

Predicting Agricultural Yield in Beanstalk Cultivation

López Duany, Ariel; Marín Arias, Juan Carlos; Rivero González., Elsy María

 Ariel López Duany

dlopez@uo.edu.cu

Centro Universitario Municipal. San Luis. Universidad de Oriente. , Cuba

 Juan Carlos Marín Arias

jmarin@uo.edu.cu

Centro Universitario Municipal. San Luis. Universidad de Oriente, Cuba

 Elsy María Rivero González.

jmarin@uo.edu.cu

Empresa Agroforestal San Luis. , Cuba

Sapientia Technological

Instituto Tecnológico Superior Almirante Illingworth, Ecuador

ISSN-e: 2737-6400

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. 1, 2024

sapientiatechnological@aitec.edu.ec

Recepción: 14 Noviembre 2023

Aprobación: 19 Diciembre 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/576/5764724011/>

DOI: <https://doi.org/10.58515/021RSPT>

Resumen: La investigación fue realizada en el contexto de agricultura familiar de la Cooperativa de Crédito y Servicio Antonio Guiteras Holmes. Comprendió el periodo óptimo de siembra del año 2022. El objetivo fue seleccionar un modelo lineal de predicción del rendimiento agrícola, en función del efecto exógeno de oligogalacturónidos de origen péctico (0, 5, 10 y 15 miligramos por litros) sobre las variables morfoproductivas (número de hojas, longitud de las vainas, número de granos, peso de las vainas y rendimiento agrícola) de la variedad de habichuela Lina (*Vigna unguiculata* L.). Los tratamientos fueron distribuidos en formato de diseño Bloque al azar conformado por tres réplicas. Los datos fueron asignando a cada parcela experimental y sometida a prueba de Shapiro-Wilk para probar su normalidad, análisis de varianza de clasificación simple y comparación múltiple de medias mediante el Test de Tukey 5% de probabilidad, así como de correlación y regresión lineal simple. Existió diferencia estadística de las dosis 5, 10 y 15 miligramos por litros en relación al tratamiento control. Para el escenario investigativo la dosis de 10 miligramos por litros fue la de mejor resultado en el cultivo. Las correlaciones evaluadas fueron fuertes y positivas, sobresaliendo la longitud de las vainas versus rendimiento agrícola con coeficiente de correlación de Pearson $\geq 0,9653$), coeficiente de determinación ajustado = 0,9249; cuadrado medio del error = 0,1567, criterio de información de Akaike = 0,5351.

Palabras clave: correlación de Pearson, morfoproductividad, oligogalacturónidos, regresión lineal, *Vigna unguiculata*.

Abstract: The research was carried out in the context of family farming of the Antonio Guiteras Holmes Credit and Service Cooperative. It included the optimal sowing period of the year 2022. The objective was to select a linear model for the prediction of agricultural yield, based on the exogenous effect of pectic oligogalacturonides (0, 5, 10 and 15 milligrams per liter) on the morphoproductive variables (number of leaves, length of the pods, number of grains, weight of the pods and agricultural yield) of the bean variety Lina (*Vigna unguiculata* L.). The treatments were distributed in a random block design format made up of three replicates. The data were assigned to each experimental plot and subjected to the Shapiro-Wilk test to prove its normality, simple classification analysis of variance and multiple comparison of means using the Tukey 5% probability test, as well as correlation and simple linear regression. There was a statistical difference in the doses 5, 10 and 15 milligrams per

liter in relation to the control treatment. For the investigative scenario, the dose of 10 milligrams per liter was the best result in the culture. The evaluated correlations were strong and positive, standing out the length of the pods versus agricultural yield with Pearson's correlation coefficient ≥ 0.9653 , adjusted coefficient of determination = 0.9249; error mean square = 0.1567, Akaike information criterion = 0.5351.

Keywords: Pearson correlation, morphoproductivity, oligogalacturonides, lineal regression, *Vigna unguiculata*.

INTRODUCCIÓN

El 2016 fue declarado año Internacional de las Legumbres, en función de sensibilizar la opinión pública mundial sobre sus ventajas e impacto en la seguridad alimentaria y nutricional (ONU, 2018). Por disímiles razones (Gaucín, 2016), se le adjudican excelentes propiedades alimenticias y nutricionales (Bayard; Orberá, 2020); siendo en Cuba muy demandada por la población (Calero et al., 2020).

En cambio, la agudización del conflicto Rusia-Ucrania limita el acceso de países y productores agrícolas menos favorecidos a insumos esenciales como los fertilizantes (ONU, 2023), impactando en el rendimiento agrícola de las hortalizas, y generando desabastecimiento e incrementando el índice de precio al consumidor.

Los sistemas de producción actuales son muy dependientes de los productos químicos para producir alimentos (Naqqash et al., 2016), con un uso muy ineficiente (Sánchez et al., 2011), provocando daños irreparables a los ecosistemas (Torrealba et al., 2014); por lo que existe la necesidad de producir alimentos para la humanidad de forma rápida, en armonía con el ambiente (Raza et al., 2019).

Un aspecto clave lo constituye la agricultura familiar, y su impacto en el autoabastecimiento alimentario local (Betto, 2021); sustentada en principios sostenibles, productivos, flexibles e innovadores (Douwe, 2013), donde el uso de bioproductos agrícolas (Tamayo, 2020) como los de origen péctico constituya una alternativa sugerente para la producción de habichuela Lina. Por tanto, se hace necesario el empleo de bioestimulantes agrícolas que intervengan en crecimiento y procesos biológicos importantes de las plantas para producir con mayor rendimiento y calidad de los frutos (Abdel, 2019).

Los oligogalacturónidos son subproductos que contienen pectina (Babbar, 2015), y están presente en la pared celular de los vegetales (Singh, 2020), e intervienen en procesos fisiológicos como la síntesis y acción de fitohormonas, así como en la organogénesis y crecimiento de las plantas (Guarnizo et al., 2020; Savatin et al., 2011).

Diversos autores han evaluado su efectividad como bioestimulantes en especies de interés económico (Inifat, 2007; Torrealba et al., 2014; Calero et al., 2020), con resultados relevantes en el desarrollo morfoproductivo de estas. Sin embargo, los bajos rendimientos agrícolas por unidad de superficie, inducen al incumplimiento de los compromisos sociales y productivos pactados por la Cooperativa de Crédito y Servicio Antonio Guiteras Holmes, lo que condujo a la búsqueda de un modelo de regresión lineal que prediga con máxima exactitud el este indicador en la habichuela Lina, contextualizado en las realidades del agroecosistema familiar.

En consecuencia, el estudio consistió en la aplicación exógena de oligogalacturónidos, sobre las variables morfoproductivas de la variedad de habichuela Lina, con el objetivo de indagar sus correlaciones y asumir el modelo que mejor permita estimar el rendimiento agrícola en este escenario productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el contexto de agricultura familiar de la Cooperativa de Crédito y Servicio Antonio Guiteras Holmes, Consejo Popular Enma Rosa Chuig, San Luis, Santiago de Cuba, Cuba, sobre suelo pardo mullido carbonatado (Hernández et al., 2015), cuyas características se muestra a continuación en la Tabla 1.

TABLA 1
Características químicas del sustrato utilizado para la siembra del cultivo de la habichuela Lina

pH	P2O5	K2O	MO
KCL	(mg 100 g)	(mg 100 g)	%
5,1	7,5	13,75	2

pH: concentración de iones de hidrógenos. P2O5: pentóxido de difósforo. K2O: óxido de potasio. MO: materia orgánica.
Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

El experimento comprendió los meses mayo-junio dentro del periodo óptimo de siembra de la variedad de habichuela Lina (Inifat, 2007), sustentado en la tecnología de huerto intensivo, con 12 parcelas experimentales de 1,0 m de ancho por 10 m de largo, y una distribución de Bloque al Azar de tres replicas y cuatros tratamientos, con una densidad de siembra de 1200 plantas en el experimento.

Se emplearon semillas certificadas con un potencial productivo de 2,5-3,5 Kg m⁻²; procedentes de la Empresa Nacional de Semillas. El sistema de siembra fue realizado con suficiente humedad para asegurar la germinación de las plantas, a doble hilera, de forma directa y depositando dos semillas por nido a 20 cm entre plantas.

Según estudios realizados (Bao et al., 2013; Álvarez; Reynaldo, 2015; Suárez; Hernández, 2015; Cartaya et al., 2017; Lara et al., 2018; Lara et al., 2021; Pérez et al., 2022; Reyes et al., 2023) se concibieron los siguientes tratamientos: (semilla sin tratar con OGAs, 0 mg L⁻¹); (semilla embebidas en OGAs a 5 mg L⁻¹ más aplicación foliar de OGA a 5 mg L⁻¹ a los 15 y 30 días después de la siembra (DDS); (semilla embebidas en OGAs a 10 mg L⁻¹ más aplicación foliar de OGAs a 10 mg L⁻¹ a los 15 y 30 DDS), (semilla embebidas en OGAs a de 15 mg L⁻¹ más aplicación foliar de OGAs a 15 mg L⁻¹ a los 15 y 30 DDS).

Como actividad previa a la siembra, las semillas, fueron depositadas inicialmente en un recipiente para ser desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% durante 10 minutos, luego sumergida en otro depósito para ser lavadas en tres ocasiones con agua destilada, después introducida solución de oligogalacturónidos durante 1 hora, para finalmente ser secadas a la sombra y depositada sobre papel filtro para luego ser sembradas, no así para el tratamiento control, las cuales fueron embebidas en agua.

Las aspersiones foliares se realizaron con Mochila Pimate WS de 16 litros de capacidad, en horario temprano de la mañana (6:00 a 9:00 am) aprovechando la apertura estomática de las plantas tratadas.

Fueron evaluadas las variables: número de hojas por plantas (u); longitud de las vainas (cm); número de granos (u), peso de las vainas (g) y el rendimiento agrícola (kg m⁻²). Para el área de cálculo del experimento se asumieron 5 plantas centrales de cada parcela experimental.

Los datos fueron asignando a cada parcela experimental, sometidos al análisis pruebas de Shapiro-Wilk para probar la normalidad de los datos, análisis de varianza de clasificación simple y comparación múltiple de medias mediante el Test de Tukey 5% de probabilidad, así como de correlación y regresión lineal simple InfoStat.

DISCUSIÓN

El análisis de varianza, demostró un efecto de los oligogalacturónidos sobre las variables morfoproductivas número de hojas, longitud de las vainas, número de granos, peso de las vainas, y rendimiento agrícola de la variedad de habichuela Lina (*Vigna unguiculata*) (Tabla 2).

A su vez, para un nivel de significación de ($p > 0,05$), las plantas tratadas con diferentes dosis de OGAs favorecieron la formación de hojas por plantas en relación al tratamiento control (0 mg L^{-1}) (15,73 u). En particular se observó un mejor comportamiento en el desarrollo foliar con las dosis de (10 mg L^{-1}), al promediar 23,40 hojas, seguida de (5 mg L^{-1}) con (18,87 u), (15 mg L^{-1}) con (18,33 u).

Algo similar ocurrió en el clon de yuca Señorita, al aplicar ANA ($0,04 \text{ mg L}^{-1}$) y concentraciones de 5 y 10 mg L^{-1} de OGAs, en consecuencia, se manifestó un incrementando el proceso de formación de hojas (Lorenzo; Hernández, 2015). Concentración de 9 mg L^{-1} de OGAs combinado con 2 mg L^{-1} de auxina, garantizó una mayor área foliar, con elevada tasa fotosintética y conductancia estomática en el cultivo papaya (*Carica papaya*) (Posada et al., 2016).

En cuanto a la variable longitud de las vainas, en estas fueron relativamente más largas en plantas tratadas con OGAs, al contrario de lo ocurrido en el tratamiento control (0 mg L^{-1}) (21,13 cm). Indiscutiblemente las dosis que mejor resultado expresó en este indicador fue la de 10 mg L^{-1} , con tasa promedio de crecimiento de (32,33 cm), seguida por (15 mg L^{-1}) (26,80 cm) y (5 mg L^{-1}) (25,47 cm), esta dos últimas sin diferencias estadísticas entre ellas.

Del mismo modo se pudo observar un incremento en la longitud de las vainas en plantas tratadas con cachaza y Enerplant, apreciable cuando se aplicó ccachaza a razón de $2 \text{ kg m}^{-2} + \text{OGAs}$ a razón de $1,3 \text{ mL ha}^{-1}$ en la variedad de habichuela Lina (López et al., 2021). También se confirmó que el humus de lombriz y aplicación foliar de OGAs incrementaron la longitud promedio de las vainas en habichuela (Baldaquín; Labrada, 2018).

El número de grano promedio por vainas, fue superior en aquellas plantas que les fueron realizadas aplicaciones foliares de OGAs, los mejores resultados se obtuvieron con dosis de (10 mg L^{-1}) (19,00 u). No se evidenció diferencias significativas cuando se emplearon dosis de (5 y 15 mg L^{-1}) (17,20 u) (17,13 u). Los resultados más discretos correspondieron al tratamiento control (0 mg L^{-1}) (17,20 u).

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variable número de granos estuvo favorecida en los tratamientos que recibieron aporte hídrico y aplicación foliar de Petimorf (Dell#Amico et al., 2017). En cambio, la respuesta agronómica del cultivo habichuela ante la aplicación de humus de lombriz y oligogalacturónido, indujo resultados superiores en el número de granos por vainas en comparación con el testigo (Baldaquín; Labrada, 2018).

Según resultados, se pudo inferir que la aplicación exógena de OGAs a 10 mg L^{-1} fue la dosis que más favoreció el peso de las vainas en la habichuela Lina con 7,11 gramos como promedio, seguida de 5 mg L^{-1} (6,46g) y 15 mg L^{-1} (6,14 g) respectivamente, ambas sin diferencias significativas entre ellas; de modo contrario, resultados más discretos se manifestaron en el tratamiento control (5,15 g).

En tal sentido, resultó interesante la aplicación de este tipo de producto bioactivo, pues favoreció la variable masa fresca de las vainas de habichuela, indicando que aplicación exógena de la mezcla de oligogalacturónidos constituye una alternativa a tener en cuenta para la producción de habichuela, ya que facilitó el crecimiento y desarrollo de las vainas formadas en las plantas asperjadas respecto al tratamiento control (Nápoles et al., 2016). Dicha actividad biológica está determinada por su grado de polimerización, la especie de planta y la concentración a la cual son aplicados (Mederos et al., 2016); por tanto, entre los tratamientos se evidenció un incremento en el rendimiento en comparación con el tratamiento control.

TABLA 2
Efectos de los oligogalacturónidos sobre indicadores morfoproductivos de la variedad de habichuela Lina

Dosis	NH (cm)	LV (cm)	NG (u)	PV (g)	R (kg·m ²)
0	15,73c	21,13c	15,00c	5,15c	2,25d
5	18,87b	25,47b	17,20b	6,46b	2,76c
10	23,40a	32,33a	19,00a	7,11a	4,19a
15	18,33b	26,80b	17,13b	6,14b	3,17b
CV (%)	9,17	8,22	8,64	11,12	11,43

NH: número de hojas; LV: longitud de las vainas; NG: número de granos; PV: peso de las vainas; R: rendimiento agrícola. Medias con letras común no son significativamente diferentes para Test de Tukey ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

NH: número de hojas; LV: longitud de las vainas; NG: número de granos; PV: peso de las vainas; R: rendimiento agrícola. Medias con letras común no son significativamente diferentes para Test de Tukey ($p < 0,05$).

El efecto de oligogalacturónidos provocó vainas de mayor longitud y masa, lo que incidió de manera positiva en los rendimientos agrícolas obtenidos. Los mejores resultados en este indicador evaluado, se manifestaron con la dosis de 10 mg L⁻¹, con un rendimiento promedio de 4,19 kg m⁻², superando los tratamientos de 15, 5, 0 mg L⁻¹ (24,3%; 34,1%; 46,3%) respectivamente. Estudios demostraron resultados similares al comprobar la acción de los oligosacáridos de origen péctico en el rendimiento del cultivo del tomate (García et al., 2009), así mismo al medirse la respuesta del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.) Var. Lina a diferentes formas de aplicación del Pectimorf (Nápoles et al., 2016).

Los datos fueron sometidos a Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilks modificado) para verificar la existencia de normalidad en ellos (n=60) (Tabla 3).

TABLA 3
Prueba de normalidad Shapiro – Wilks para las variables morfoproductivas de la variedad de habichuela Lina

Modelos	n	Media	w	p
NH	60	18,45	0,9271	0,0056
LV	60	26,17	0,9548	0,1544
NG	60	17,05	0,9476	0,0731
PV	60	6,21	0,9233	0,0042
R	60	5,870	0,9331	0,0278

NH: número de hojas; LV: longitud de las vainas; NG: número de granos; PV: peso de las vainas; R: rendimiento agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

La exploración estadísticos confirmó para las variables evaluadas un valor $p > 0,05$, por lo que estos tienen una distribución normal resultados que coinciden con los obtenidos al evaluar el potencial agronómico de 18 líneas de frijol F6 en Ecuador (Garcés et al., 2015), a diferencia cuando se evaluó la respuesta de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones inducidas de estrés térmico (Collado et al., 2016).

El 100% de relaciones establecidas entre las variables morfoproductivas evaluadas y el rendimiento, sometidas a aplicación exógena de oligosacáridos pécticos, fueron lineales, positivas, fuertes y significativa para ($p < 0,05$). En particular, la correlación más alta correspondió a la establecida entre el rendimiento y la longitud de las vainas ($r = 0,9653$); seguida del número de hojas ($r = 0,8806$), luego de número de granos ($r = 0,8733$), finalmente el peso de las vainas ($r = 0,7859$) (Figura 1).

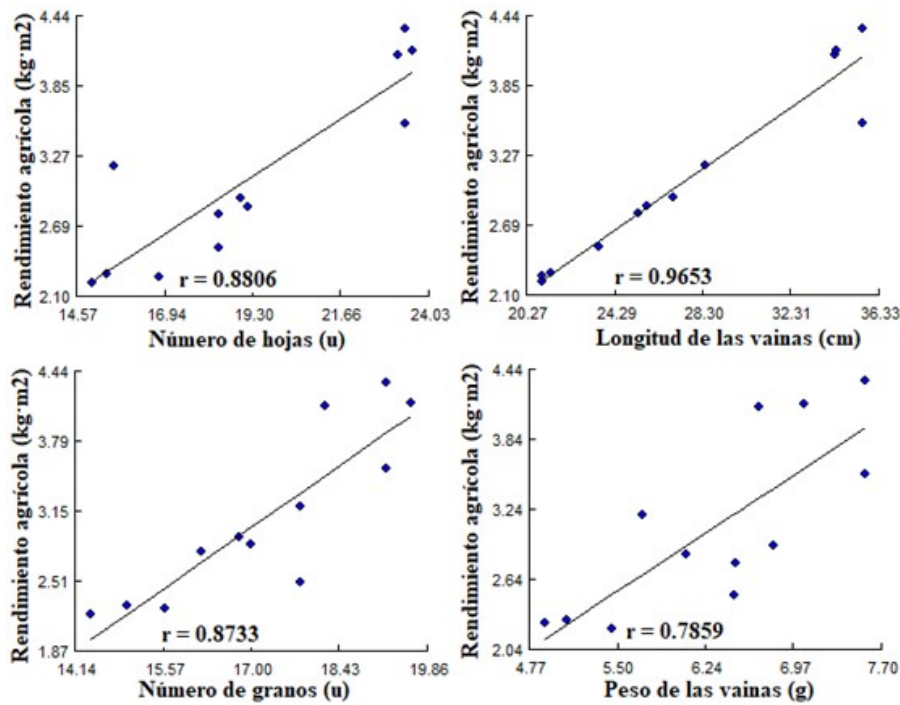


FIGURA 1

Gráfico de correlación (r) entre las variables morfoproductivas de la variedad de habichuela Lina (*Vigna unguiculata*) sometida aplicación de oligogalacturónidos.

Fuente: Elaboración propia.

La correlación de Pearson con mayor significación respondió, a la establecida entre la longitud de la vaina y el rendimiento agrícola, resultados que concuerdan con los reportados al realizar evaluación y estudio de heredabilidad de algunos cultivares locales de (*Phaseolus lunatus* L.) del sudeste de Nigeria ($r = 0,71$) (Sikirat; Morufat, 2007); que difieren de los reportados en estudios similares ($r = 0,20$) (Torrealba et al., 2014); ($r = 0,31$) (Lamz et al., 2016); ($r = -0,04$) (Lescay et al., 2017).

La estimación del rendimiento agrícola en Kg m^{-2} a través de modelos ajustados para las variables evaluadas en la variedad de habichuela Lina, se sustentó en indicadores previamente considerados: coeficiente de determinación ajustados (R_{aj}); criterio de información de Akaike (AIC), organizados en intervalos (González et al., 2022) (Tabla 4).

TABLA 4

Modelos de regresión ajustados para las variables morfoproductivas de la variedad de habichuela Lina

Modelos	R _{2aj}	CME	P	AIC
NH	0,7589	0,0196	0,0001	10,43
LV	0,9249	0,1567	0,0001	0,5351
NG	0,7389	0,2741	0,0002	1,548
PV	0,5794	0,3121	0,0024	21,20

NH: número de hojas; LV: longitud de las vainas; NG: Número de granos; PV: peso de las vainas.

Fuente: Elaboración propia.

El modelo de regresión lineal de mejor predicción correspondió al configurado entre la longitud de las vainas y el rendimiento agrícola, $R = -0,4718 + 0,1283 (LV)$; al mostrar los valores (AIC) más bajos (Amin, 2014; Delgadillo et al., 2016) y (R_{aj}) más altos (Ávila et al., 2016; González et al., 2022) (Tabla 5).

TABLA 5
 Estimación del rendimiento agrícola kg m² en la variedad de habichuela Lina Vigna unguiculata R 04718 01283 LV

Dosis	LV (cm)	R (kg m ²)
0 mg L ⁻¹	21.13	2.24
5 (mg L ⁻¹)	25.47	2.80
10 mg L ⁻¹	34.77	3.99
15 mg L ⁻¹	26.80	2.97

NH: número de hojas; LV: longitud de las vainas; NG: número de granos; PV: Peso de las vainas.
 Fuente: Elaboración propia.

El modelo de predicción permitió estimar el rendimiento agrícola en magnitud de Kg m²⁻¹, e incluye el 83,3 % de los datos dentro de la banda de confianza al 95 %, para cada uno de los valores de la variable independiente longitud de la vaina (cm) (Figura 2).

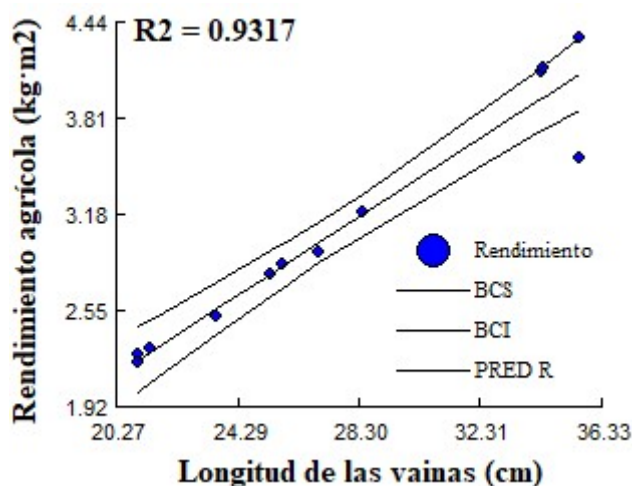


FIGURA 2

Bandas de confianza. BCS: banda de confianza superior; BCI: banda de confianza inferior.
 Banda de predicción al 95% para el modelo de regresión $R = -0,4718 + 0,1283 (LV)$.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La aplicación exógena de evidenció un efecto positivo en la variedad de habichuela Lina, con diferencias significativas en los indicadores morfoproductivos evaluados (número de hojas, longitud de las vainas, número de granos, peso de las vainas y rendimiento agrícola) en relación al tratamiento control.

Todas las correlaciones establecidas entre el rendimiento agrícola y el resto de las variables morfoproductivas, fueron lineales, positivas, fuertes y significativa.

El modelo de regresión lineal que mejor predicción en el contexto de agricultura familiar de la Cooperativa de Crédito y Servicio Antonio Guiteras Holmes, fue la establecida entre el rendimiento agrícola y la longitud de la vaina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel, M. E., Morsi, S.M.M., Salama, D.M., Abdel M.S., Abd, M.S., Shaaban, E.A., Youssef, A.M. (2019). Preparation and characterization of chitosan/polyacrylic acid/copper nanocomposites and their impact on onion production. *Int. J. Biol. Macromol*, 123, 856-865. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.155>.
- Álvarez, I., y Reynaldo, I.M. (2015). Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 36 (3), 82–87. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n3/ctr13315.pdf>
- Amin, M., Amanullah, M., and Akbar, A. (2014). Time Series Modeling for forecasting wheat production of Pakistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24 (5), 1444-1451. <https://www.thejaps.org.pk/docs/v-24-5/24.pdf>
- Ávila, N.Y., Murillo, B., Espinoza, J.L., Palacios, A., Guillén, A., Luna, R., y García, J. L. (2010) Modelos de predicción del rendimiento de grano y caracterización de cinco cultivares de frijol yorimón. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12 (1), 11-18. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93913074002.pdf>
- Babbar, N., Dejonghe, W., Gatti, M., Sforza, S., and Kathy, E. (2015). Pectic oligosaccharides from agricultural byproducts: production, characterization and health benefits. *Critical Reviews Biotechnol*, 21–13. <https://doi.org/10.3109/07388551.2014.996732>
- Baldaquín, M., y Labrada, M. A. (2018). Respuesta agronómica del cultivo habichuela (*Vigna unguiculata* L.) ante la aplicación de Humus de lombriz y Enerplant. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 2 (2), 1-12. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/369/598>
- Bao, L., Hernández, R.M., Diosdado, E., Román M.I., González, C., Rojas, A., y Rodríguez, A. (2013). Embriogénesis somática de *Citrus macrophylla* Wester con el empleo del Pectimorf y análogos de brasinoesteroides. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15, 189–94. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77628609021.pdf>
- Bayard, I., y Orberá, T.M. (2020). Fertilización de Habichuela Larga con biopreparados bacterianos, materia orgánica y fertilizante NPK. *Rev. Cubana Quím*, 32 (2), 299-310. <https://www.redalyc.org/journal/4435/443564573009/html/>
- Betto, F. (2021). Cartilla popular del Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional de Cuba. Disponible en: <https://plansan.org> > Cartilla Popular.
- Calero, A., Pérez, Y., González, Y., Yanes, L.A., Olivera, D., Peña, K., y Meléndrez, J.F. (2020). Respuesta agroproductiva de la habichuela *Phaseolus vulgaris* L a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Revista de la Facultad de Ciencia Nacional de Colombia*, 112–124. doi: <https://doi.org/10.15446/rev>
- Cartaya, O., Guridi, F., Cabrera, A., Moreno, A.M., y Hernández, Y. (2017). Efecto de la aplicación foliar de oligogalacturónidos a plántulas de tomate *Solanum Lycopersicum* L. en la fitoextracción de cobre de suelo contaminado. *Cultivos Tropicales*, 38 (3), 142-147. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n3/ctr20317.pdf>
- Collado, R., Carabeo, A., Poveda, I., Rojas, L., Leiva, M., García, L.R., Veitía, N., Martirena, A., Torres, D., y Rivero, L. (2016). Respuesta del cultivares de *Phaseolus vulgaris* en condiciones inducida de estrés térmico. *Biotecnología Vegetal*, 16, 45-51. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/509/pdf>
- Delgadillo, O., Ramírez, P.P., Leos, J.A., Salas, J.M., y Valdez, R.D. (2016). Pronósticos y series de tiempo de rendimientos de granos básicos en México. *Acta Universitaria*, 26 (3). https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/882/pdf_150
- Dell#Amico, J., Morales, D., Jerez, E., Rodríguez, P., Álvarez, I., Martín, R., y Días, Y. (2017). Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de Pectimorf en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 38 (3), 129-134. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193253129018>
- Douwe, J. (2013). Agricultura familiar campesina. *Revista de agroecología LEISA*, 29 (4), 3-35. <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol29n4.pdf>
- Garcés-Fiallos, F., Olmedo-Zamora, I., Garcés-Estrella, R., & Díaz-Coronel, T. (2015). Potencial agronómico de 18 líneas de fréjol F6 en Ecuador. *Idesia (Arica)*, 33(2), 107-118. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-3429201500200013>

- García, M.L., Martínez, V., Avendaño, A.N., Padilla, M.C., y Izquierdo, H. (2009). Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. *Revista fitotecnia mexicana*, 32 (4), 295–301. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v32n4/v32n4a8.pdf>
- Gaucín, D. (2016). *Producción y consumo de legumbres (I)*. El Economista. <https://www.economista.com.mx/opinion/Produccion-y-consumo-de-legumbres-I-20160615-0010.html>
- González, H.D., Valencia, S., y González, D.U. (2022). Tabla de rendimiento de biomasa para *Euphorbia antisiphilitica* al norte de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13 (3), 443- 453. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2908>
- Guarnizo, N., Oliveros, D., Murillo, W., and Bermúdez, M. B. (2020). Oligosaccharides: Defense inducers, their recognition in plants, commercial uses and perspectives. *Molecules*, 25 (24), 5972. <https://doi.org/10.3390/molecules25245>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., y Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Disponible en: de <http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacions>.
- Inifat. (2007). Manual técnico para organopónico, huertos intensivos y organoponía semiprotégida, Sexta edición, La Habana, Cuba. <https://we.riseup.net/assets/70286/Manual.Tecnico.para.Organoponicos..Cuba.INIFAT.AC.TAF.2007.pdf>
- Lamz, A., Cárdenas, R., Ortiz, R., Montero, V., Martínez, B., De la Fé, C., Duarte, Y., & Alfonso, L. (2016). Evaluación del comportamiento agro-morfológico a partir de la caracterización de la variabilidad en líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sembradas en época tardía. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 108-114. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000200013&lng=es&tlng=es.Lamz
- Lara, D., Costales, D., y Falcón, A. (2018). Los oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Cultivos Tropicales*, 39 (2), 127-134. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193260623020/html/>
- Lara, D., Ramírez, M., Leija, A., Costales, D., Nápoles, M.C., Falcón, A. B., y Hernández, G. (2021). Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en la fijación simbiótica del nitrógeno en frijol común. *Agronomía Colombiana*, 39,30-36. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20210408864>
- Lescay, E., Vázquez, Y., y Fernando, F. (2017). Variabilidad y relaciones fenotípicas en variables morfoagronómicas en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Centro Agrícola*, 44 (4), 58-64. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2017/vol44/no4/9.pdf>
- López, A., Aquino, E., Nápoles, S., Alarcón, C.O., y González, J. (2021). Efectos de los oligogalacturónidos y sustrato orgánico en el comportamiento morfoproductivo de la habichuela Lina (*Vigna unicalata* L.). *Pesquisas agrárias e ambientais*, 6, 119-133. DOI <https://doi.org/10.46420/9786588319796>
- Lorenzo, L., y Hernández, M.M. (2015). Efecto del Pectimorf en el cultivo de ápices de plantas in vitro de yuca (*Manihot esculenta* crantz), clones 'CMC-40' y 'Señorita'. *Cultivos Tropicales*, 36 (4), 55-62. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243175007.pdf>
- Mederos, T. Y., Hormaza, M. J., Reynaldo, E. I., y Hormaza, J. (2016). Características metrológicas en la determinación de ácidos urónicos para el control de la calidad en mezclas de oligogalacturónidos. *Cultivos Tropicales*, 37 (1),136-141. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n1/ctr19116.pdf>
- Nápoles, S., Garza, T., y Reynaldo, I. (2016). Respuesta del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L). var. Lina a diferentes formas de aplicación del Pectimorf. *Cultivos Tropicales*, 37 (3), 172-177. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n3/ctr19316.pdf>
- Naqqash, T., Hameed, S., Imran, A., Hanif, M. K., Majeed, A., and Van, J. D. (2016). Differential Response of Potato Toward Inoculation with Taxonomically Diverse Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Front Plant Sci*, 7-144. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00144>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Repercusiones del conflicto entre Ucrania y la Federación de Rusia en la seguridad alimentaria mundial y asuntos conexos en relación con el mandato de la

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). Disponible en: <https://www.fao.org/3/nj164es/nj164es.pdf>. Acceso 19 de junio de 2023
- Pérez, G., López, I., Martínez, L., Reyes, Y., y Núñez, M.C. (2023). Bioestimulantes promueven la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) en medio salino. *Cultivos Tropicales*, 43 (2), 1-12. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1661/pdf>
- Posada, L., Padrón, Y., González, J., Rodríguez, R., Barbón, R., Norman, O... et al. (2016). Efecto del Pectimorf en el enraizamiento y la aclimatización in vitro de brotes de papaya (*Carica papaya* L.) cultivar Maradol Roja. *Cultivos Tropicales*, 37 (3), 50-59. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193246976005.pdf>
- Raza, A., Razaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., and Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants (Basel)*, 8, 1-29. doi: <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Reyes, J.J., Llerena, L.T., Torres, J.A., y Hernández L.G. (2023). Optimización de la dosis de oligogalacturónidos en la propagación vegetativa de dos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), bajo condiciones controladas en vivero. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1648>
- Sánchez, L., Díez, J. A., Vallejo, A., y Cartagena M. C. (2011). Denitrification losses from irrigated crops in central Spain. *Soil Biol. Biochem.*, 33(9), 1201-1209. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00024-4)
- Savatin, D.V., Ferrari, S., Sicilia, F., and De Lorenzo, G. (2011). Oligogalacturonide auxin antagonism does not require posttranscriptional gene silencing or stabilization of auxin response repressors in Arabidopsis. *Plant physiology*, 157, 1163-74. <https://doi.org/10.1104/pp>
- Sikirat, A., Morufat, B. (2007). Evaluation and heritability studies of local Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) cultivars from south-west Nigeria. *Revista UDO Agrícola*, 7, (1), 22-28. <https://www.bioline.org.br/pdf?cg07004>
- Singh, R. P., Prakash, S., Bhatia, R., Negi, M., Singh, J., Bishnoi, M., and Kondepudi, K. K. (2020). Generation of structurally diverse pectin oligosaccharides having prebiotic attributes. *Food Hydrocolloids*, 108, 105988. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105988>
- Tamayo, Y., Juárez, P., Capdevila, W., Lescaille, J., y Terry, E. (2020). Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 667-678. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v38n3/2395-8030-tl-38-03-667.pdf>
- Torrealba, G., Reina, Y., León, O., Martínez, G., Higuera, A., y Sáez, T. (2014). Evaluación y selección participativa de cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Agronomía Trop*, 64 (1-2), 73-81. <https://ve.scielo.org/pdf/at/v64n1-2/art08.pdf>