



PRODUCCIÓN DE PEPINO CON FUENTES DE FERTILIZANTE POTÁSICO EN LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN

CUCUMBER PRODUCTION USING POTASSIUM FERTILIZER SOURCES IN THE CITY OF CONCEPCIÓN

Osmar Gustavo Acosta Benitez^{1*} , Wilfrido Daniel Lugo Pereira¹  y Derlys Fernando López Ávalos¹ 

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: og201710@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue determinar la productividad de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos fuentes y dosis de fertilizantes potásicos. El experimento se realizó en la parcela experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción, Departamento de Concepción, Paraguay. El diseño experimental utilizado fue el de bloque completos al azar (DBCA), con esquema factorial 2 x 4, con tres repeticiones, donde el factor A pertenece a las fuentes de fertilizantes (mineral y cenizas) y factor B a las dosis (0, 160, 200 y 240 kg ha⁻¹), totalizando 24 unidades experimentales. La aplicación de fertilizantes se realizó después de la emergencia de las plántulas, aproximadamente a los 15 días. Las variables evaluadas fueron número de frutos por plantas, longitud de fruto, diámetro de fruto y rendimiento. Los valores obtenidos fueron sometidos al ANAVA, y las medias comparadas mediante el test de Tukey al 5% de probabilidad. Los resultados obtenidos indicaron que las fuentes de potasio evaluadas ejercieron un efecto significativo sobre el rendimiento. En las dosis aplicadas, se observaron diferencias significativas en la longitud de fruto, el diámetro de fruto y el rendimiento. Por otro lado, no se registró interacción significativa entre las fuentes y las dosis de potasio en las variables analizadas.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., fertilizantes, potasio, rendimiento.

ABSTRACT

The objective was to determine the productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) with two sources and doses of potassium fertilizers. The experiment was conducted in the experimental plot of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Concepción, Department of Concepción, Paraguay. The experimental design used was a randomized complete block (RCBC) with a 2 x 4 factorial scheme, with replications, where factor A belongs to the fertilizer sources (mineral and ash) and factor B to the doses (0, 160, 200 and 240 kg ha⁻¹), totaling 24 experimental units. Fertilizers were applied after seedling emergence, approximately 15 days later. The variables evaluated were number of fruits per plant, fruit length, fruit diameter, and yield. The values obtained were subjected to the ANOVA, and the means were compared using the Tukey test at a 5% probability level. The results indicated that the potassium sources evaluated exerted a significant effect on yield. Significant differences were observed in fruit length, diameter, and yield across the applied doses. However, no significant interaction was observed between potassium sources and doses for the variables analyzed.

Keywords: *Cucumis sativus* L., fertilizers, potassium, yield.

INTRODUCCION

La agricultura, como toda actividad humana, implica una interacción constante con el medio natural. Particularmente, la agricultura intensiva busca maximizar la producción en espacios reducidos, recurriendo para ello a diversas técnicas orientadas a incrementar los rendimientos (López et al., 2011).

El cultivo de pepino tiene una notable importancia económica en los países donde se produce, debido a su alta demanda tanto en el mercado fresco como en el procesado. Sin embargo, los bajos rendimientos que obtienen muchos productores se deben, en gran medida, a la escasa información disponible sobre las necesidades nutricionales del cultivo y al uso inadecuado de fertilizantes. Esta situación conlleva mayores gastos en insumos agrícolas, pérdida de nutrientes, desperdicio de fertilizantes y contaminación ambiental, lo que impacta negativamente sobre el rendimiento y la rentabilidad del cultivo, afectando a todos los eslabones de la cadena productiva (Rahman y Zhang, 2018).

Dentro de los factores que más inciden en el rendimiento del cultivo, la fertilización ocupa un lugar central. Diversos estudios han documentado el efecto del potasio sobre la calidad de los frutos (Botella et al., 2017; Mardanluo et al., 2018), y en el caso específico del pepino, este elemento es considerado clave para el logro de frutos de alta calidad (Rouphael et al., 2018).

Actualmente, existen diversas fuentes de fertilizantes potásicos, tanto de origen mineral como orgánico (Abebe et al., 2022). En este contexto, la ceniza vegetal representa una alternativa viable y de bajo costo, que podría favorecer el aprovechamiento del potencial genético del cultivo, reduciendo a la vez los costos de producción. Por lo tanto, resulta necesario generar información que permita optimizar el rendimiento y la calidad del pepino mediante un manejo eficiente de la fertilización.

Con base en lo expuesto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la productividad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en respuesta a la aplicación de dos fuentes y distintas dosis de fertilizantes potásicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es del tipo experimental cuantitativo. El experimento se realizó en la parcela experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción, Departamento de Concepción,

circunscrita en las coordenadas latitud S 23° 24' 38,1" y longitud W 57° 24' 40,9".

El suelo de la región, taxonómicamente pertenece al Orden Alfisol de textura franco arcillosa de origen arenisca, con un relieve plano de 0 a 3% de pendiente y una altura aproximada de 200 msnm, con drenaje bueno y de rocosidad nula. Este tipo de suelo pertenece a la clase III de la clasificación de capacidad de uso; las tierras de esta clase tienen moderadas limitaciones que reducen la selección de cultivos o requieren prácticas moderadas intensivas de manejo y/o conservación o ambas (López et al., 1995).

El experimento realizado tuvo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con arreglo factorial y tres repeticiones, el factor A lo constituyeron las fuentes de fertilizantes potásicos y factor B a dosis de potasio, totalizando 24 unidades experimentales, cada unidad experimental tuvo una dimensión de 3 x 3 metros totalizando 9 m² por cada parcela. Los tratamientos utilizados en este experimento se pueden ver en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamientos	Descripción	
	Fuentes de potasio	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)
T1	Mineral	0
T2		160
T3		200
T4		240
T5	Cenizas*	0
T6		160
T7		200
T8		240

*Las dosis establecidas según Gullón et al., 2001.

El delineamiento de las unidades experimentales del terreno se realizó con una cinta métrica. La preparación del terreno se realizó un día antes con la utilización de un motocultor para remover el suelo para que este quede bien mullido.

Se utilizaron semillas híbridas HS 1020. La siembra se realizó en forma manual, abriendo surcos con azada de 0,03 m de profundidad aproximadamente, la densidad de la misma fue de 1,0 m entre hileras y 0,50 m entre plantas echando 2 semillas por hoyo, que después de la emergencia se realizó un monitoreo de las mismas para ralea y dejar una planta por hoyo.

La aplicación de fertilizantes se realizó después de la emergencia de las plántulas,

aproximadamente a los 15 días, ambos fertilizantes se aplicaron en surcos, la ceniza a 25 cm alrededor de la planta para que no llegue a quemar a las mismas y el fertilizante mineral a 10 cm respectivamente. Diariamente se ha realizado el monitoreo correspondiente y los cuidados culturales que requerían las plantas en forma manual.

Para el control preventivo de las plagas y enfermedades se efectuó la aplicación de plaguicidas con dosis recomendada por la etiqueta de los productos. La cosecha se realizó en forma manual, y las mismas fueron pesadas y medidas.

La cosecha se realizó en forma manual, y las mismas fueron pesadas y medidas para la obtención de los datos primarios como rendimiento, diámetro y longitud de las frutas.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

Número de frutos por plantas: se contabilizó la cantidad de frutos producidos por planta en una sola cosecha de 5 plantas seleccionadas al azar por cada UE.

Longitud de fruto: se utilizaron 2 frutos por planta de cada unidad experimental y para la medición se utilizó regla centimetrada midiendo la parte media longitudinal del fruto.

Diámetro de fruto: se utilizó 2 frutos por planta de cada unidad experimental y para la medición se utilizó un paquímetro centimetrado midiendo la parte media y del centro del fruto.

Rendimiento total: se pesó la totalidad de los frutos producidos por cada una de las 5 plantas seleccionadas al azar y los resultados se extrapolaron a kg ha^{-1} , teniendo en cuenta la densidad del cultivo y el área cultivada.

Los datos obtenidos en el estudio fueron evaluados estadísticamente, para el efecto se recurrió al análisis de varianza (ANAVA), para verificar si existió o no diferencia significativa entre los tratamientos y las medias que presentaron diferencias significativas fueron comparadas entre sí por el test de Tukey al 5% de probabilidad, además se realizó la ecuación de regresión para las determinaciones que obtuvieron significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Número de frutos por planta

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F, correspondientes a las fuentes de potasio y dosis

utilizadas en este estudio. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para la variable número de frutos por planta.

Tabla 2. Efecto de dos fuentes y dosis de fertilizantes potásicos sobre el número de frutos por planta de pepino.

Factor	Descripción	Número de fruto por planta
Fuentes de potasio	Mineral	2,58 a
	Ceniza	2,58 a
Dosis de potasio (kg ha^{-1})	160	2,83 a
	200	2,83 a
	0	2,33 a
	240	2,33 a
Factor A:		0,10ns
Factor B:		1,58ns
Factor A×B:		0,35ns
CV (%):		21,74

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el test de Tukey al 5%. ns: no significativa. CV: Coeficiente de variación.

En tanto, se constata que la fuente mineral como ceniza produjeron resultados iguales, lo que sugiere que esta última podría ser aprovechada como alternativa viable para la corrección del suelo y mejora de la productividad. En lo que respecta a la dosis de potasio, desde punto de vista agronómico, las aplicaciones de 160 y 200 kg ha^{-1} de potasio generaron un mayor número de frutos por planta, con un promedio de 2,83 frutos.

Al comparar estos resultados con los reportados en la literatura, se observa que Ruíz (2011) obtuvo promedios de 9,7 frutos por planta de pepino al aplicar humus de lombriz y 9 frutos al aplicar compost, datos superiores a lo obtenido en este estudio, cabe resaltar que en este experimento se realizó dos cosechas. De manera similar, Ortiz et al. (2009) reportaron 7,4 frutos por planta bajo condiciones de invernadero, mientras que López et al. (2011) y Marcano et al. (2012) alcanzaron hasta 15 frutos por planta, también en invernadero. Estas diferencias observadas pueden atribuirse en gran medida al manejo del cultivo y a las condiciones ambientales, especialmente el hecho de que este experimento se desarrolló a campo abierto.

Longitud de fruto

En la tabla 3 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F, muestran que

no se detectaron diferencias significativas entre las fuentes de potasio para la variable de longitud de fruto; sin embargo, las diferentes dosis aplicadas al cultivo mostraron diferencias significativas. Con respecto a la interacción entre los factores, no se observaron efectos significativos.

Tabla 3. Efecto de dos fuentes y dosis de fertilizantes potásicos sobre la longitud de fruto de pepino.

Factor	Descripción	Longitud de fruto (cm)
Fuentes de potasio	Ceniza	20,87 a
	Mineral	20,37 a
Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)	200	22,43 a
	240	22,33 a
	160	21,15 a
	0	16,58 b
Factor A:		0,66ns
Factor B:		20,15**
Factor A×B:		0,16ns
CV (%):		7,29

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el test de Tukey al 5%. ns: no significativa. **: significativa al 1%. CV: Coeficiente de variación.

Aunque las diferencias entre fuentes no fueron significativas, la ceniza presentó una media superior con una longitud promedio de 20,87 cm por fruto. En relación con las dosis de potasio, la mayor longitud se registró con la aplicación de 200 kg ha⁻¹, alcanzando un promedio de 22,43 cm, lo que representa una diferencia de 5,85 cm respecto al tratamiento testigo sin fertilización.

El análisis de regresión realizado entre la dosis de potasio y la longitud de fruto (Figura 1) se ajustó a un modelo de ecuación cuadrática. Este comportamiento indica que la longitud aumenta hasta alcanzar una dosis óptima, tras la cual comienza a decrecer, en concordancia con la Ley de rendimientos decrecientes descrita por Fatecha (1999).

En estudio comparativos, Díaz (2013), en su trabajo de producción orgánica de frutos de pepino bajo condiciones protegidas, reportó una longitud de 20,79 cm, mientras que Santiago (2014), evaluando soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino bajo invernadero, reporta una longitud de 18,55 cm. Ambos valores son inferiores a los alcanzados en el presente trabajo, destacando el valor máximo de 22,43 cm obtenido con la dosis más alta de potasio.

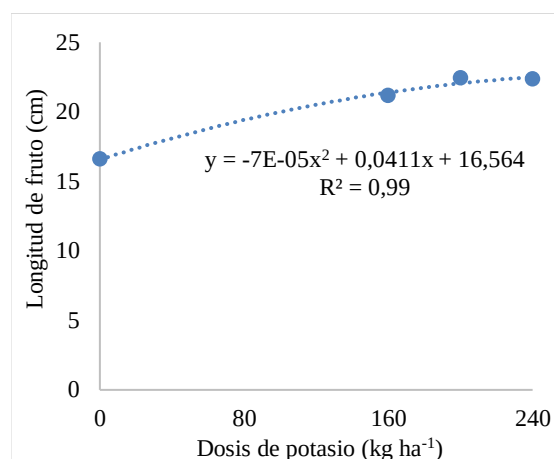


Figura 1. Curva de respuesta ajustada para longitud de frutos de pepino afectado por dosis creciente de potasio.

En la figura 1 se observa un R² de 0,99% el cual nos da la idea de que la ecuación es casi perfecta, siendo que a medida que se acerca a 1 esto significa que el experimento es bueno, que la dispersión de los datos es mínima.

Diámetro de fruto

Los resultados del análisis estadístico para el diámetro de fruto se presentan en la Tabla 4. El ANAVA, aplicado mediante el test de F, indica que no se encontraron diferencias significativas entre las fuentes de potasio. Sin embargo, las distintas dosis de potasio aplicadas, mostraron diferencias significativas. Por otro lado, la interacción entre fuente y dosis no presentó efectos significativos.

Tabla 4. Efecto de dos fuentes y dosis de fertilizantes potásicos sobre el diámetro de fruto de pepino.

Factor	Descripción	Diámetro de fruto (cm)
Fuentes de potasio	Ceniza	4,942 a
	Mineral	4,822 a
Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)	200	5,231 a
	240	5,157 a
	160	4,928 a
	0	4,212 b
Factor A:		1,10ns
Factor B:		16,50**
Fc A×B:		1,58ns
CV (%)		5,74

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el test de Tukey al 5%. ns: no significativa. **: significativa al 1%. CV: Coeficiente de variación.

Aunque las diferencias entre fuentes no fueron significativas, se observó que la ceniza obtuvo el mayor valor promedio de diámetro de fruto, con 4,94 cm. Este resultado podría atribuirse a la presencia de otros nutrientes en la ceniza, que habrían favorecido un mejor desarrollo del fruto.

Respecto a las dosis de potasio, la aplicación de 200 kg ha⁻¹ produjo el mayor diámetro promedio con 5,231 cm, superior al tratamiento testigo (sin fertilización), que alcanzó apenas 4,212 cm, lo que representa una diferencia de 1,02 cm.

La relación entre las dosis de potasio y el diámetro del fruto se muestra en la Figura 2. El análisis de regresión se ajustó a un modelo de ecuación cuadrática, evidenciando un incremento progresivo del diámetro hasta una dosis óptima, seguido de una disminución posterior, lo que coincide con la Ley de rendimientos decrecientes planteada por Fatecha (1999).

Estos resultados superan los reportados por Díaz (2013), quien obtuvo un diámetro ecuatorial promedio de 4,56 cm en un sistema de producción orgánica bajo condiciones protegidas, y por Santiago (2014), quien reportó 4,53 cm en un sistema similar. En comparación, el presente estudio alcanzó un valor máximo de 5,23 cm, lo que resalta el impacto positivo del manejo de la fertilización potásica en campo abierto.

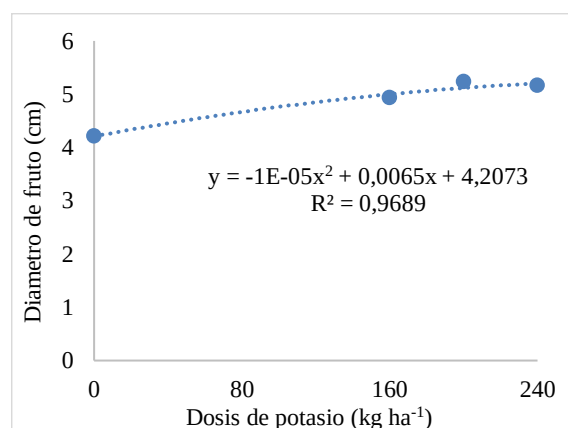


Figura 2. Curva de respuesta ajustada para el diámetro de frutas de pepino afectado por dosis creciente de potasio.

Rendimiento

Los datos de rendimiento presentados en la tabla 5 muestran diferencias significativas tanto en las fuentes como en las dosis de potasio aplicadas. No obstante, no se observaron efectos significativos en la interacción entre los factores. Entre las fuentes de fertilizantes utilizadas, el mejor resultado se obtuvo con la

fuente mineral, alcanzando un rendimiento promedio de 26934 kg ha⁻¹.

Tabla 5. Efecto de dos fuentes y dosis de fertilizantes potásicos sobre el rendimiento de pepino.

Factor	Descripción	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Fuentes de potasio	Mineral	26934 a
	Ceniza	24957 b
Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)	200	28817 a
	240	27356 ab
	160	25708 b
	0	21901 c
Factor A:		7,18*
Factor B:		16,31**
Factor A×B:		2,95ns
CV (%):		6,96%

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el test de Tukey al 5%. (**)(*): significativa al 1% y 5%. CV: Coeficiente de variación.

En lo que refiere a las dosis de potasio, la aplicación 200 kg ha⁻¹ generó la mayor producción promedio, con 28817 kg ha⁻¹, sin diferir estadísticamente de la dosis de 240 kg ha⁻¹, pero siendo a la de 160 kg ha⁻¹ y al tratamiento testigo sin fertilización. Este último mostró una diferencia de 6916 kg ha⁻¹ en comparación con el mejor tratamiento, lo que representa un incremento relevante desde el punto de vista agronómico y económico.

La relación entre las dosis de potasio y el rendimiento de fruto se muestra en la Figura 3. El análisis de regresión se ajustó a un modelo de ecuación cuadrática, evidenciando un incremento progresivo de la producción hasta una dosis óptima, seguido de una disminución posterior.

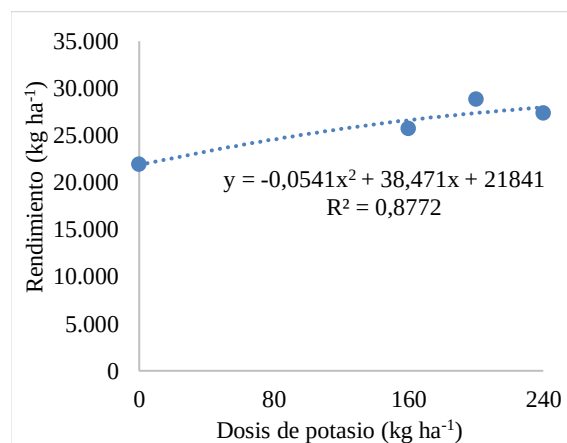


Figura 3. Curva de respuesta ajustada para el rendimiento de pepino afectado por dosis creciente de potasio.

Resultados similares fueron reportados por Alejo et al. (2021), quienes observaron diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de pepino al aplicar distintas dosis de potasio. Estos hallazgos coinciden con los del presente estudio, lo que se atribuye a la eficiente absorción del potasio por la planta y su influencia directa sobre la productividad.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron que las fuentes de potasio evaluadas ejercieron un efecto significativo sobre el rendimiento. En cuanto a las dosis aplicadas, se observaron diferencias significativas en la longitud de fruto, el diámetro de fruto y el rendimiento. Por otro lado, no se registró interacción significativa entre las fuentes y las dosis de potasio en las variables analizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abebe, T. G., Tamtam, M. R., Abebe, A. A., Abtemariam, K. A., Shigut, T. G., Dejen, Y. A., & Haile, E. G. (2022). Growing use and impacts of chemical fertilizers and assessing alternative organic fertilizer sources in Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022(1), 4738416. <https://doi.org/10.1155/2022/4738416>
- Alejo, S. G., Becerra-Venegas, S. G., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G., & Juárez-Rosete, C. R. (2021). Requerimiento nutrimental y nutrición potásica en pepino Persa con poda a un solo tallo. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.906>
- Botella, M. Á., Arévalo, L., Mestre, T. C., Rubio, F., García-Sánchez, F., Rivero, R. M., & Martínez, V. (2017). Potassium fertilization enhances pepper fruit quality. *Journal of Plant Nutrition*, 40(2), 145-155. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1201501>
- Díaz, M. H. A. (2013). *Producción orgánica y calidad nutracéutica de frutos de pepino (Cucumis sativus L.) bajo condiciones protegidas* (Tesis de maestría, UAAAN-UL). Repositorio UAAAN. <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/7389>
- Fatecha, A. 1999. Guía para la fertilización de cultivos anuales y perennes de la Región Oriental del Paraguay. Caacupé: MAG/SSEA/DIA. 23p.
- López, O.; González, E.; De Llamas, P.; Molinas, A.; Franco, E.; García, S. & Ríos, E. (1995). Proyecto de racionalización del uso de la tierra (préstamo N° 3.445-PA): Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región Oriental del Paraguay. Asunción, PY.: Banco Mundial.
- López, E. J., Rodríguez, J. C., Huez, M. A., Garza, S., Jiménez, J., & Leyva, E. I. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia (Arica)*, 29(2), 21-27. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292011000200003&script=sci_arttext&tlng=en
- Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. (2012). Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaro bajo, estado Lara, Venezuela. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1629-1636. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342012000800012&script=sci_abstract&tlng=pt
- Mardanluo, S., Souri, M. K., & Ahmadi, M. (2018). Plant growth and fruit quality of two pepper cultivars under different potassium levels of nutrient solutions. *Journal of plant nutrition*, 41(12), 1604-1614. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1463383>
- Ortiz, C. J., Sánchez del Castillo, F., Mendoza Castillo, M., & Torres García, A. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista fitotecnica mexicana*, 32(4), 289-294. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802009000400007&script=sci_abstract&tlng=pt
- Rahman, K. A., & Zhang, D. (2018). Effects of fertilizer broadcasting on the excessive

- use of inorganic fertilizers and environmental sustainability. *Sustainability*, 10(3), 759. <https://doi.org/10.3390/su10030759>
- Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., Petropoulos, S. A., De Pascale, S., & Colla, G. (2018). Improving vegetable quality in controlled environments. *Scientia Horticulturae*, 234, 275-289. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.033>
- Ruiz, L. (2011). *Evaluación de cuatro abonos orgánicos en el cultivo de pepino híbrido thunder (C. sativus), en el Barrio La Capilla, parroquia El Tambo, cantón Catamayo provincia de Loja* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja). <https://dspace.unl.edu.ec/items/d25109e8-3a37-4131-b3d3-6bc5242a101e>
- Santiago, L. G. (2014). *Soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) bajo invernadero* (Tesis de maestría, UAAAN-UL). Repositorio UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7312>
- Gullón, S. F., Rodríguez-Soalleiro, R., & Merino, A. (2001). Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg*, 16(3), 379-393. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Solla-Gullon/publication/28124448_Evaluacion_del_aporte_de_cenizas_de_madera_como_fertilizante_de_un_suelo_acido_mediante_un_ensayo_en_laboratorio/links/5530d980cf27acb0de88ac6/Evaluacion-del-aporte-de-cenizas-de-madera-como-fertilizante-de-un-suelo-acido-mediante-un-ensayo-en-laboratorio.pdf