideramos que el hecho de demostrar la posibilidad de ser usados con fines agrícolas es un resultado relevante, pues no habían antecedentes en el país del uso de extractos de sargazo y spirulina en la agricultura cubana.

Dr.C. Alexander Miranda Caballero
Director General
INCA

DICTAMEN DEL JURADO

El jurado del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA le otorgó la categoría de RELEVANTE al trabajo titulado “Alternativas agroecológicas para incrementar la producción de granos en los cultivos de frijol y maíz”. El mismo plantea, por primera vez, la utilización de extractos de algas obtenidos con materias primas nacionales como bioestimulantes para los cultivos de frijol y maíz; obteniendo incrementos en los rendimientos entre 20 y 30 %, lo que indica que la aplicación de estos extractos trae consigo beneficios económicos.

Los resultados se encuentran introducidos en la Finca La Pastora del municipio Jaruco y la Finca Las Papas del INCA. Además, estos resultados formaron parte de dos tesis de diploma de dos estudiantes de la UNAH y de dos publicaciones en proceso de arbitraje. Igualmente se han presentado en varios eventos nacionales e internacionales.

Dr.C. Yanitza Meriño Hernández
J° Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal
INCA

AVAL DE USUARIO

Desde la campaña 2022-2023 he estado vinculada a las investigaciones que se realizan en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas relacionadas con la aplicación de extractos de algas para incrementar los rendimientos. Así, en mi finca (Finca La Pastora, CCS “Raúl Hernández”, municipio Jaruco, provincia Mayabeque), con la asesoría del INCA, yo he venido utilizando técnicas agroecológicas que implican la utilización de estos extractos conjuntamente con la aplicación del biofertilizante EcoMic® y he obtenido muy buenos resultados, ya que prácticamente se triplicó la producción de tomate en esta campaña, así como se incrementó la producción de maíz y papa en un 30 % y además se benefició también la producción de ajo. En la actualidad, lo estamos aplicando en el cultivo del arroz.

En mi modesta opinión, yo apuesto por el extracto de sargazo, pues he observado que el tratamiento a las semillas previo a la siembra promueve la germinación y las plantas inicialmente crecen mejor, además, de que las aspersiones foliares, luego favorecen el rendimiento de los cultivos.

Felicia Mesa Pérez

Propietaria de la Finca La Pastora

CCS “Raúl Hernández”

Municipio Jaruco

Datos de los autores principales

Nombre: Miriam de la Caridad Núñez Vázquez

Edad: 75 años

Sexo: F

Correo electrónico: mnunez@inca.edu.cu

Categoría ocupacional: Investigador Titular

Nombre y dirección del Centro de trabajo: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). km 3½ Carretera San José-Tapaste, San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

Teléfono: 47848948

Organismo: Ministerio de Educación Superior (MES).

Nombre: Yanelis Reyes Guerrero

Edad: 40 años

Sexo: F

Correo electrónico: yanelisrg@inca.edu.cu

Categoría ocupacional: Directora de Desarrollo y Posgrado

Nombre y dirección del Centro de trabajo: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). km 3½ Carretera San José-Tapaste, San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

Teléfono: 47863773, 52791334 Móvil institucional

Organismo: Ministerio de Educación Superior (MES).