

Interacción de bioproductos como alternativas para la producción horticultura cubana

Interaction of bioproducts as alternatives for Cuban horticulture production

ELEIN TERRY-ALFONSO, JOSEFA RUIZ-PADRÓN, TAMARA TEJEDA-PERAZA, INÉS REYNALDO-ESCOBAR, YUDINES CARRILLO-SOSA Y HUGO ARMANDO MORALES-MORALES

Recibido: Noviembre 1, 2014

Aceptado: Febrero 13, 2015

Resumen

Con el propósito de promover el desarrollo tecnológico para incrementar la productividad agrícola, aprovechar los recursos locales y disminuir los efectos negativos sobre el medio ambiente de los agroinsumos sintéticos, se han implementado múltiples alternativas en Cuba dentro de las cuales destaca la utilización de bioproductos que han demostrado su efectividad biológica en diferentes cultivos. En la presente investigación se estudiaron seis bioproductos, dos biofertilizantes y cuatro bioestimulantes. Los biofertilizantes fueron una micorriza (HMA), y una rizobacteria (DCA). Los bioestimulantes fueron el estimulante del crecimiento vegetal (RPCV), el extracto de vermicompost (EV), y una mezcla de oligogalacturonido (MOG) con un análogo de brasinoesteroides (AB), para lo cual se evaluó sistemáticamente el efecto biológico en la germinación, crecimiento, desarrollo y rendimiento de tres cultivos modelo, tomate, lechuga y habichuela. La investigación fue dividida en dos etapas, I: efecto biológico en la germinación de semillas, experimento desarrollado bajo un diseño completamente aleatorizado con 10 tratamientos y tres repeticiones y II: efecto aditivo de los bioproductos y su influencia en las plantas, en el cual se desarrollaron tres experimentos de campo con aplicaciones simples y combinadas de los productos estudiados. Los resultados indican que el EV acelera el proceso de germinación de las semillas, además se observó un efecto aditivo de los bioproductos, con un incremento del rendimiento en un 20% en lechuga, 30% en habichuela y 50% en tomate. Al parecer, este efecto aditivo depende del mecanismo de acción de los diferentes bioproductos (biofertilizantes y bioestimulantes), los cuales deben ser aplicados a los cultivos en diferentes etapas fenológicas de los cultivos.

Palabras clave: bioproductos, hortalizas, crecimiento, desarrollo, rendimientos.

Abstract

In order to promote the technological development to increase agricultural productivity, leverage local resources and reduce the negative effects on the environment of the synthetic agricultural supplies, many alternatives have been implemented in Cuba, within which highlights the use of bioproducts which have demonstrated their biological effectiveness in different crops. In the present investigation, six bioproducts: two biofertilizers, and four bio stimulants were studied. Biofertilizers were a mycorrhizal (HMA) and a rizobacteria (DCA). The bio stimulants were stimulating plant growth (RPCV), vermicompost extract (EV), and a mixture of oligogalacturonide (MOG) with an analogue of brassinosteroids (AB). The biological effect of bioproducts on germination, development and yield of three crops models: tomato, lettuce, and green bean were systematically evaluated. The study was divided in two stages. I: biological effect on seed germination experiment developed under a completely randomized design with 10 treatments and three replications, and, II: additive effect of the bioproducts and its influence on plants, in which three field experiments were developed with simple and combined applications of the products studied. The results indicate that the VE accelerates seed germination, in addition an additive effect of the bioproducts was observed, with an increase in yield by 20% in lettuce, 30% in green bean and 50% in tomato. Apparently this additive effect depends on the mechanism of action of various bioproducts (bio-fertilizers and bio stimulants), which should be applied to crops at different phenological stages of crops.

Keywords: bioproducts, vegetables, growth, development, yield.

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera Tapaste, km 3 ½. San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba. C.P. 32700. Correo-e: terry@inca.edu.cu. Teléfono(00) 53 47861273.

² Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Cd. Delicias Carretera a Rosales km 2 ½. Chihuahua, México. C.P. 33000. Teléfono +52 (639) 114 67 96.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: hmoraes@uach.mx.

Introducción

Los bioproductos (BP) están constituidos por un amplio grupo de biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas, y son el resultado de la aplicación de la biotecnología que transforma la biomasa (cultivos de no alimentación, masa forestal, residuos vegetales, etc.) en insumos agrícolas, su empleo en la producción de alimentos ha cobrado importancia a escala mundial, pues forman parte de la agricultura ecológica como apoyo en el proceso de reconversión agrícola (Ramos *et al.*, 2013).

Los BP son un componente básico de los sistemas sustentables por su contribución en la reducción de insumos externos, por mejorar la calidad y cantidad de los recursos internos, y por su inocuidad; además, pueden ser generados a partir de recursos locales y promover el desarrollo regional endógeno (Jay *et al.*, 2011; Doyle y Erickson, 2012).

Como estrategia de desarrollo, el Movimiento de la Agricultura Urbana en Cuba promueve el incremento de la productividad agrícola en armonía con el medio ambiente, este modelo de agricultura motiva la no utilización de productos químicos como fertilizantes minerales y plaguicidas, iniciándose a partir de la década de los 90 la investigación y el desarrollo de productos alternativos vinculados con la nutrición, estimuladores del crecimiento vegetal y biocontroles de patógenos, lo que ha generado una diversidad de productos con diferentes mecanismos de acción (Fernandez-Larrea, 2013). Entre estos BP pueden mencionarse los siguientes:

Análogos de Brasinoesteroides (AB): generan desde muy temprano interés práctico en la agricultura, debido a sus efectos como estimuladores del crecimiento vegetal.

Derivado de la caña de azúcar (DCA): Producto antiestrés con sustancias naturales propias del metabolismo vegetal, que estimula y vigoriza prácticamente cualquier cultivo, desde la germinación hasta la fructificación.

Rizobacterias (RECV): *Azotobacter chroococcum*. Sustituye entre 30 a 40% el fertilizante nitrogenado e incrementa los rendimientos, porque aumentan el número de

flores y frutos en los distintos cultivos por la acción de las sustancias activas que son capaces de sintetizar.

Micorrizas (HMA): biofertilizante obtenido a partir de Hongos Micorrízicos Arbusculares (*Glomus cubense*), capaz de sustituir parcialmente las necesidades nutricionales de las plantas.

Extracto de vermicompost (EV): obtenido a partir del humus líquido, demostrándose la respuesta de las plantas manifestadas en una mayor concentración de nutrientes y estímulos en el crecimiento y rendimiento agrícola.

Oligogalacturónidos (MOG): son polímeros y oligómeros de quitosana que pueden tener una amplia aplicación agrícola a partir de las potencialidades biológicas que demuestran estos compuestos, como la promoción del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Aun cuando se cuenta con esta amplia gama de bioproductos, ha sido reducido el número de investigaciones realizadas en el país encaminadas a la evaluación de los mismos en diferentes cultivos y modelos productivos, los cuales requieren con prontitud la implementación de alternativas que permitan una producción basada en la utilización de productos nacionales.

Las investigaciones desarrolladas en estudios precedentes se han enfocado hacia la evaluación de manera individual de cada bioproducto, quedando como interrogante de investigación el efecto aditivo que pueden tener una vez que se combinen bioproductos con diferentes mecanismos de acción en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por tanto, el objetivo general del presente trabajo fue estudiar el efecto de bioproductos nacionales para evaluar su efectividad en la germinación, crecimiento, desarrollo y rendimiento en tres cultivos representativos de la horticultura cubana.

Materiales y métodos

Los experimentos se desarrollaron en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado en San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba, en los años 2012 y 2013. Para el desarrollo de la investigación se tuvieron en cuenta un total de cuatro experimentos, los que se describen a continuación.

Experimento I. Efecto aditivo del extracto de vermicompost (EV) en la germinación. Se seleccionó este BP por ser el de mayor acceso en la agricultura cubana; para determinar su efecto en semillas de lechuga, se siguió la metodología descrita por Arancon *et al.* (2012). Se prepararon 10 diluciones (desde 1/10 a 1/100) y un control en agua común mediante el pipeteo de 2.5 ml de extracto de vermicompost de estiércol vacuno y su complemento con agua en una probeta de 250 ml hasta la cantidad adecuada para cada dilución.

Las diluciones fueron agitadas y vertidas en recipientes de cristal, donde posteriormente fueron embebidas 60 semillas durante 45 minutos. Se realizó la siembra en placas petri a razón de 20 semillas por placa. Se siguió un diseño completamente aleatorizado y se emplearon tres placas petri por tratamiento, constituyendo cada placa, una repetición. Estas se mantuvieron en la oscuridad y se evaluó diariamente el total de semillas germinadas durante siete días, tomándose como criterio de germinación la emisión de la radícula. Se calculó, para cada evaluación (cinco y siete días), el porcentaje de germinación (considerando las semillas germinadas sobre el total de la muestra-%), cuyos datos fueron transformados mediante la fórmula $\arcsin \sqrt{\%}$ para realizar el análisis estadístico. Se calculó

además el índice de velocidad de germinación (IVG) según Maguire (1962) mediante la fórmula:

$$IVG = \sum \left(\frac{ni}{ti} \right)$$

Donde:

IVG = índice de velocidad de germinación

ni = número de semillas germinadas

ti = tiempo necesario para alcanzar el mayor porcentaje de germinación

Experimento II, III y IV: efecto aditivo de HMA con MOG, EV Y AB en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de lechuga (II), HMA con EV y RECV en habichuela (III) y HMA con MOG, EV y AB en tomate (IV).

Los BP se aplicaron de la siguiente forma: HMA (250 esporas.g de suelo⁻¹, por recubrimiento de semillas según el 10% del peso, Fernández *et al.*, 2000), MOG (344 mg·ha⁻¹, recomendado por Izquierdo *et al.*, 2009a), EV (1 L·ha⁻¹, según Calderín, 2012), DCA (1 L·ha⁻¹, de acuerdo con García *et al.*, 2012), RECV (1 L·ha⁻¹ con un título 10⁸ ufc·L⁻¹, según León *et al.*, 2012) y AB (20 mg·ha⁻¹, según Núñez *et al.*, 2013), comparados con un control de producción a partir del solo uso de abono orgánico (estiércol vacuno) sin la aplicación de los BP. Las aspersiones foliares se realizaron en horario temprano de la mañana (8:00 a 9:00 am) para aprovechar la apertura estomática en las hojas de las plantas, y se hicieron manualmente utilizando una mochila de 16 litros de capacidad, teniendo en cuenta un gasto de agua de 250 L·ha⁻¹.

En los tres experimentos, cada tratamiento se distribuyó bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, en canteros de un metro de ancho por 20 metros de largo, ocupando cada tratamiento cinco metros, las labores culturales a cada cultivo, se realizaron según las recomendaciones del Manual de orgánico y huertos intensivos (INIFAT, 2007).

En la lechuga se utilizó el cultivar 'BSS-1'. Los tratamientos estudiados en combinación con los bioproductos fueron: 1. HMA- MOG, 2. HMA- EV, 3. HMA- AB, 4. Control (sólo abono orgánico). A los siete días de germinadas las semillas (12 días después de la siembra), se procedió a realizar la primera aplicación foliar, y la segunda a los 10 días después del trasplante (30 días después de la siembra), según resultados de Núñez (2014). A los 20 y 30 días de la germinación, a 15 plantas por tratamiento, fueron realizadas evaluaciones de crecimiento tales como: número de hojas por planta, longitud radical (cm) y masa fresca y seca de las plantas (g) solo a los 30 días.

En la habichuela (cultivar 'Verlili'), la siembra se realizó a una distancia de 0.70 x 0.15 m; los tratamientos simples y combinados de los bioproductos fueron: 1. HMA + DCA; 2. HMA + EV; 3. HMA + RECV; 4. HMA; 5. DCA; 6. EV; 7. RECV; 8. Control de producción (solo abono orgánico). A los siete días de germinadas las semillas (10 días después de la siembra) se realizó la primera aplicación de los BP, y la segunda a los 10 días posteriores a la primera (20 días después de la siembra) según resultados de Álvarez *et al.* (2011). A los 10 y 30 días de la segunda aplicación (30 y 50 días de la siembra), a una muestra de 15 plantas por tratamiento, se les realizaron evaluaciones de crecimiento tales como: número de hojas, longitud radical (cm) y masa fresca y seca de las plantas (g). Al final del ciclo del cultivo, se evaluaron las variables masa fresca de 10 vainas, largo y ancho de cada vaina, así como la estimación del rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

En el cultivo del tomate se obtuvieron las posturas en un semillero tradicional a cielo abierto, realizándose el trasplante en parcelas de 25 m^2 en bloques al azar con cuatro réplicas. Los tratamientos en estudio fueron: 1. Control (sin bioproducto); 2. HMA – MOG; 3. HMA – AB; 4. HMA – EV. A los 15 días después de germinado, se realizó la primera aplicación de

los BP y la segunda a los 15 días después de trasplantado (Álvarez *et al.*, 2011). La primera evaluación en semillero fue a los siete días después de aplicado cada producto y otras dos evaluaciones después de realizada la segunda aplicación en la fase de campo. Las evaluaciones realizadas fueron: diámetro del tallo (cm), altura de las plántulas (cm), número de hojas, número de flores, número de racimos, y número de frutos por planta, así como también se estimó el rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$).

Del análisis estadístico. Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente a través de un Análisis de Varianza (ANOVA simple y doble) y a las medias se les aplicó la Prueba de Tukey (95%), para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizó el programa Statgraphics Centurion (2013).

Resultados y discusión

Etapas 1. Efecto del extracto de vermicompost (EV) en la germinación de semillas de lechuga.

En el Cuadro 1 se muestra el efecto del producto EV en la germinación e índice de germinación de semillas de lechuga, obteniéndose un comportamiento significativamente diferente ($p \leq 0.05$) para las distintas diluciones estudiadas. En ambas evaluaciones fueron superiores las diluciones de 1/10 y 1/20, los cuales alcanzaron el mayor porcentaje de las semillas germinadas con respecto al tratamiento control. Se aprecia que en la medida en que ocurre la mayor dilución del producto, el porcentaje de germinación va siendo inferior. En este sentido, es una cadena de acontecimientos metabólicos que suceden de forma escalonada en la absorción intensa de agua por parte de la semilla y de la actividad respiratoria, efectos que son producidos por la bioestimulación provocada al aplicarse sustancias húmicas a las semillas (Maylew, 2004).

Cuadro 1. Efecto del EV sobre la germinación de semillas de lechuga a los cinco y siete días después de la germinación.

Tratamiento	Porcentaje de germinación (%)		Índice de Velocidad de Germinación (IVG)	
	1ra. evaluación	2da. evaluación	1ra. evaluación	2da. evaluación
1/10	56.7 a	46.7 a	2.26 a	1.87 a
1/20	41.7 b	36.7 ab	2.00 b	1.47 ab
1/30	50.0 a	32.0 b	1.66 c	1.33 b
1/40	41.7 b	33.3 b	1.66 c	1.27 bc
1/50	31.7 c	33.3 b	1.26 d	1.33 b
1/60	26.7 cd	33.3 b	1.06 de	1.33 b
1/70	31.7 c	23.7 c	1.66 c	1.33 b
1/80	23.3 d	21.7 c	0.93 e	1.20 bc
1/90	31.7 c	24.0 c	1.67 c	1.20 bc
1/100	28.3 cd	23.3 c	1.13 de	0.87 c
Control	28.3 cd	23.3 c	1.13 de	1.13 bc
ESx	0.02 *	0.04 *	0.08 *	0.13 *

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey para $p \leq 0.05$. ESx: error estándar de la media.

En el caso del largo del hipocotilo y de la radícula (Cuadro 3), tuvieron un comportamiento similar en la primera evaluación y no así en la segunda, donde fueron más marcadas las diferencias entre las diluciones estudiadas, donde el largo del hipocotilo es similar desde la dilución de 1/10 a 1/70; sin embargo, la radícula tuvo mayor crecimiento en la dilución de 1/10 y 1/50; por lo tanto, el comportamiento de ambas variables se estimula con estas dos últimas diluciones con resultados similares, por lo que concentraciones bajas o intermedias del bioproducto tienden a estimular la elongación celular en lo que influye la composición mineral del producto.

Se estimula el crecimiento de la radícula siendo el primer elemento embrionario en brotar a través de la envoltura de la semilla; también se incrementa el largo del hipocotilo, el cual empuja la plúmula y, en muchos casos, el cotiledón o los cotiledones hacia la superficie del suelo (Canellas *et al.*, 2010), todo lo cual permite un mejor crecimiento de las plantas en las fases posteriores.

De acuerdo a los resultados obtenidos, es evidente el efecto significativo del EV en el estímulo del proceso de germinación de las semillas, lo que permite inferir que su acción está relacionada con la composición del producto, el cual tiene 36.2% en Contenido de Materia Orgánica, de este, el 25.82% es de extracto húmico total, contiene hormonas del tipo auxinas (AIA, AIP) con 0.5-2 mg/L, giberelinas (GA_3) con 0.5-2 mg.L⁻¹, citoquininas (adenina) con 0.01-0.5 mg/L, ocho aminoácidos libres (9.33 mg.L⁻¹) y 12 elementos minerales (3637.02 mg.L⁻¹) según publica Arteaga (2007) al caracterizar este bioproducto.

Cuadro 2. Efecto del EV en plántulas de lechuga al quinto y séptimo día después de la emergencia de la radícula.

Tratamiento	Primera evaluación		Segunda evaluación	
	Largo del hipocotilo (cm)	Largo de la radícula (cm)	Largo del hipocotilo (cm)	Largo de la radícula (cm)
1/10	2.9 ab	2.58 ab	2.82 ab	3.52 a
1/20	3.16 a	2.62 ab	3.16 a	2.0 cde
1/30	2.9 ab	2.64 ab	2.54 bc	2.5 bcd
1/40	2.82 abc	2.64 ab	2.94 ab	2.66 b
1/50	2.7 abc	2.68 a	2.82 ab	2.94 ab
1/60	2.3 c	2.42 ab	2.5 bc	2.66 b
1/70	2.5 bc	2.04 b	2.84 ab	2.52 bc
1/80	2.71 abc	2.56 ab	1.54 e	1.44 e
1/90	2.8 abc	2.48 ab	2.18 cd	1.88 de
1/100	2.44 bc	2.84 a	1.9 de	1.99 cde
Control	2.52 bc	2.24 ab	1.58 e	1.56 e
ESx	0.18 *	0.22 *	0.18 *	0.22 *

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey para $P \leq 0.05$. ESx: error estándar de la media.

Igualmente, la actividad de varias enzimas influyen en la descomposición de los nutrientes almacenados en el endospermo o en los cotiledones, convirtiéndolos en sustancias más sencillas que son transportadas por el interior del embrión hacia los centros de crecimiento (Muscolo *et al.*, 2007, citado por Hernández *et al.*, 2012) al realizar trabajos similares en el

cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Por otra parte, en el proceso de la imbibición de las semillas se producen una serie de compuestos intermediarios del metabolismo vegetal, que son necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación; estudios realizados por Wang *et al.* (2010) en el cultivo del tomate, obtuvieron que cuando la semilla está seca, muestra una escasa actividad respiratoria, aumentando el consumo de O₂, después de iniciada la imbibición.

Estos efectos de conjunto pudieron manifestarse en los resultados obtenidos en este experimento, donde fue potenciado el efecto germinativo de las semillas a partir de su imbibición en el extracto de vermicompost, el cual desencadenó procesos estimulativos en esta fase fisiológica.

Experimento II, III y IV: efecto aditivo de HMA con MOG, EV Y AB en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de lechuga (II), HMA con EV y RECV en habichuela (III) y HMA con MOG, EV y AB en tomate (IV).

En el Cuadro 3 se muestra el efecto de HMA en combinación con MOG, EV y AB en algunas variables del crecimiento de la lechuga, en la evaluación realizada a los 30 días posteriores a la germinación de las semillas; obteniéndose diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los tratamientos entre sí, con un comportamiento similar en cada año de estudio. La respuesta del crecimiento de las plantas fue superior con la combinación HMA-AB, en comparación a cuando se combina la micorriza con EV y MOG. Diferentes estudios han demostrado la efectividad de la combinación de los HMA con otros bioproductos con los cuales se logra reducir la fertilización mineral requerida por un cultivo para una correcta nutrición, y a la vez se estimula el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Un ejemplo lo constituye la respuesta del cultivo de guayaba a la aplicación combinada HMA – *Azotobacter* sp. – *Bacillus* sp. – Fitomas (estimulador) en el cultivo de la guayaba (Ramos *et al.*, 2013) o los obtenidos por Corbera y Nápoles (2010) en el cultivo de la soya al combinar HMA – *Bradyrhizobium* – Pectimorf (estimulador).

Cuadro 3. Efecto de la combinación HMA con MOG, EV y AB en el crecimiento de las plántulas de lechuga a los 30 días posteriores a la germinación.

Tratamiento	No. de hojas·planta ⁻¹		Masa fresca·planta ⁻¹ (g)		Masa seca·planta ⁻¹ (g)		Longitud radical·planta ⁻¹ (cm)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
1. Micorriza - Mezcla Oligogalacturónico	8.12b	8.11b	10.06b	9.56b	0.67b	0.65b	8.07b	8.22b
2. Micorriza – Extracto Vermicompost	7.03c	7.15c	9.24c	9.24b	0.62c	0.62b	8.14b	8.14c
3. Micorriza– Análogo Brasinoesteroide	9.24a	9.11a	11.28a	11.25a	0.77a	0.76a	8.46a	8.63a
4. Control	6.14d	6.20d	7.12d	7.11c	0.47d	0.49c	6.25d	6.73d
Esx	0.02*	0.01	0.01*	0.14*	0.009*	0.008*	0.01*	0.01*
CV (%)	15.7	14.6	16.6	16.5	17.5	15.9	11.5	9.32

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey para $P \leq 0.05$. ESx: error estándar de la media, CV: coeficiente de variación.

No obstante, se destaca MOG y EV que también responden positivamente en la respuesta del crecimiento de las plantas; por tanto, los tres BP demuestran su efectividad en el estímulo del crecimiento al diferir del tratamiento control y superarlo entre un 30 al 40% para cada una de las variables evaluadas.

En el caso específico del AB, en su efecto positivo en las plantas se han descrito resultados como los de Capote *et al.* (2009) donde en el cultivo de la *Vriesea sp.*, el análogo de brasinoesteroide estudiado, estimuló la formación de raíces y el número de hojas de las plantas, lo cual presupone un efecto sinérgico o aditivo con las auxinas en dicho proceso. Estudios realizados en el cultivo del arroz en condiciones de salinidad por Núñez *et al.* (2013), demostraron que el análogo Biobras-16 actúa favorablemente al revertir parcialmente la inhibición que en el crecimiento de las plantas provocó la presencia de NaCl; demostrándose la capacidad que tienen los mismos de estimular los rendimientos agrícolas, así como sus potencialidades antiestrés.

En cambio, los estudios con oligogalacturónidos y sus efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas han sido menos abordados; no obstante, en algunas especies de plantas ha quedado demostrado que los diferentes tejidos son sensibles a los oligogalacturónidos. Entre las respuestas observadas después de la adición de esta sustancia están las llamadas explosiones oxidativas, que ocurren unos minutos después de la adición de los oligogalacturónidos, como ha sido demostrado en los cultivos de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), tomate (*Solanum lycopersicon* L.) y soya (*Glycine max* L.) por Mederos y Hormanza (2008); y también en el cultivo de la alfalfa por Camejo *et al.* (2010). Por otra parte, se considera que estos son efectivos en los procesos morfogénicos tanto *in vitro* como *ex vitro*, pero la respuesta de los cultivos dependen del tipo de oligogalacturónido que se utilice dependiendo del grado de polimerización, la concentración del mismo y su interacción con las hormonas endógenas de los explantes, según resultados obtenidos por Izquierdo (2009a,

2009b) al trabajar en el cultivo del plátano en fase *in vitro*.

Al realizar la evaluación en el momento de la cosecha (Cuadro 5), se obtuvo un efecto superior con la combinación HMA-AB sobre el crecimiento de las plantas. Es de destacar la respuesta en las tres variables evaluadas si se toma en consideración que, en el caso particular de este cultivo, son precisamente las hojas la parte comestible, de ahí la importancia de lograr hojas largas, anchas y con buen peso. En el caso de los otros dos productos, igualmente provocaron un efecto positivo en las plantas, lo que es corroborado por las diferencias significativas obtenidas con respecto al tratamiento control.

Independientemente de los resultados obtenidos con el AB y la MOG, no debe descartarse el efecto producido por el extracto de vermicompost (EV), ya que el mismo influye positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas; en este sentido, hay autores que afirman su utilización en una agricultura ecológica donde las aspersiones foliares de este producto pueden constituirse en alternativas a la fertilización mineral, así como en la tolerancia al ataque de plagas y condiciones de estrés (Calderín *et al.*, 2012; Mendoza *et al.*, 2014). Por otra parte, resultados similares en el cultivo de la lechuga fueron obtenidos al evaluar el efecto del vermicompost, donde la aplicación foliar de sustancias húmicas incrementó la biomasa fresca y seca de las plantas y el rendimiento agrícola (Terry *et al.*, 2011); resultado similar obtuvo Mendoza *et al.* (2014) en el cultivo de rosemary.

Igual comportamiento se obtuvo al estimar el rendimiento agrícola (Cuadro 5), donde en ambos años, la aplicación de los tres BP supera al tratamiento control entre un 10 al 20%, siendo los mayores aportes a la producción por superficie, cuando se aplica la MOG y AB, entre los cuales no se obtienen diferencias significativas ($p < 0.05$). Por otra parte, la aplicación del EV, aunque difiere de los otros dos productos, supera y varía significativamente del rendimiento obtenido en el tratamiento control.

Cuadro 4. Efecto de los BP en el crecimiento de lechuga al momento de la cosecha.

Tratamiento	Longitud de las hojas (cm)		Ancho·hoja ⁻¹ (cm)		Masa fresca·planta ⁻¹ (g)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
1. Micorriza - Mezcla Oligogalacturónico	29.15 b	29.10 b	17.27 b	16.26 b	177.43 b	175.60 b
2. Micorriza – Extracto Vermicompost	28.35 c	28.15 c	17.02 c	16.07 c	168.22 c	167.27 c
3. Micorriza– Análogo Brasinoesteroide	30.24 a	29.74 a	18.23 a	17.71 a	181.25 a	180.20 a
4. Control	26.16 d	26.21 d	15.15 d	14.35 d	153.39 d	151.60 d
Esx	0.01*	0.02*	0.01*	0.01*	0.01*	0.02*
CV (%)	5.42	4.86	6.81	7.65	6.51	6.66

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey para $P \leq 0.05$. ESx: error estándar de la media.

El rendimiento por superficie se encuentra dentro del rango adecuado ($3.0 - 5.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) que se plantea para este cultivar en sistema de huerto intensivo (INIFAT, 2007). En el caso específico del análogo de brasinoesteroide, Reyes *et al.* (2014) destacan el papel que desempeña en las primeras etapas del crecimiento vegetativo, especialmente como promotores del crecimiento; este análogo se caracteriza por producir la estimulación del crecimiento vegetal, de la reproducción, la interacción con otras hormonas, el aumento de los rendimientos y la producción de biomasa en diferentes cultivos.

Cuadro 5. Efecto aditivo de los BP en el rendimiento de lechuga.

Tratamiento	Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	
	2012	2013
1. HMA - MOG	5.49 a	5.76 a
2. HMA - EV	5.13 c	5.34 c
3. HMA- AB	6.75 a	6.78 a
4. Control	4.25 d	4.37 d
Esx	0.01*	0.04*
CV (%)	17.1	16.1

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey para $P \leq 0.05$. ESx: error estándar de la media. CV: coeficiente de variación.

Por otra parte, en cuanto a la MOG, varios autores han coincidido en que los efectos biológicos expresados en las plantas por los oligogalacturónicos son diversos; las respuestas rápidas generalmente se observan en la superficie celular de los tejidos, así como las respuestas involucradas en el crecimiento y desarrollo incluyen, entre otras, la inducción de etileno, la inhibición de auxina y la estimulación floral (Izquierdo, 2009b).

El producto EV, por su superioridad con respecto al control, deviene como una alternativa a tomar en consideración para la nutrición de las plantas, tomando en cuenta que al ser un producto derivado del vermicompost, aporta nutrientes en forma inorgánica, que por difusión entran al tejido de la planta; por otra parte, la existencia de sustancias promotoras del crecimiento presentes en el producto aceleran el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas (Fritz, 2012).

En el Cuadro 6, se presentan los resultados para el cultivo del tomate en la fase de semillero, a los siete días después de aplicados los BP. No se obtuvieron diferencias significativas en las evaluaciones referentes al diámetro del tallo

y al número de hojas; en cambio, si fue diferente estadísticamente ($p < 0.05$) la evaluación realizada para la altura de las plantas, siendo los tratamientos en que recibieron las aplicaciones de MOG, AB y EV, los de mejor comportamiento. Resultados similares han sido obtenidos por diferentes autores que han trabajado con los mismos BP; así, la aplicación del análogo Biobras-16 produjo incremento en la altura de las plantas de tomate a partir de los siete días debido a la promoción del crecimiento vegetal que es producido, entre otras causas, por la estimulación de la división celular.

Cuadro 6. Influencia de los BP en el crecimiento de plántulas de tomate al final de la fase de semillero del cultivo.

Tratamiento	Altura-planta ¹ (cm)	Diámetro del tallo-planta ¹ (cm)	Número de hojas-planta ¹
1. Micorriza - Mezcla Oligogalacturónido	34.62 a	0.37	5.78
2. Micorriza - Extracto Vermicompost	34.75 a	0.40	5.33
3. Micorriza- Análogo Brasinoesteroide	33.87 a	0.35	5.67
4. Control	29.25 b	0.31	5.11
Esx	0.84*	0.03 n.s	0.27 n.s
CV (%)	10.5	5.30	4.28

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey para $P \leq 0.05$. ESx: error estándar de la media. CV: coeficiente de variación.

El resultado obtenido en esta evaluación permite discrepar con otros autores que en semillero obtuvieron un menor efecto en la altura y número de hojas de las plantas al aplicar dicho bioproducto (Álvarez *et al.*, 2011). En la fase de plantación, una vez realizada la segunda aplicación (una semana después del trasplante), al evaluar los componentes del rendimiento a los 30 días del trasplante (Cuadro 7), se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, obteniéndose los mayores valores con EV y el AB, con 7.13 y 6.63 racimos por planta respectivamente; 13.50 y 12.37 número de flores, y de 11.37 y 11.62 número de frutos por planta respectivamente, lográndose un incremento por encima del 50%.

Cuadro 7. Influencia de los BP en componentes del rendimiento del cultivo del tomate al mes del trasplante.

Tratamiento	Número de racimos-planta ¹	Número de flores-planta ¹	Número de frutos-planta ¹
1. Micorriza - Mezcla Oligogalacturónido	5.13 b	12.75 a	9.00 b
2. Micorriza - Extracto Vermicompost	6.63 a	12.37 a	11.62 a
3. Micorriza- Análogo Brasinoesteroide	7.13 a	13.50 a	11.37 a
4. Control	3.63 c	8.50 b	7.38 c
Esx	0.36***	1.22 *	0.70***
CV (%)	10.5	7.42	6.25

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey $P < 0.05$ *. ESx: error estándar de la media. CV: coeficiente de variación.

En el Cuadro 8 se muestra el efecto de los bioproductos en algunas variables del rendimiento en el cultivo de la habichuela, como muestra el cuadro, en ambos años se obtuvieron diferencias estadísticas entre los diferentes productos aplicados para las variables longitud, peso y número de vainas, así como en el peso total por superficie; en sentido general, desde el punto de vista estadístico ($p < 0.05$), con la combinación HMA + DCA se logra el mayor estímulo en los componentes del rendimiento, aunque con mínimas diferencias desde el punto de vista biológico con respecto a la combinación HMA + RECV. En sentido general, la combinación de dos bioproductos es superior a su utilización de manera independiente, a la vez que todos son superiores al tratamiento control.

El efecto positivo de la RECV en diferentes cultivos de interés agrícola han sido publicados por Jay *et al.* (2011); igualmente, se han obtenido resultados satisfactorios sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en el cultivo del tabaco al aplicar el bioestimulante DCA Fitomas-E (Montano, 2007; León *et al.*, 2012), y también son varios los resultados que reafirman la respuesta de las plantas a los HMA (Fernández, 2000; Ramos *et al.*, 2013), estos efectos de manera general son puestos de manifiesto en este estudio donde se resalta la complementariedad entre los bioproductos en acción combinada, la cual supera a las aplicaciones individuales de cada uno.

Cuadro 8. Respuesta de variables del rendimiento a los BP en el cultivo de la habichuela.

Tratamiento	Longitud·vaina ⁻¹ (cm)		Peso·vaina ⁻¹ (g)		Peso total·vaina ⁻¹ (kg·m ⁻²)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
1. Micorriza + Derivado Caña Azúcar	17.6 a	17.7 a	0.98 a	0.97a	0.53 a	0.54 a
2. Micorriza+ Extracto Vermicompost	15.2 f	15.2 cd	0.86 c	0.87 b	0.47 e	0.47 e
3. Micorriza + <i>Azotobacterchroococcum</i>	16.2 c	16.5 b	0.91 b	0.86 b	0.51b	0.52 b
4. Micorriza	15.4 d	15.3 c	0.75 ef	0.77 cd	0.46 g	0.45 g
5. Derivado Caña Azúcar	15.3 e	15.2 d	0.79 de	0.78 cd	0.48 d	0.48 d
6. Extracto Vermicompost	15.1 f	15.2 cd	0.80 d	0.80 bc	0.47 e	0.47 e
7. <i>Azotobacterchroococcum</i>	16.3 b	16.5 b	0.86 c	0.87 b	0.49 c	0.49 c
8. Control	14.0 g	14.2 e	3.71 f	0.72 d	0.40 f	0.41 f
ES x	0.01*	0.02*	0.008*	0.01*	0.11*	0.09*
CV (%)	6.43	6.64	9.94	9.58	7.76	7.76

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Tukey para $P \leq 0.05$. ESx: error estándar de la media, CV: coeficiente de variación.

Conclusión

De manera general se pone de manifiesto el efecto positivo de los diferentes bioproductos estudiados. En el caso específico del extracto de vermicompost, este acelera la velocidad de germinación de las semillas e incrementa el crecimiento inicial de plántulas de lechuga. La combinación de las micorrizas con la mezcla de oligogalacturónido o el extracto de vermicompost o el análogo de brasinoesteroide, provocan un efecto aditivo evidenciado en el estímulo del crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de lechuga en un 20% y en el tomate un 50%; en el caso del cultivo de la habichuela, la combinación micorrizas con el

derivado de la caña de azúcar o el extracto de vermicompost o la rizobacteria estimuladora del crecimiento vegetal, incrementa en un 30% el rendimiento de las plantas, lo que permite en general una mayor producción agrícola de estos cultivos.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, B.I., Reynaldo, E.I., Cartaya, R.O., Terán, V.Z. 2011. Efectos de una mezcla de oligogalacturónidos en la morfología de hortalizas de importancia económica. *Cultivos Tropicales*, 32(3): 69-74.
- ARANCON, Q.N., Pant, A., Radovich, T., Hue, V.N., Potter, K.J., Converse, E.Ch. 2012. Seed Germination and Seedling Growth of Tomato and Lettuce as Affected by Vermicompost Water Extracts (Teas). *Hort Science*, 47(12): 1722-1728.

- ARTEAGA, M.N., Garcés, N., Novo, R., Guridi, F., Pino, J., Acosta, M., Pasos, M., Besú, D. 2007. Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante Liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo. *Protección Vegetal*, 22(2):18-23.
- CANELLAS, L., Piccolo, A. I., Dobbss, L., Pacini, R., Olivares, F., Zandonadi, D., Facanha, A. 2010. Chemical composition and bioactivity propiers of size-fractions separated from a vermicompost humic acid, pp. 234-246 p. *In: Chemosphere* 78. Elsevier Ed.
- CALDERÍN, A., Acebedo, L., Guiridi, F., Vinicius, M., Sperandio, I., Castro, R., Berbara, F. 2012. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Journal of Ecological Engineering*, 47: 203 – 208.
- CAMEJO, D., Martí, M.C., Jiménez, A., Cabrera, J.C., Olmos, E., Sevilla, F. 2010. Effect of oligogalacturonides on root length, extracellular alkalization and O₂⁻ accumulation in alfalfa. *Journal of Plant Physiology*, 168 (6): 566-575.
- CAPOTE, I., Escalona, M., Daquinta, M., Pina, D., González, J., Aragón, C. 2009. Efecto del análogo de brasinoesteroide (MH5) en la aclimatización de los brotes de *Vriesea*, propagadas en sistemas de inmersión temporal. *Ciencia y Tecnología*, 2(1): 21- 25.
- CORBERA, J y Nápoles, MC. 2010. Evaluación de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-hongos micorrízicos arbusculares y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya cultivada en época de invierno. *Cultivos Tropicales*, 31(4): 43-50
- DOYLE, P.M., & Erickson, C.M. (2012). Opportunities for mitigating pathogen contamination during on-farm food product. *International Journal of Food Microbiology*, 152(3): 54-74.
- FERNÁNDEZ, F., Gómez, R., Vanegas, L. F., Martínez, M.A., Noval B. M., Rivera, R. 2000. Producto inoculante micorrizógeno. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. Cuba, Patente No. 22641.
- FERNANDEZ-LARREA, V.O. 2013. Programa para la recuperación de bioplaguicidas, biofertilizantes y bioestimulantes en Cuba. *Agricultura Orgánica*, 2: 2-5
- FRITZ, J.I., Franke-Whittle, I.H., Haindl, S., Insam, H; Braun, R. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology*, 58(7): 836-847.
- GARCIA, M.T., Villar, D.J., Ramil, M.M., Viñals, V.M., Lorenzo, M.M. 2012. Organización para la puesta en marcha de una planta para la producción del bionutriente Fitomas-E. *ICIDCA sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 46(3): 21-25.
- HERNÁNDEZ, V.G., Hernández, G.O., Guridi, I.F., Arbelo, F.N. 2012. Influencia de la siembra directa y las aplicaciones foliares de extracto líquido de vermicompost en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. cc-25-9. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 21-24.
- IZQUIERDO, H.I., González, M.C., Núñez, M., Proenza, R., Cabrera, J. 2009a. Influencia de un oligogalacturónido en la aclimatización de vitroplantas de banano (*Musa* spp.) del clon FIAH-18 (AAAB). *Cultivos Tropicales*, 30(1): 37-42.
- INIFAT. Manual de organopónicos y huertos intensivos. 2007. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, La Habana. Cuba. 183 p.
- IZQUIERDO, O.H. 2009b. Los oligogalacturónidos de origen péctico y su acción en las plantas. *Temas de Ciencia y Tecnología de México*, 13(39): 31-40.
- JAY, S.S., Chandra, P.V, Singh, D.P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 140(3-4): 3339-353.
- LEÓN, G.Y., Martínez, V.R., Hernández, M. JM., Rodríguez, L.N. 2012. Aplicación de *Azotobacter chroococcum* en la producción de plántulas de tabaco negro. *Cultivos Tropicales*, 33(2): 29-32.
- MAGUIRE, J.D. 1962. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, 2(2): 176-177.
- MAYLEW, L. 2004. Humic substances in Biological Agriculture. ACRES, USA. Ed. Avoice for Eco-Agriculture. 34 (1 and 2): 16 -27
- MENDOZA, H.D., Fornes, F., Belda, R.M. 2014. Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. *Scientia Horticulturae*, 178: 192-202.
- MONTANO, R. Manual Práctico de Biopreparados. 2007. Ed. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. La Habana, Cuba. 43 p.
- MEDEROS, Y., & Hormaza, J. 2008. Consideraciones generales en la obtención, caracterización e identificación de los oligogalacturónidos. *Cultivos Tropicales*, 29(1): 83-90.
- NÚÑEZ, V.M., Reyes, G.Y., Rosabal, A.L., Martínez, T.L., González, C.M., Pieters, A. 2013. Brasinoesteroides y sus análogos estimulan el crecimiento de plántulas de dos genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en medio salino. *Cultivos Tropicales*, 34(1): 74-80.
- NÚÑEZ, V.M., Reyes, G.Y., Rosabal, A.L., Martínez, T.L. 2014. Análogos espirostánicos de brasinoesteroides y sus potencialidades de uso en la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 35(2):.34-42.
- RAMOS, L.H., Arozarena D.N., Reyna, G.Y., Telo, C. L., Ramírez, P. M., Lescaille, A. J., Martín, A.G. 2013. Hongos Micorrízicos Arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. *Cultivos Tropicales*, 34(1): 5-10.
- REYES, G.Y., Rosabal, A.L., Martínez, G.I., Mazorra, M.L.M., Núñez, V.M. 2014. Efecto de los brasinoesteroides y un inhibidor de su biosíntesis en plántulas de dos variedades de tomate sometidas a estrés salino. *Revista Cultivos Tropicales*, 35(1): 25-34.
- TERRY, A.E., Ruiz, P.J., Tejeda, P.T., Reynaldo, E.I., Díaz, M.M. 2011. Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. *Cultivos Tropicales*, 32(1): 77-82. 

Este artículo es citado así:

Terry-Alfonso, E., J. Ruiz-Padrón, T. Tejeda-Peraza, I. Reynaldo-Escobar, Y. Carrillo-Sosa y H. A. Morales-Morales. 2014. Interacción de bioproductos como alternativas para la producción horticultura cubana. *TECNOCENCIA Chihuahua* 8(3): 163-174.

Resumen curricular del autor y coautores

ELEIN TERRY ALFONSO. En el año 1992 obtuvo el título de Ingeniera Agrónoma en la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH). Realizó estudios de posgrado en la UNAH, obteniendo el título de máster en Ciencias Agrícolas en el año 1998. Posee el grado científico de Doctora en Ciencias Agrícolas en la especialidad de Fitotecnia, el cual es conferido en el año 2005 por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de Cuba. Desde 1992 se desempeña como investigadora en el INCA, ostentando en el presente la máxima categoría de Investigadora Titular. Ha participado en más de 10 proyectos de investigación, más de 20 congresos científicos, ha publicado varios artículos en revistas de prestigio nacional e internacional, ha dirigido tesis de pre y posgrado y dirige programas de maestría y doctorado. Ha recibido varios premios y reconocimientos por su labor profesional.

INÉS REYNALDO ESCOBAR. En el año 1976 se graduó de Licenciatura en Bioquímica de los Alimentos en la Universidad de la Habana (UH). Obtuvo en el año 1995 el grado científico de Doctora en Ciencias Agrícolas. Es investigadora Titular del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) donde ha dirigido varias líneas de investigación en el departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA. Ha publicado más de 25 artículos científicos y ha participado en varios eventos nacionales e internacionales. Ha dirigido tesis de pre y posgrado y participa como profesora en programas de maestrías y doctorados. Ha recibido premios por los resultados obtenidos.

JOSEFA INÉS RUIZ PADRÓN. En el año 1993 se graduó de Ingeniero Agrónomo en el Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana (ISCAH). Realizó estudios de postgrado en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) donde realizó una maestría en la nutrición del cultivo de la papa, obteniendo el título de Máster en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes en el año 2001. Posteriormente comenzó a trabajar de especialista en la fitotecnia de algunas plantas ornamentales hasta el 2005, cuando inició sus trabajos en la fitotecnia de cultivos hortícolas con la aplicación de alternativas nutricionales empleando productos bioactivos. Estuvo al frente de un proyecto relacionado con esta temática en huertos y parcelas, también ha realizado tutoría a estudiantes de tecnológico y de universidad. Ha participado en diferentes eventos científicos presentando trabajos relacionados con esta temática, actualmente continúa trabajando en la misma, vinculada a diferentes proyectos de investigación.

TAMARA TEJEDA PERAZA. Graduada de Ingeniero Agrónomo en 1992 en el Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana (ISCAH). Obtuvo su Maestría en Ciencias Agrícolas en 1998 en la misma universidad mientras laboraba como investigador en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cursó diferentes estudios de postgrado, así como entrenamientos y realizó investigaciones en temas de Fitotecnia General para diferentes cultivos. Ha participado en diferentes proyectos de investigación, con temas como la Zonificación Agroecológica del café en macizos montañosos de Cuba, ha participado en eventos científicos, ha publicado en revistas científicas certificadas por el CITMA. Actualmente trabaja como especialista de Ciencia y Técnica en el Departamento de Proyectos, Innovación y Colaboración, donde se mantiene vinculada a la actividad científica.

YUDINES CARRILLO SOSA. Obtuvo el título de Ingeniera Agrónoma por la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana, situada en Mayabeque, Cuba. Es especialista del departamento de Fitotecnia del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) desde el 2012, donde realiza sus estudios de maestría en Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas. Participa en varios proyectos de investigación relacionados con el manejo de Bioinsumos. Ha participado como ponente y co autor en congresos científicos nacionales e internacionales. Asesora estudiantes de pregrado de carreras técnicas agrícolas.

HUGO ARMANDO MORALES MORALES. Cursó la licenciatura en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), otorgándosele en 1984 el título de Ingeniero Agrónomo, especialidad Fitotecnia. Posee el Doctorado en Ciencias Biológicas, con un mayor en Microbiología Ambiental, grado conferido en 2003 por New Mexico State University (NMSU), USA. ha sido miembro del Cuerpo Académico Transferencia Tecnológica desde 2006, año a partir del cual recibió el reconocimiento como Perfil PRODEP. Colabora con investigadores de la New Mexico State University, USA, y del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Cuba, en la línea de investigación "Agricultura sustentable". Es responsable técnico de varios proyectos de investigación con financiamiento externo (Fundación Produce, FOMIX Chihuahua, UACH). A lo largo de su vida profesional ha participado como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales, y publicado como autor y coautor, varios artículos en revistas científicas y de divulgación.