

PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOESTIMULANTES PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA A PARTIR DE RESIDUOS LOCALES

O. Barraza Torres¹
B. S. Ovalle Torres²
E. Peña Peña³

RESUMEN

La producción de hortalizas en condiciones de agricultura protegida requiere de mejoras en los ciclos y calidad de producción, ya que aún en estas condiciones, los cultivos se ven afectados por estrés bióticos y abióticos. Los bioestimulantes son sustancias que trabajan interna y externamente en la planta, aumentando la disponibilidad de nutrientes, mejorando la estructura, incrementando la velocidad, eficiencia metabólica y fotosintética, por lo que su empleo en la agricultura protegida puede ser una alternativa a la problemática descrita. Se desarrolló una investigación con el objetivo de elaborar diferentes tipos de bioestimulantes a base de Moringa (*Moringa oleifera*, Lamarck), biol y quitosano. Se caracterizaron el biol y quitosano. En el caso del primero, su pH fue de 4.5 y su conductividad eléctrica baja. El quitosano obtenido se consideró de buena calidad, al compararlo con patrones de otros reportados en distintas literaturas, con un rendimiento superior al 20%, porcentaje de humedad mayor al 11,69%, material insoluble inferior al 20 % y grado de desacetilación de 72,8 %. A partir de estos resultados preliminares se propone su empleo para mejorar los caracteres agroproducidos de hortalizas, proponiendo su validación en el Rábano (*Raphanus sativus*, L.) y Pepino (*Cucumis sativus*, L.).

ANTECEDENTES

Las hortalizas son cultivos susceptibles a las condiciones ambientales adversas, además requieren un alto contenido de nutrientes para lograr un desarrollo satisfactorio, por lo que requieren de adecuados suministros de estos, así como de un abasto hídrico que satisfaga los altos consumos de agua necesarios para lograr altas producciones de calidad. Un medio en el cual no existan las condiciones para ello, genera debilidad en las plantas, lo que las hace más propensas a las afectaciones por plagas, afectando su ciclo y calidad de producción.

Las soluciones más comunes de los productores es el uso excesivo de agroquímicos tanto fertilizantes como pesticidas, de acuerdo con Sarandón y Flores (2014) es necesario desarrollar una agricultura sobre la base de la sostenibilidad, que sea económicamente viable, socialmente aceptable, suficientemente productiva, que conserve la base de recursos naturales y preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global.

Sinaloa, es líder nacional en actividades agrícolas, la producción de granos y hortalizas es una de las más importantes en México; no obstante, estas actividades sustentan en el uso de un alto volumen de plaguicidas químicos, los cuales han tenido impacto negativo en el ambiente (García y Rodríguez, 2012) por ello que, dentro de sus prácticas es necesario buscar alternativas de agricultura sustentable, permitiendo mantener la calidad en sus cultivos, favoreciendo el entorno, sin alterar el medio ambiente, así como mejorar su viabilidad económica, donde el uso de insumos, como fertilizantes y agroquímicos, sea el menor posible (Pástor, Concheiro y Wahren, 2017).

¹ Estudiante de la Ingeniería en Agrotecnología. Universidad Politécnica del Valle del Évora. 170070015@upve.edu.mx

² Profesor e Investigador de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Valle del Évora. sarahi.ovalle@upve.edu.mx

³ Profesor e Investigador de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Valle del Évora. esteban.pena@upve.edu.mx

En algunos sistemas de agricultura resalta el empleo de procesos y productos naturales, tal es el caso de los bioestimulantes y biofertilizantes, entre los que se emplean numerosos microorganismos solubilizadores de nutrientes, hongos antagonistas del suelo con efecto bioestimulante y hormonas vegetales, que en pequeñas cantidades logran efectos significativos (Noda y Martín, 2016).

El uso de los bioestimulantes se ha ido desarrollando en las últimas décadas debido a que, los cambios en los factores ambientales como temperatura, luz y humedad afectan considerablemente los procesos de producción de cultivos, al generarle niveles de estrés a la planta. Estos factores externos ejercen una influencia negativa sobre su desarrollo, lo cual se ve reflejado al momento de la cosecha. Los bioestimulantes son una herramienta que permite obtener beneficios como reducir el estrés, mejorar la calidad del producto cosechado y proveer mayor resistencia a plagas y enfermedades.

El biol es una de las sustancias que se ha empleado en la práctica agrícola por contener una gran cantidad de propiedades que favorecen el crecimiento, aumentando el contenido de nutrientes, proporcionándole características como biofertilizantes (Aparcana y Jansen, 2008; Pérez *et al.*, 2017). Los bioles son abonos de tipo foliar orgánico, resultado de un proceso de digestión anaeróbica de restos orgánicos, ricos en fitohormonas, un componente que mejora la germinación de las semillas, fortalece las raíces y la floración de las plantas. Su acción se traduce en aumentos significativos de las cosechas a bajos costos (Callizaya, 2015).

Otros bioestimulantes empleados son los obtenidos a base de quitosano, este es un polímero natural biocompatible y biodegradable de gran abundancia en la naturaleza en exoesqueletos de crustáceos y de esqueletos de insectos entre otras fuentes (du Jardín, 2015).

De acuerdo con lo descrito por Benhamou (1992); Benhamou y Theriault (1992); Rinaudo, Milas y Dung (1993); Chien, Sheu y Lin (2007); Chien, Sheu y Yang (2007) y Lárez (2008), el quitosano y sus derivados, tienen propiedades específicas:

- Actividad antiviral,
- Bactericida, fungicida, nematocida.
- Capacidad elicitora (defensas de las plantas)
- Contenido de sustancias de hormonas de crecimiento que estimulan el desarrollo de la planta

La planta de Moringa (*Moringa oleífera*, Lam.), contiene en sus hojas altos niveles de sustancias químicas como minerales, vitaminas, aminoácidos; motivo por el cual, Yasmeen, Ahmed, Ahmad & Wahid (2012), utilizaron el extracto foliar de Moringa (ELM) como activador del crecimiento, debido a la presencia de zeatina perteneciente al grupo de las fitohormonas de las citocininas.

La moringa también tiene capacidad de acción bactericida y fungicida, de manera especial contra *Pythium debangemum* (hongos que atacan a las plántulas), así lo señalan Alfaro y Martínez (2008). Por otro lado, Yazmeen *et al.*, (2012) lograron identificar en las semillas un compuesto que tiene acción bactericida al aplicar el extracto de hojas de Moringa en aspersiones foliares sobre Trigo, obtuvieron un aumento de 10,7% en la producción de grano.

Dichos autores también citan resultados favorables de incremento del rendimiento en otros cultivos: millo (23,3%), arroz (45,8%), pepino (62,9%) y melón (36,8%).

El empleo de estos productos constituye una alternativa natural, capaz de promover y estimular el desarrollo de las plantas a lo cual, se agrega que las materias primas que se emplean para su elaboración constituyen en la mayoría de los casos fuentes contaminantes, por lo que se contribuye por esta vía a una reducción de la contaminación ambiental (Escobar, Valdano, Pazmiño y Vivas, 2017).

Sinaloa es líder a nivel nacional en actividades agropecuarias, que generan una gran cantidad de residuos orgánicos que no son aprovechados, algunos de los cuales pueden ser materia prima para la elaboración de bioestimulantes (residuos pesqueros, excretas de diferentes especies, restos de cosecha, entre otros).

A raíz del análisis teórico realizado surgen las interrogantes: ¿Es factible la producción de bioestimulantes en la región del Valle del Évora? ¿Qué efecto tienen el uso de bioestimulantes en las características vegetativas y productivas en cultivos? ¿Existe una variación significativa del ciclo, rendimiento y la calidad en la producción del cultivo al aplicarse bioestimulantes? ¿Cómo elegir la mejor frecuencia y dosis de un bioestimulante para lograr un efecto positivo?

A partir de los antecedentes descritos y de las interrogantes enunciadas se identificó como problema ¿cómo lograr la producción de bioestimulantes a partir de recursos locales para su empleo en la producción agrícola en la región del Valle del Évora? Esta investigación tiene como objetivo general desarrollar protocolos de producción y caracterización de bioestimulantes que puedan ser empleados en la agricultura, elaborados a partir de residuos orgánicos locales. Como objetivos específicos se plantearon:

1. Elaborar productos bioestimulantes a partir de residuos orgánicos locales
2. Caracterizar los productos bioestimulantes

La realización de la investigación tiene como limitantes, la escasa cultura en el empleo de bioestimulantes y biofertilizantes por parte de los productores que implica la necesidad de desarrollar programas de capacitación que incluya información sobre las maneras en que se puede emplear, ventajas, desventajas, dosis, frecuencias, etc. Sin embargo, permite a los estudiantes e investigadores conocer los procedimientos en las técnicas de producción y aplicación de los bioestimulantes como alternativa para disminuir el uso de agroquímicos, aprovechando los residuos orgánicos, favoreciendo la calidad de los cultivos y minimizando los impactos ambientales por las sustancias químicas empleadas en la agricultura, despertando su interés por la investigación, así mismo le permite formular ideas y proyectos productivos que favorezcan e incrementen la rentabilidad económica y ecológica en la región del valle del Évora.

METODOLOGÍA

Se desarrolló una investigación entre junio y noviembre de 2018, en el laboratorio de la Universidad Politécnica del Valle del Évora, Angostura, Sinaloa; con el objetivo de desarrollar la producción de bioestimulantes que puedan ser empleados posteriormente en la producción de cultivos que mejoren su productividad.

Se trabajó la producción de tres tipos de bioestimulantes que se relacionan a continuación:

- Bioestimulante derivado del quitosano, se obtuvo según al protocolo descrito por Hernández, Águila, Flore, Viveros y Ramos (2009). La materia prima para producir el quitosano se emplearon exoesqueletos de camarón (*Litopenaeus vannamei*), proveniente del Campo Pesquero La Reforma, del municipio de Angostura, Sinaloa, además de los reactivos de laboratorio: HCL 1,3 N; NaOH 0,8 N y NaOH 13 N
- Bioestimulante generado a partir del Extracto Foliar de Hojas de Moringa (*M. oleífera*, Lam.). Su obtención se basó en la Metodología referida por Meade y Lela (2014) citados por Romero (2015). Las hojas se colectaron en árboles localizados en el poblado Leopoldo Sánchez Celis.
- Biol producido según la Metodología IPES/FAO, las materias primas empleadas fueron estiércol vacuno, melaza, leche y restos de hojas de Árbol del Neem (*Azadirachta indica*, A. Juss) (IPES/FAO, 2010).

Caracterización de los bioestimulantes

Para la caracterización del quitosano se midieron los parámetros de calidad, referidos por Hernández *et al.*, (2009):

► Rendimiento

$$RG = \frac{RR}{RT} * 100$$

Donde:

RT: Masa inicial de la muestra expresada en “g”

RR: Masa final del proceso (quitosano) expresada en “g”

RG: Rendimiento de quitosano del proceso expresado en %

► Humedad (gravimetría)

$$\%H = \left[\frac{PH - PS}{PS} \right] * 100$$

Donde:

PH: Peso húmedo de la muestra expresado en g

PS: Peso seco de la muestra secada a 105 °C durante 24 h

%H: % de humedad

- **Porcentaje de materia insoluble (PMI):** se disolvió quitosano 0.5 % (p/v) en una solución de ácido acético 0.1M con agitación constante de 200 rpm, durante 24 horas; el sobrenadante fue separado a través del papel filtro, se preservó el sólido y fue secado en estufa a 60°C por 24 horas, para obtener peso constante.

- **Grado de desacetilación:** (Valoración potenciométrica). Metodología de Hernández *et al.* (2009). El producto Bioestimulante obtenido se logró al disolver quitosano al 4 % en una solución de ácido acético al 2 %.

Caracterización química del biol

Se caracterizó químicamente el biol según las metodologías relacionadas en el Manual de Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales (Rice, Baird & Eaton, 2012). Se realizaron las siguientes determinaciones:

- Conductividad eléctrica por conductimetría
- pH por potenciometría.

RESULTADOS

El quitosano obtenido de exoesqueletos de camarón se valora como de buena calidad al compararlo con patrones de otros reportados en la literatura (Tabla 1). El rendimiento del 31,50% estuvo por encima del que obtuvieron Barra, Romero y Beltramino (2012), debido a la presencia de impurezas en la materia prima, y que está relacionado, además, con un mayor porcentaje de humedad observado, superior al del producto comercial norteamericano Sigma Aldrich. Respecto al porcentaje de material insoluble se alcanzó un 17,05 % inferior al 20 % que es un patrón de calidad, también referido por los autores anteriores.

El porcentaje de humedad logrado fue de 12,34%, superior al reportado por Barra, *et al.* (2012) del 10,48 % y al 11,69 % característico de *Sigma Aldrich* (quitosano comercial) (Hidalgo, Fernández, Nieto, Paneque, Fernández y Llopiz, 2009). El grado de desacetilación logrado que es el principal parámetro que define la calidad del producto final, estuvo en el rango de valores encontrados por los diferentes autores. Barra, *et al.* (2012) lograron un resultado inferior (65%), mientras Hidalgo *et al.* (2009) midieron por colorimetría un 81,4% y por potenciometría lo reportaron en un rango 79,46 +/- 1,72%; mientras Dima, Sequeiros y Zaritzky (2013) obtuvieron uno superior (90,2%) con la particularidad de que lo midieron por espectrofotometría que es un método más preciso.

Tabla 1. Parámetros de caracterización del quitosano

Parámetro	Valor observado
Rendimiento (RG)	31,50 %
Porcentaje de material insoluble (PMI)	17,05 %
Porcentaje de humedad (% H)	12,34 %
Grado de desacetilación	72,80 %

Fuente: Elaboración propia

En el caso del biol, el pH tuvo un valor de 4,52 lo cual lo clasifica como ácido. Aparcana y Jensen (2008), en un estudio sobre el valor fertilizante de cuatro tipos de biol producidos a partir de estiércol de vaca, reportaron valores de pH de 7,96; 8,1 y de 6,7 a 7,9. Como se observa, el medido en el presente trabajo se encuentra por debajo de éstos, al igual que para los reportados por Guanopatin (2012), que encontró valores de pH de 5,8 y 6,5 en dos tipos de biol.

De la Rosa (2012) reportó para tres tipos de bioles un pH medianamente básico y para otras cinco muestras de productos un pH neutro. Esta situación es producto de la acción de las bacterias ácido lácticas, las cuales realizan la fermentación de los carbohidratos hidrosolubles provenientes de la melaza, generándose ácido láctico y en consecuencia se aumenta la acidez en las mezclas (Peralta, 2010).

Respecto a la conductividad eléctrica del producto fue baja con un valor de 28 dS.m^{-1} , ligeramente más alto que el reportado por Medina, Quipuzco y Juscamaita (2015), quienes encontraron valores iniciales de pH, porcentaje de ácido láctico y conductividad eléctrica fueron 5.83, 0.45% y 25.0 mS/cm , respectivamente en la producción de biol y señalaron que el pH se mantiene estable en un rango ácido.

Por su parte, Pérez *et al.* (2017) encontraron durante la producción de biol a partir de diferentes composiciones de materiales orgánicos, valores de conductividad eléctrica baja en todas las variantes que osciló desde 0.05 a 0.25 dS.cm^{-1} también inferiores a los de la presente investigación.

CONCLUSIONES

La producción de bioestimulantes como el derivado del quitosano y moringa, así como el biol constituye una alternativa ecológica y de bajo costo, para mejorar la productividad de los cultivos en diferentes condiciones, que se puede desarrollar a partir de los residuales locales como el excremento animal, exoesqueletos de crustáceos y restos de cosecha abundantes en la región.

Se observó un pH ácido y una conductividad eléctrica baja en el biol obtenido, lo cual no interfiere en su uso como bioestimulante y fertilizante orgánico, ya que esto no afecta la calidad del suelo ni la producción en los cultivos.

El quitosano obtenido de exoesqueletos de camarón se valora como de buena calidad al compararlo con patrones de otros reportados en la literatura, aunque su rendimiento fue mayor, debido a la presencia de impurezas en la materia prima y que está relacionado, además, con un mayor porcentaje de humedad observado, así como un porcentaje de material insoluble inferior al 20 % que es un patrón de calidad también referido por algunos autores.

El grado de desacetilación que, es el principal parámetro que define la calidad del quitosano al medirlo por titulación potenciométrica, estuvo en el rango de valores encontrados por diferentes autores.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, N. C. y Martínez, W. (2008). *Uso potencial de la Moringa (Moringa oleífera, Lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados*. Guatemala: Editorial INCAP, pp. 30
- Aparcana, S. & Jansen, A. (2008). *Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "fermentación anaeróbica" para producción de biogás*. Wilhelmshaven, Alemania: German ProfEC GmbH. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de: http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20Biogas_ntz.pdf

- Barra, A.; Romero, A. y Beltramino, J. (2012). *Obtención de quitosano*. Argentina: Producción Animal.com.ar. Recuperado de: <https://docplayer.es/6644229-Obtencion-de-quitosano.html>
- Benhamou, N. (1992). Ultrastructural and cytochemical aspects of chitosan on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, agent of tomato crown and root rot. *Phytopathology*, Vol. 82: 1185–1193. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/278933148_Ultrastructural_and_cytochemical_aspects_of_chitosan_on_Fusarium_oxysporum_f_sp_radicis-lycopersici_agent_of_tomato_crown_and_root_rot
- Benhamou, N. & Thériault, G. (1992). Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to the crown and root rot pathogen. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, Volume 41, pp. 33-52, doi: [https://doi.org/10.1016/0885-5765\(92\)90047-Y](https://doi.org/10.1016/0885-5765(92)90047-Y)
- Callizaya, S. (2015). *Efecto de la aplicación de biol sobre el comportamiento productivo del Pepino (Cucumis sativus, L.) bajo condiciones de carpa solar*. Tesina de grado, Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, pp. 58. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.umsa.bo:8080/rddu/bitstream/123456789/5720/1/TS-2075.pdf>
- Chien, P. J., Sheu, F. & Yang, F. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, Vol. 78: 225-229. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodeng.2005.09.022>
- Chien, P. Sheu, F. & Lin, H. (2007). Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry Volumen* 100, pp. 1160–1164. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.068>
- De la Rosa, J. (2012). *Análisis físico y químico de fertilizante orgánico (biol) producido por biodigestores a partir de estiércol de ganado*. Memoria de Residencia Profesional Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, pp. 42. Recuperado de: <https://www.scribd.com/document/272243144/Analisis-Fisico-yQuimico-de-Fertilizante-Organico-Biol-Jonatan-de-La-Rosa-Mendez>
- Dima, J. B., Sequeiros, C. & Zaritzky, N. E. (2013). Optimización de la obtención de quitosano de crustáceos patagónicos (Puerto Madryn, Chubut): Desarrollo de micropartículas y evaluación de su acción bactericida en patógenos de usual frecuencia en maricultura. Argentina: *Revista de Asociación Argentina de Ingeniería Química*, Vol. 10, pp. 1-19. Recuperado de: http://www.aaq.org.ar/SCongresos/docs/04_025/papers/09f/09f_1422_054.pdf
- Du Jardin, P. (2015). Plant Bio stimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. *Scientia Horticulturae*, Volume, 196, pp. 3-14, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

- Escobar, W., Valdano, T., Pazmiño, J. y Vivas, R. (2017). Respuesta del cultivo de fréjol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación foliar complementaria de tres bioestimulantes. *Revista Digital Dominio de las Ciencias* Vol 3, No 3, Recuperado de: <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/492/pdf>
- García, C. y Rodríguez, G. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Revista Ra Ximhai*, vol. 8, núm. 3b, septiembre-diciembre, Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
- Guanopatín, M. (2012). *Aplicación de biol en el cultivo establecido de Alfalfa (Medicago sativa, L.)*. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, pp. 93. Recuperado de: edi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis_009agr.pdf
- Hernández, H., Águila, E., Flores, O., Viveros, E. y Ramos, E. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Revista Superficies y Vacío*, Vol. 22 (3), pp. 57-60, Recuperado de: http://smcsyv.fis.cinvestav.mx/supyv/22_3/SV2235709.pdf
- Hidalgo, C., Fernández, M., Nieto, O., Paneque, A., Fernández, G. y Llopiz, J. (2009). Estudio de quitosanos cubanos derivados de la quitina de la langosta. *Revista Iberoamericana de Polímero*, Volumen, 10(1), Recuperado de: <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/ENE09/hidalgo.pdf>
- IPES / FAO (2010). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana (Primera Edición)*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-as435s.pdf>
- Lárez, C. (2008). Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola* 8 (1): 1-22. 2008. Recuperado de: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg08002>
- Medina, A. V., Quipuzco, L. U. y Juscamaita, J. M. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *Anales Científicos*, Vol. 76 (1): 116-124 (2015) Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171095.pdf>
- Noda, Y. y Martín, G. (2016). Resultados preliminares de la poda y de la aplicación de FitoMas-E en el rendimiento de *Jatropha curcas* y de cultivos asociados. *Pastos y Forrajes*, Vol. 39(4), 246-251.
- Pástor, C.; Concheiro, L. y Wahren, J. (2017). Agriculturas alternativas en Latinoamérica Tipología, alcances y viabilidad para la transformación social-ecológica. *Revista Biodiversidad*. Recuperado de: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/13957.pdf>

- Peralta, R. (2010). Determinación de parámetros óptimos en la producción de fast biol usando excretas de ganado lechero del establo de la UNALM. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias.
- Pérez, M.; Peña, E., Lago, S., Batista, Y. & Hechavarría, A. (2017). Producción de biol y determinación de sus características físico- químicas. *Revista Digital-Ojeando la Agenda*. Vol. 48, Recuperado de: <https://ojeandolaagenda.com/2017/07/28/produccion-de-biol-y-determinacion-de-sus-caracteristicas-fisico-quimicas/>
- Rice, E.W., Baird, R.B. & Eaton, A. D. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (22th Edition)*, pp. 9-66 a 9-72. EE. UU: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
- Rinaudo, M.; Milas, M. & Dung, P. (1993). Characterization of chitosan. Influence of ionic strength and degree of acetylation on chain expansion. *International Journal of Biological Macromolecules*, Volumen 15: 281-285. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/0141-8130\(93\)90027-J](https://doi.org/10.1016/0141-8130(93)90027-J)
- Romero, O. (2015). *Uso de Moringa como bioestimulante foliar en Pimiento (Capsicum annuum l.) Germoplasma local en Palmares, Arenillas*. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, pp. 51. Recuperado de: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1185/7/CD345_TESIS.pdf
- Sarandón, S.J. y Flores, C.C. (2014). Análisis y evaluación de agroecosistemas: Construcción y aplicación de indicadores. pp. 375-410. En: Sarandón, S.J. y Flores, C.C. (eds.). *Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Yasmeen A, Ahmed, S., Ahmad, R. & Wahid, A. (2012). Performance of late sown wheat in response to foliar application of *Moringa oleifera*, Lam. leaf extract. *Chilean Journal of Agricultural Research*, Volumen 72, pp. 92-97.