

**EFFECTOS DE BIOESTIMULANTE Y FERTILIZACIÓN EN
PIMIENTOS MORRÓN EXÓTICO, CILANTRILLO Y ALBAHACA EN
TIESTOS EN ESTRUCTURA DE AMBIENTE PROTEGIDO**

por

Ana E. Perlera de Escalante

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS
en
HORTICULTURA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2018

Aprobado por:

José Pablo Morales Payán, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Feiko H. Ferwerda Van Rennen, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Elvin Román Paoli, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Iris A. Figueroa Robles, Ph.D.
Representante, Escuela Graduada

Fecha

Roberto Vargas Ayala, Ph.D.
Director Interino, Departamento de Ciencias Agroambientales

Fecha

ABSTRACT

The exotic pepper bell 'Purple Beauty' has economic importance, being a variety of great attractiveness and flavor, can mark preference in consumption, in addition this variety has not been studied before in effect of biostimulants and nitrogen in regular and increased doses. In the same way, aromatic plants are important in agriculture to be obtained in short periods and with different purposes. The study was conducted under conditions of protected structure, and 2 experiments: No. 1 pepper and No. 2 cilantrillo and basil. The objective was, know the effects of biostimulants and fertilization on exotic pepper bell, cilantrillo, and basil in pots in a protected environment system. With applications of bioestimulantes in 2 ppm and regular and increased dose of nitrogen per plant in 8.16 g and 11.4 for pepper. Nitrogen dose in regular and increased form of 6 g and 8.7 g for cilantrillo and 6.38 g and 9.35 g for basil. Prepared soil (called artificial) was used in Experiment No. 1, in addition soil of the San Antón series was also used in Experiment No. 2. The results showed in Experiment No. 1, that the combination of N in a regular dose and without biostimulants (SBN std) produced greater height and number of leaves at 63 ddt. The treatment of algae extract and N in increased dose (EAN aum), produced the highest amount of flowers and chlorophyll at 28 ddt. No significant differences were detected in fruit thickness, vertical and equatorial length of the fruit. Significant effects were shown for fruits XL size. The treatment of peptides and N in increased dose (PEPN aum) showed more number of fruits, and the treatment of algae extract and N at increased dose (EAN aum), greater fruit weight. No significant differences were found in average weight of dry matter in leaf, stem and root. The treatment with the best postharvest results was that of algae extract and N increased dose (EAN aum), 48 days at 10 °C, followed by the treatment of peptides and regular N (PEPN std) for fruits at 38 days and 20 °C. In Experiment No. 2, for cilantrillo, significant differences were found in combination of fertilization, biostimulant and soil factors. The treatment with highest dry matter content and plant height was that of peptides and N increased dose in San Antón soil. No significant differences were found for chlorophyll. For the NO_3^- content, in leaf and stem, the treatment with the highest mean was the one that combined N at an increased dose with peptides, in both soils. For the values of K^+ in leaf and stem sap, the treatment with the best concentration, was that of a regular dose without biostimulant. For basil, significant differences were found when combining biostimulant, N and soil type. For the content of dry matter and height of the plant, the treatment that obtained greater weight and height was that of peptides and N at an increased dose in San Antón soil. For chlorophyll content at 35 and 63 ddt, the best treatment was N at a regular dose and artificial soil. In NO contenido content in leaf and stem the best result was the treatment of N at increased dose, with a tendency to increase when combined with artificial soil, and for the concentration of K^+ in sap in leaf and stem the treatment that shows the highest concentration N was in a regular dose, with a tendency to increase when combined with San Antón soil. The commercial attribute of the crops in experiments 1 and 2 are important, since they can offer a better option in the eligibility of treatments according to the productive need at the moment of obtaining results.

RESUMEN

El cultivo de pimiento morrón exótico 'Purple Beauty' tiene importancia económica, al ser una variedad de gran atractivo y sabor, puede marcar preferencia en consumo y es una variedad que no ha sido estudiada antes en efecto de bioestimulantes y nitrógeno en dosis regular y aumentada. De la misma forma las plantas aromáticas son importantes en agricultura al obtenerse en cortos períodos y con diversidad de fines. El estudio se realizó en condiciones de estructura protegida, y 2 experimentos: N°1 pimiento y N°2 cilantrillo y albahaca. El objetivo fue conocer los efectos de bioestimulantes y fertilización en pimientos morrón exótico, cilantrillo, y albahaca en tiestos en sistema de ambiente protegido. Con aplicaciones de bioestimulantes en 2 ppm y dosis regular y aumentada de nitrógeno por planta en 8.16 g y 11.4 para pimiento. Dosis de nitrógeno en forma regular y aumentada de 6 g y 8.7 g para cilantrillo y 6.38 g y 9.35 g para albahaca. Suelo preparado (llamado artificial) se usó en el experimento N°1, en adición también se usó suelo de la serie San Antón en el experimento N°2. Los resultados mostraron en experimento N°1, que la combinación de N en dosis regular y sin bioestimulantes (SBN std) produjo mayor altura y número de hojas a 63 ddt. El tratamiento de extracto de algas y N en dosis aumentada (EAN aum), produjo la mayor cantidad de flores y clorofila a 28 ddt. No se detectaron diferencias significativas en grosor de fruto, longitud vertical y ecuatorial del fruto. Efectos significativos se mostraron para la talla XL (extra grande) de frutos. El tratamiento de péptidos y N en dosis aumentada (PEPN aum) mostró más número de frutos, y el tratamiento extracto de algas y N a dosis aumentada (EAN aum), mayor peso de fruto. No se encontraron diferencias significativas en peso promedio de materia seca en hoja, tallo y raíz. El tratamiento de mejor resultado en pos-cosecha fue el de extracto de algas y N dosis aumentada (EAN aum), a 48 días a 10°C, seguido del tratamiento de péptidos y N regular (PEPN std) para frutos a 38 días y 20°C. En experimento N°2, para cilantrillo, se encontraron diferencias significativas en combinación de los factores de fertilización, bioestimulante y suelo. El tratamiento que de mayor contenido de materia seca y altura de plantas fue el de péptidos y N dosis aumentada en suelo San Antón. No se encontraron diferencias significativas para clorofila. Para el contenido de NO_3^- , en hoja y tallo el tratamiento con mayor media fue el que combinaba N a dosis aumentada con péptidos, en ambos suelos. Para los valores de K^+ en savia en hoja y tallo, el tratamiento de mejor concentración fue el de N e dosis regular sin bioestimulante. Para albahaca, se encontraron diferencias significativas al combinar bioestimulante, N y tipo de suelo. Para el contenido de materia seca y altura de la planta, el tratamiento que obtuvo mayor peso y altura fue el de péptidos y N a dosis aumentada en suelo San Antón. Para el contenido de clorofila a 35 y 63 ddt, el mejor tratamiento fue el de N a dosis regular y suelo artificial. En contenido de NO_3^- en hoja y tallo el mejor resultado fue el tratamiento de N a dosis aumentada, con tendencia al aumento al combinar con suelo artificial, y para la concentración de K^+ en savia en hoja y tallo el tratamiento que muestra mayor concentración fue el de N en dosis regular, con tendencia al aumento al combinarse con suelo San Antón. El atributo comercial de los cultivos en experimentos 1 y 2 son importantes, ya que pueden ofrecer una mejor opción en la elegibilidad de tratamientos según la necesidad productiva al momento de obtener resultados.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la ayuda y confianza que el profesor Dr. José Pablo Morales Payán, me brindó durante este tiempo y por su excelente tutoría, y asesoramiento a lo largo de mi investigación. También agradezco al Dr. Elvin Román Paoli y al Dr. Feiko Ferwerda por creer en mí y formar parte de mi comité de posgrado.

Un agradecimiento especial al Proyecto de USAID de Educación Superior para el Crecimiento Económico con sede en El Salvador y a la Universidad Católica de El Salvador, por la promoción y el apoyo que me brindaron para la realización de este proyecto profesional.

También agradezco de manera especial a todo el personal de la Finca Laboratorio Alzamora por ayudarme a completar la investigación. Gracias al departamento de Ciencias Agroambientales por contribuir con mi desarrollo profesional.

Además, esta tesis fue posible gracias a mis colegas, Zoeli Rivera, Oliver Jiménez, Laura Vásquez y Karla Jaramillo que de una forma u otra contribuyeron con este logro.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada al forjador de mi camino, a mi Padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo. A mi esposo Raúl Escalante y a mi hijo Raúl Santiago Escalante. Gracias por prestarme su tiempo para dedicarlo a este proyecto y por siempre amarme y apoyarme durante los momentos más difíciles y desafiantes de este proyecto de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1.....	14
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	14
1.1.1 Pimiento.....	14
1.1.2 Aromáticas.....	15
1.1.3 Producción de cultivos en ambientes protegidos.	16
1.1.4 Nitrógeno.	17
1.1.5 Bioestimulantes o fitoestimulantes.	18
1.1.6 Situación del problema.	19
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo general.....	21
1.2.2 Objetivos específicos	21
2. EFECTO DE BIOESTIMULANTES Y NITROGENO EN PIMIENTO MORRON EXOTICO CON FRUTO DE COLOR MORADO	22
2.1 MATERIALES Y MÉTODOS	23
2.1.1 Altura de la planta.	25
2.1.2 Cantidad de hojas expandidas.	25
2.1.3 Verdor (asociado a concentración de clorofila).	25
2.1.4 Número de flores presentes en la planta.	26
2.1.5 Número de frutos presentes en la planta.	26
2.1.6 Número de frutos cosechados por planta.	27
2.1.7 Peso de frutos cosechados por planta.....	28
2.1.8 Peso raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha.	28
2.1.9 Longitud del eje vertical, del eje ecuatorial del fruto.	29
2.1.11 Proporción de pared y semillas.....	30
2.1.12 Concentración de sólidos soluble.	30
2.2 RESULTADOS Y DISCUSION.....	32
2.2.1 Altura de la planta.	32
2.2.2 Cantidad de hojas expandidas.	33
2.2.3 Verdor	34
2.2.4 Número de flores presentes en la planta.	35

2.2.5 Número de frutos presentes en la planta	38
2.2.6 Número total de frutos cosechados por planta y su distribución por talla.	39
2.2.7 Peso de frutos cosechados por planta y su distribución en la temporada	40
2.2.8 Peso raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha- Materia seca total	41
2.2.9 Peso promedio materia seca de hojas en pimientos al terminar cosecha	41
2.2.10 Peso promedio materia seca en tallo de plantas de pimiento	42
2.2.11 Peso promedio materia seca en raíces de plantas de pimiento	42
2.2.12 Longitud del eje vertical y eje ecuatorial del fruto (mm).	42
2.2.13 Grosor de la pared del fruto.....	42
2.2.14 Proporción del peso de pared y semillas (g)	43
2.2.15 Concentración de sólidos solubles (grados °Brix)	43
2.2.16 Deterioro de frutos en post-cosecha a 10°C	44
2.2.17 Deterioro de frutos en post-cosecha a 20°C.	45
CONCLUSIÓN	47
3. EFECTOS DE BIOESTIMULANTES Y NITROGENO EN CILANTRILLO Y ALBAHACA LIMÓN	49
3.1.1 Altura de la planta.	52
3.1.2 Verdor.....	52
3.1.3 Concentración de iones potasio y nitrato en savia:	53
3.1.4 Peso raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha.....	54
RESULTADOS	56
3.2 EFECTOS DE BIOESTIMULANTES Y NITROGENO EN CILANTRILLO.....	56
3.2.1 Altura de la planta.	56
3.2.2 Verdor.	57
3.2.3 Concentración de iones nitrato en savia: hoja	57
3.2.4 Concentración de iones nitrato en savia en tallo.....	58
3.2.5 Concentración de iones potasio en savia en hoja.....	59
3.2.6 Concentración de iones potasio en savia en tallo	60
3.2.7 Peso raíz y hoja al terminar la cosecha de cilantrillo.....	61
3.3.1 Altura de la planta.	62
3.3.2 Verdor en valores SPAD, en hojas de albahaca.	63
3.3.5 Concentración de iones nitrato en savia en tallo de albahaca	65

3.3.6 Concentración de iones potasio en savia en hojas	66
3.3.7 Concentración de iones potasio en savia en tallo	67
3.3.8 Promedio materia seca raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha.	68
7. RECOMENDACIONES	70
8. APENDICES	71
9. LITERATURA CITADA	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Temperaturas en Mayagüez, Puerto Rico, en diciembre 2016-marzo 2017.....	23
Cuadro 2.	Distribución de la categoría comercial XL para el número total de pimientos por planta.....	39
Cuadro 3.	Temperaturas en Mayagüez, Puerto Rico, en junio a septiembre 2017.	50
Cuadro. 4.	Concentración de [NO ₃ ⁻] en savia en hojas de cilantrillo	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Medición del verdor.....	26
Figura 2. Flores presentes en planta de pimienta.....	26
Figura 3. Frutos presentes en planta de pimienta.....	27
Figura 4. Número de frutos cosechados por planta.....	27
Figura 5. Clasificación de las categorías de pimienta.....	28
Figura 6. Extracción de raíces de pimienta.....	29
Figura 7. Medición de la longitud vertical y ecuatorial del fruto.....	29
Figura 8. Medición de concentración de sólidos solubles en frutos de pimienta	30
Figura 9. Deterioro de frutos después de cosechados y almacenados a diferentes temperaturas: 30°C, 20°C y 10°C	31
Figura 10. Altura de plantas de pimienta 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes.....	32
Figura 11. Número de hojas expandidas en pimienta 'Purple Beauty' en función de dosis de nitrógeno con o sin aplicación de péptidos y aminoácidos.....	33
Figura 12. Concentración relativa de clorofila (valores SPAD de verdor) en pimienta 'Purple Beauty'	34
Figura 13. Flores presentes en plantas de pimienta 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes.....	36
Figura 14. Frutos presentes en plantas de pimienta 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes.....	38
Figura 15. Peso de frutos cosechados por planta según las categorías no comercial y comercial: S, M., L y XL, de plantas de pimienta 'Purple Beauty' fueron tratadas con nitrógeno y bioestimulantes.....	40
Figura 16. Grosor de la pared de frutos de pimientos 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes.....	42
Figura 17. Concentración de sólidos solubles (grados °Brix) obtenido de frutos cosechados de plantas de pimienta 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes.....	43
Figura 18. Deterioro de frutos cosechados, expresado en porcentaje de pérdida de peso, relacionados a días de almacenamiento a 10°C.....	44
Figura 19. Deterioro de frutos de pimientos cosechados, expresado en porcentaje de peso de los frutos en relación a los días de almacenamiento a 20°C.....	45

Figura 20. Deterioro de frutos de pimientos cosechados, expresado en pérdida de peso en porcentaje, de frutos almacenados a 30°C.....	46
Figura 21. Medición de altura de planta de albahaca y cilantrillo. Finca Alzamora, Mayagüez 2017.....	52
Figura 22. Medición de clorofila en valores SPAD en hojas de albahaca. Finca Alzamora, Mayagüez 2017.....	53
Figura 23. Medición de concentración de NO_3^- y K^+ en savia de albahaca y cilantro.	54
Figura 24. Determinación de peso promedio de materia seca tanto para cilantrillo como para albahaca. Horno Fisher Scientific a 65°C	54
Figura 25. Altura de las plantas de cilantrillo, tratadas con bioestimulante y fertilización nitrogenada en dosis estándar y dosis aumentada.....	56
Figura 26. Concentración de ion nitrato en tallo de plantas de cilantrillo, que recibieron tratamientos de bioestimulantes y fertilización con nitrógeno a dosis estándar y aumentada.....	58
Figura 27. Concentración de potasio en savia en plantas de cilantrillo que recibieron tratamientos de bioestimulantes y fertilización con nitrógeno a dosis estándar y aumentada.	59
Figura 28. Concentración de potasio en savia de tallo en plantas de cilantrillo que recibieron tratamientos de bioestimulantes y fertilización con nitrógeno a dosis estándar y aumentada.....	60
Figura 29. Peso promedio de materia seca en plantas de cilantrillo que recibieron tratamientos de bioestimulante y fertilización de nitrógeno a dosis estándar y aumentada.....	61
Figura 30. Altura de la planta de albahaca, en días posteriores a la siembra, para los diferentes tratamientos aplicados en suelo de tipo artificial.....	62
Figura 31. Contenido de clorofila presente en hojas de albahaca tomado en plantas de los diferentes tratamientos aplicados, bioestimulantes y fertilizante nitrogenado a dosis estándar.....	63
Figura 32. Concentración de ion nitrato NO_3^- en hojas de albahaca para diferentes tratamientos aplicados al cultivo.....	64
Figura 33. Concentración de ion nitrato en savia obtenida del tallo de plantas de albahaca, tratada con diferentes tratamientos de bioestimulante y fertilizante nitrogenado a dosis estándar o aumentada.....	65
Figura 34. Concentración de ion potasio [K^+] en savia en hojas de albahaca, tomada de las plantas que recibieron diferentes tratamientos con bioestimulantes y fertilizante nitrogenado a dosis estándar o aumentada.	66

Figura 35. Concentración de ion potasio [K⁺] en savia en tallo de albahaca, tomada de las plantas que recibieron diferentes tratamientos con bioestimulantes y fertilizante nitrogenado a dosis estándar o aumentada.....67

Figura 36. Peso promedio de biomasa seca en gramos para hoja-raíz-tallo, tomado al final del ciclo del cultivo de albahaca, tratados con bioestimulante y fertilizante nitrogenado a dosis estándar y aumentada.....68

LISTA DE APENDICES

Apendice 1. Análisis químico de suelo, cultivo pimienta morrón 'Purple Beauty'. (Experimento 1).....	71
Apendice 2. Análisis químico de suelos, pimienta morrón 'Purple Beauty'. Valores expresados en Cmolc Kg-1.....	72
Apéndice 3. Análisis químico de suelo, cultivo cilantro (Experimento 2).....	73
Apéndice 4. Análisis químico de suelos, cultivo cilantro. Valores expresados en Cmolc Kg-1 (Experimento 2).....	74
Apéndice 5. Análisis químico de suelo, cultivo albahaca. (Experimento 2).....	75
Apéndice 6. Análisis químico de suelos, cultivo albahaca; valores expresados en Cmolc Kg-1 (Experimento 2).....	76
Apéndice 7. Análisis textural de muestras de suelos para los experimentos 1 y 2	77
Apéndice 8. Stimplex® etiqueta bioestimulante de cultivo (extracto de algas marinas)	78

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las personas están optando por un mayor consumo de vegetales y plantas aromáticas, como una opción saludable. Los vegetales dentro del género *Capsicum* son usados generosamente en la culinaria alrededor del mundo. Dentro de este género se destaca el pimiento (*Capsicum annuum* L.) por sus sabores, colores, propiedades nutricionales y la gran diversidad de usos como vegetal fresco o como especia (Bosland y Votava, 2012).

1.1.1 Pimiento.

En el año 2015, se sembraron 1.9 millones de hectáreas de pimiento a nivel mundial (FAOSTAT, 2018). Durante el mismo año, Puerto Rico dedicó 198 hectáreas a este cultivo y produjo unas 5,500 toneladas de pimiento, que equivale a 7% de aumento respecto a 2014. En Puerto Rico, los pimientos son de gran importancia económica, siendo de las hortalizas de mayor valor después de los tomates y las calabazas (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2015).

Algunos países como España, Holanda, México y Canadá han adaptado sus conocimientos agrícolas para producir pimientos de colores y de alta calidad en invernaderos y otras estructuras de ambiente protegido (casa malla, viveros con techo), donde la extensión de cultivo agrícola para invernaderos va desde 70,000 ha para España, dedicando de estos 12,000 ha a hortalizas, al igual que México, mientras que, Holanda dedica 4,850 ha y Canadá unas 1,886 ha en hortalizas y flores cortadas (Word Vegetable Map 2018). De modo que estas estructuras protegidas se consideran en lugar de producirlos directamente a campo abierto. Para algunas plantas aromáticas también se utilizan sistemas hidropónicos. Estos sistemas de producción en ambiente protegido pueden presentar ventajas para mercados que exigen alta calidad, como los de exportación, puesto que, durante el período de crecimiento, a campo abierto, los cultivos están expuestos a factores bióticos y abióticos que pueden afectar significativamente la calidad de los frutos de pimiento.

Para la cosecha de pimientos maduros con color exótico (no verdes ni rojos al madurar) la producción a campo abierto representa un mayor riesgo para alcanzar un rendimiento adecuado y de calidad satisfactoria, en comparación con la cosecha prematura de pimientos verdes, aun cuando los pimientos de colores obtienen un mayor valor en el mercado (Jovicich, 2005). En Puerto Rico, los pimientos de color rojo, naranja y amarillo son utilizados generosamente, por lo que conlleva a abrir espacios en la aceptación de pimientos con color exótico como el pimiento 'Purple Beauty', que por su color encanta a la vista del consumidor, sobre todo cuando se trata de preparar ensaladas frescas o de acompañar carnes rojas y blancas, aportando un sabor agradable.

Dentro de los factores abióticos que pueden afectar la producción de pimientos en el campo tenemos el déficit hídrico, la radiación solar, la humedad relativa, las temperaturas extremas, las propiedades físico-químicas del suelo y el estado nutricional de la planta (Jovicich, 2007). La presencia de malezas se considera como un factor biótico ya que estas compiten por los recursos del cultivo y funcionan como un albergue de las plagas que atacan las hojas, el tallo y los frutos de *Capsicum annum*. Una alta densidad poblacional de plagas causa graves daños al desarrollo de los frutos y predispone las plantas a sufrir de enfermedades o desórdenes fisiológicos (Mochiah, 2012). Muchos de estos factores se pueden controlar de manera precisa mediante el uso de estructuras protegidas (con techo y/o malla) para la producción de pimientos.

1.1.2 Aromáticas.

Cultivar plantas aromáticas puede traer beneficios para que el agricultor, accediendo a oportunidades comerciales tempranas en relación a otro cultivo. En algunos países estas hierbas aromáticas se comercializan en el mercado internacional de las especias, siendo su forma final, deshidratada, pulverizada, en bolsas para infusión y otras, por aceites esenciales. Los países que logran exportar abundantemente las hierbas aromáticas, son: India, China, Indonesia, Egipto, Etiopía, México, Guatemala (International Trade Center, 2006).

En Puerto Rico, el cilantrillo (*Coriandrum sativum*) es una de las aromáticas anuales más importantes. En el año fiscal 2015-2016 se vendieron en finca 57,931 cientos de mazos (190 g a 210 g de peso cada uno) de cilantrillo en la isla, un aumento del 32% en relación a la cosecha 2014-2015 (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2015). La albahaca (*Ocimum basilicum*) es también una aromática de mucha popularidad en Puerto Rico y otras partes del mundo, pero el Departamento de Agricultura de Puerto Rico no publica estadísticas sobre su cultivo en la isla. El cultivo de plantas aromáticas está ampliamente extendido por diversas regiones del mundo, siendo los países líderes en producción industrial de estas especies: Alemania, Estados Unidos, Francia, Reino Unido, y Suiza. Esto supone un potencial especial para el consumo interno como para la exportación, producción que mucho depende de la demanda de los mercados destino, y de cumplimiento de las exigencias y organismos internacionales (ITC, 2006).

1.1.3 Producción de cultivos en ambientes protegidos.

Las plantas aromáticas como el cilantrillo y la albahaca, al igual que los pimientos, se pueden cultivar en campos abiertos, completamente expuestas a todo tipo de factores abióticos y bióticos (como factores climáticos, plagas, enfermedades, malezas condiciones de suelo, etc.) que pueden afectar negativamente la productividad y calidad de la cosecha. Sin embargo, estos cultivos se pueden producir también en sistemas hidropónicos y en estructuras protegidas, que manejadas adecuadamente pueden representar y pueden servir como una alternativa económica viable. Aunque en un principio este tipo de producción sitúa al productor en una inversión más alta que en la de campo abierto con disminución en los costos por manejo de malezas, plagas y enfermedades, menor demanda hídrica y mejor control de otros factores abióticos para los cultivos, así como reducción de contaminación al suelo, agua y aire durante su producción (Jovicich, 2007). Esto aplica para el cilantrillo y la albahaca, cuando los factores de humedad y temperatura promueven de enfermedades y plagas que afectan los cultivos (Morales Payán et al., 2011).

En hortalizas como los pimientos de color exótico (ni verdes ni rojos) y plantas aromáticas como el cilantrillo y la albahaca, la producción en estructuras de ambiente

protegido es considerada una tecnología que permite tener mayor control sobre las variables que comprenden el agro-ecosistema, ayudando al manejo eficiente del riego, y buenas prácticas agrícolas que podrían traducirse en una reducción de costos de producción y manipulación de los componentes necesarios de acuerdo a los requisitos específicos de cada cultivo. Además, se puede considerar también el uso de tiestos u otros recipientes para el crecimiento de las raíces, donde se puede elegir el tipo de suelo o sustrato a utilizarse, para reunir las características deseadas para el cultivo. De esta forma también puede verse reducido la lixiviación de nitritos en campo (Becerra y Bravo, 2010)

En el estado de Florida (Estados Unidos de América), Cantliffe y colaboradores (2008) determinaron que la ganancia potencial de producción de pimientos de colores bajo estructuras protegidas puede ser hasta cuatro veces mayor que las obtenidas con la producción en el campo abierto. Este estudio también toma en consideración los costos de los materiales y construcción para un invernadero de un acre, así como la maquinaria, equipo y labor necesaria.

1.1.4 Nitrógeno.

El N es uno de los elementos más abundantes en la tierra, pero en las plantas junto al fósforo (P) y potasio (K), es pilar fundamental para su desarrollo. En efecto el N puede limitar la producción de los cultivos, en base a esto es importante conocer su ciclo en los agro ecosistemas y contribuir a un mejor conocimiento en procesos como uso y eficiencia del N, para un mejor manejo en cultivos. Con la adición de fertilizante nitrogenado, se complementa la demanda de N de la planta a través del elemento que naturalmente encuentra en el suelo, y que se hace más disponible en combinación con el agua de riego, así es como muchos cultivos logran alcanzar su pleno desarrollo (Maturano, 2002).

En la planta el N cumple un rol metabólico que se asocia a la actividad de fotosíntesis y también se encuentra en forma estructural dentro de la planta en donde requiere cantidades más grandes de nitrógeno, debido a las necesidades proteicas en las que el N participa. Además, en el ámbito mundial se realizan diversos estudios en relación a la respuesta que genera diversas dosis (Villota 2014).

El N como responsable en el desarrollo de hojas, está presente desde las etapas primarias y desarrolla el área foliar, sin embargo, los fertilizantes químicos aplicados a las plantas, pueden detenerse por poco tiempo para su disponibilidad a la planta, de ahí que, las formas de aplicación deben tener facilidad en la disposición de la planta, por lo general la planta absorbe más fácilmente el nitrógeno en forma de (N-NO_3^-), aunque esta forma debe estar limitada a no más del 20% de N como amonio. En el caso del fertilizante de urea, al no ser adsorbida directamente por las plantas, en el suelo se hidroliza a amonio, lo que puede indicar lixiviación y la volatilización de amoníaco, aunque se considera eléctricamente neutra y de esta forma no se adsorbe en las capas de suelo cargadas (Berríos et al., 2007).

1.1.5 Bioestimulantes o fitoestimulantes.

Como práctica de manejo del cultivo, una opción para mejorar el valor de la producción mediante incrementos en la calidad y/o rendimiento de los cultivos, es el uso de bioestimulantes o fitoestimulantes. Estos son sustancias exógenas de estructura química orgánica que pueden afectar varios procesos fisiológicos, favoreciendo una mejor adaptación al ambiente, aumentando la adquisición de nutrientes, acelerando el crecimiento (Grabowska et al., 2013; Khan, 2009; Morales-Payán y Stall, 2002). Entre las sustancias consideradas bioestimulantes se encuentran formulaciones de extractos de algas marinas, péptidos con bajo peso molecular, carbohidratos de cadena corta, enzimas, ácidos fúlvicos y húmicos, vitaminas y ácidos grasos. Incluso se mercadean como bioestimulantes algunas formulaciones de microorganismos que liberan al ambiente sustancias que promueven el crecimiento o modificación de la fisiología de las plantas (Calvo, 2014; Shekar et al. 2012; Morales-Payán y Stall, 2002).

Los bioestimulantes formulados a base de algas marinas, han sido reconocidos por sus efectos positivos en el desarrollo de varios cultivos; Blunden y colaboradores (1996, 1997) determinaron que hubo mayor concentración de clorofila en las hojas de tomate (*Lycopersicum esculentum*), cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) al tratar el suelo y el follaje con extractos de algas. En el cultivo de banano 'Grand Naine', en Corozal, la aplicación de bioestimulantes en suelo, no marcó

diferencias grandes en el diámetro del pseudotallo en relación al control (Marrero-Marrero, 2016). Sin embargo, se ha demostrado que las aplicaciones de bioestimulantes foliares promueven el crecimiento y vigor de raíces en maíz, repollo (*Brassica oleraceae*), tomate y caléndula (*Calendula officinalis*). Un sistema radicular más desarrollado disminuye el estrés del trasplante y permite mayor adquisición de agua y nutrientes (Khan et al, 2009). En Puerto Rico utilizando bioestimulante de extracto de algas marinas en combinación con fertilización orgánica, se aumentó entre un 39% y 63% frutos mercadeables de pimiento (Cruz-Carballo, 2016).

Adicionalmente, bioestimulantes basados en soluciones de aminoácidos mitigan significativamente los daños causados por diferentes tipos de estrés abiótico como salinidad, sequías y temperaturas inadecuadas (Cambri, 2008). Esta información indica que el uso y la implementación de bioestimulantes para reducir el estrés causado por situaciones desfavorables, mejorando la calidad del pimiento, aumentando el rendimiento mercadeable y costos de producción. La combinación de la aplicación de bioestimulante de extracto de algas marinas y fertilización orgánica, produjo frutos 34% más largos (Cruz-Carballo, 2016).

También se ha reportado que los alimentos obtenidos de plantas tratadas con bioestimulantes pueden tener retraso en su deterioro. Esto aumenta el tiempo para la comercialización y distribución, así para las hortalizas y frutas, son mercadeables por períodos cortos, debido a su fragilidad en el manejo y la sensibilidad a temperaturas cálidas. También podrían tolerar temperaturas de refrigeración, lo que permite reducir la pérdida de agua y aparición de arrugas en los tejidos del pimiento morrón. Por estas razones, el uso de bioestimulantes pudiera dar mayor duración de las características de color, brillo y textura de la pared del fruto, sin que los frutos sufran daño físico, lo cual sería ventajoso (Espinosa, 2010).

1.1.6 Situación del problema.

En pimientos de colores exóticos, cilantrillo y albahaca, la aplicación de bioestimulantes en los cultivos en estructura protegida es una alternativa prometedora para una producción equilibrada reduciendo estrés ambiental (ambiente protegido) y a la vez aumentando la tolerancia de la planta a diferentes tipos de estrés (uso de

bioestimulantes), en un sistema que pudiera mejorar la calidad de los frutos, follaje y altura, aumentando la rentabilidad de las cosechas. Hasta donde sabemos hay poca investigación que informe sobre los efectos conjuntos de bioestimulantes, nitrógeno y ambiente protegido en cultivos como pimientos con frutos de color morado, albahaca y cilantrillo en Puerto Rico.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar los efectos de aplicación al suelo de bioestimulantes y nitrógeno, en productividad y calidad del pimiento exótico morrón, cilantrillo y albahaca.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1) Determinar los efectos de aplicación de una formulación de péptidos para uso agrícola y nitrógeno en la productividad del cilantrillo y albahaca en un sistema de producción en tiestos en ambiente protegido.
- 2) Determinar los efectos de aplicación de bioestimulantes (formulaciones para uso agrícola de péptidos y de extractos de algas marinas) y nitrógeno en productividad y calidad del pimiento exótico tipo campana o morrón variedad 'Purple Beauty', utilizando un sistema de producción en tiestos en ambiente protegido.
- 3) Evaluar los efectos de la aplicación de bioestimulantes y nitrógeno en la vida post-cosecha del pimiento exótico 'Purple Beauty'.

2. EFECTO DE BIOESTIMULANTES Y NITROGENO EN PIMIENTO MORRON EXOTICO CON FRUTO DE COLOR MORADO

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza muy utilizada en culinaria de todo tipo, desde los sabores más suaves y dulzones, hasta los más picantes, que se consumen con mayor frecuencia en países como India, Tailandia, Bután, Corea del Norte y Corea del Sur y también México. En muchos países se debe garantizar que la demanda del pimiento se extienda más allá de una o dos estaciones del año, por lo que se usan tecnologías para asegurar el abasto se han empleado sistemas de protección sencillos, usando poliductos y la ventilación natural (Kumar y Verma 2009).

En Puerto Rico los pimientos están entre las hortalizas más producidas, con cosecha de aproximadamente 41,000 quintales y valor en finca de \$2.9 millones en el año fiscal 2014-2015 (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2018). El consumo per capita en la isla es de aproximadamente 4 libras anuales (Martinez-Garrastazu, 2005). En Puerto Rico, el cultivo de pimiento suele hacerse a campo abierto durante los meses de diciembre a marzo, escogiéndose esos meses para reducir el riesgo de enfermedades en raíz, hojas y frutos. El pimiento morrón tipo campana y de color exótico como el 'Purple Beauty', no se encuentra ampliamente disponible comercialmente en la isla, y se importan pimientos verdes y de otros colores exóticos para satisfacer la demanda local. Por ejemplo, anualmente desde República Dominicana se han importado a Puerto Rico pimientos por valor de aproximadamente \$1.5 millones (CEI-RD, 2010).

Siendo el pimiento de variedades exóticas bien cotizado, este cultivo puede tener oportunidad de preferencia para el consumo en fresco. En general, las variedades de pimiento de color exótico tienden a ser más delicadas y se recomienda su producción en ambientes protegidos. Con excepción de la investigación de Cruz-Carballo (2016) con pimiento color chocolate, no se conocen estudios previos sobre la producción de pimientos exóticos en ambiente protegido en Puerto Rico en los que se evalúen también los efectos de bioestimulantes y dosis de nitrógeno en las mismas.

En cultivos de ají dulce se ha observado como las respuestas de algunos reguladores de crecimiento y bioestimulantes han obtenido una respuesta diferente según sea la constitución de tipo genética de la variedad, o si están estos cultivos se encuentran o no en condiciones de estrés, ya sea en campo abierto o en invernadero. De forma general la respuesta de los cultivos tiende a ser notoria (en función de su mejoría) si esas condiciones desfavorables limitan el buen crecimiento y desarrollo. Algunos bioestimulantes

como la folcisteína ha mostrado incrementos en la productividad comercial en ají, con aumentos en rendimiento de las categorías de referencia comercial, incluso marcando aumentos para categorías medianas y grandes que poseen importancia comercial (Morales-Payán y Stall, 2002). Sin embargo, la literatura cita muy poca información respecto a la respuesta de bioestimulantes combinado con nitrógeno, haya generado respuestas para pimientos de tipo morrón exótico.

El objetivo de este experimento fue determinar los efectos de aplicación al suelo de bioestimulantes (formulaciones para uso agrícola de péptidos y de extractos de algas marinas) y nitrógeno en productividad, calidad y vida postcosecha de pimiento exótico tipo campana o morrón ‘Purple Beauty’ producido en un sistema en tiestos en ambiente protegido.

2.1 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo de diciembre del 2016 a marzo del 2017, en un invernadero de paredes abiertas en la finca Alzamora, la cual está ubicada en terrenos del Recinto Universitario de Mayagüez (RUM), en Mayagüez, Puerto Rico. La temperatura promedio mensual en Mayagüez en ese período fue de 24.5°C.

Cuadro 1 Temperaturas en Mayagüez, Puerto Rico, en diciembre 2016-marzo 2017.

Mes	Promedio mensual de temperatura mínima (°C)	Promedio mensual de temperatura (°C)	Promedio mensual de temperatura máxima (°C)
Diciembre 2016	22.6	25.6	28.7
Enero 2017	21.4	24.6	27.8
Febrero 2017	22.3	25.1	28.0
Marzo 2017	22.7	25.3	27.8

Fuente: Estación meteorológica Proyecto Tigger, Finca Alzamora, UPRM.

Se utilizaron semillas de pimiento morrón (tipo campana) ‘Purple Beauty’ adquiridas de la compañía Peaceful Valley* (Gras Valley, California, Estados Unidos de América). Las plantas de esta variedad son descritas como relativamente pequeñas (<50 cm de altura), que producen frutos de sabor dulzón y poco pungente. Al madurar toman color púrpura

*Nota: La mención de esta y otras marcas comerciales y empresas suplidoras, no representan una sugerencia de la autora o de la UPR, y se hace solamente para informar la fuente exacta de los materiales usados en la investigación.

oscuro, casi negro. La cosecha empezó aproximadamente a los 55 días después de realizado el trasplante. Está recomendado para consumo en fresco, pues los frutos pierden color si se someten a calor de cocción (Peaceful Valley, 2017).

Las semillas germinaron en bandejas plásticas de 72 celdas llenas de sustrato comercial de musgo y materiales inertes, tipo Pro-Mix (Premier Horticulture Inc. Quakertown, Pennsylvania, Estados Unidos). Cuando las plantas tuvieron de cuatro a cinco hojas verdaderas se trasplantaron a tiestos de plástico negro de 0.019 m³ de capacidad, con diámetro de 30 cm y altura de 28.5 cm (Nursery Supplies Inc. Chambersburg, Pennsylvania, Estados Unidos). Los tiestos fueron llenados con un suelo (Artificial-1) preparado con una mezcla en volumen 3:1 de aluvión arenoso y sustrato comercialmente disponible tipo Pro-Mix de musgo y materiales inertes. El aluvión arenoso provenía de un material arrastrado por lluvias desde la Quebrada de Oro de Mayagüez y que se acumula en el fondo de un canal que pasa por el RUM; el material fue cernido por un tamiz con aberturas de 2.54 cm, para descartar las partes más gruesas (piedras) y otros elementos que no interesaba mantener en el suelo (plásticos, leña, etc).

Las plantas recibieron riego por goteo diariamente, con un volumen de 0.63 litros a 0.95 litros, durante las fases de crecimiento y producción de frutos, respectivamente. Se realizaron, además, los controles de plagas necesarios contra insectos chupadores.

El experimento se realizó en el invernadero N°5 (latitud 18 ° 12'57 "N, longitud: 67 ° 08'48" W, elevación 15 metros sobre el nivel del mar) ubicado entre un grupo de seis estructuras independientes, provistas de luz uniforme, dispuestos de forma consecutiva y horizontalmente, contruidos sobre una base de hormigón y ubicados en Finca Laboratorio Alzamora en la UPR en Mayagüez. Frente a estas estructuras, se encuentra un camino de entrada, con un pequeño jardín, y la parte posterior de las estructuras de invernadero, contaba con vegetación arbórea, típica de bosque tropical poco denso. Los invernaderos o estructuras protegidas iniciales (N°1-4, de la entrada a la finca), eran utilizados como viveros de plantas ornamentales.

El estudio tuvo un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se evaluaron 6 combinaciones de bioestimulantes y nitrógeno (N). El N fue aplicado al suelo en dos dosis (58 kg/ha para dosis estándar para pimienta y 72.5 Kg/ha para dosis aumentada en 25% la dosis estándar para pimienta). Los bioestimulantes evaluados fueron (1) un extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) (Stimplex®, Acadian Seaplants Ltd., Nova Scotia, Canadá), (2) una mezcla de péptidos de bajo peso molecular (Inicium®, Biolbérica, Barcelona, España), que fueron comparados con un tratamiento control de fertilización.

Todos los tratamientos se aplicaron al suelo en forma de “*drench*”. Cada combinación de N y bioestimulante tuvo un total de 10 repeticiones (un tiesto plástico de 30 x 28.5 cm por repetición) y se estableció aleatoriamente en las mesas del invernadero. Los bioestimulantes fueron disueltos en agua (2 ml de formulación comercial por litro de agua, siguiendo la recomendación de los fabricantes) y se aplicaron 200 ml de solución por planta cada 14 días, a partir de los 14 días del trasplante de los tiestos.

La fertilización básica en el sustrato de todas las plantas fue (antes: será) de 16 g por planta de fórmula 10-10-10 de un abono granular sintético, equivalente aproximadamente a 58 kg/ha. A partir de los 7 días después del trasplante, se hicieron aplicaciones de urea disuelta en agua (imitando fertirriego), realizado cada 7 días durante la vida comercial del cultivo, de modo que cada planta recibió 0.68g o 0.95g de urea disueltos en 200 ml de agua en cada aplicación, para un total de 12 aplicaciones. En las fechas que se aplicaron los bioestimulantes, las plantas con los tratamientos sin bioestimulantes, recibieron una dosis de agua solamente.

2.1.1 Altura de la planta.

Se tomó a cada planta el día de trasplante y de nuevo a los 28, 35, 42, 49 y 63 días después del trasplante, midiendo desde la superficie del sustrato al ápice del tallo.

2.1.2 Cantidad de hojas expandidas.

Se contaron en cada planta el día de trasplante y de nuevo a los 28, 35, 42, 49 y 63 días después del trasplante.

2.1.3 Verdor (asociado a concentración de clorofila).

Se tomó el valor en hojas maduras recientemente expandidas de cada planta a los 28, 35, 42, 49 y 63 días después del trasplante, usando un colorímetro digital: SPAD-502, Minolta, Osaka, Japón) que registra unidades SPAD (valores están asociados a la concentración de clorofila; valores SPAD más altos indican mayor concentración de clorofila (Figura 1).



Figura 1. Medición del verdor (clorofila) en hojas de planta de pimiento, en valores SPAD.

2.1.4 Número de flores presentes en la planta.

Se contaron durante los días 28, 35, 42, 49 y 63 días después del trasplante, y comprendió desde el inicio de la floración, hasta el final de la vida comercial de las plantas. Al terminar el experimento se calcularon los valores totales por tratamiento.



Figura 2. Flores presentes en planta de pimiento, contabilizadas en apertura.

2.1.5 Número de frutos presentes en la planta.

Se contaron a los 28, 35, 42, 49 y 63 días después del trasplante. Al terminar el experimento se calcularon los valores totales y porcentuales por tratamiento (Figura 3).



Figura 3. Frutos presentes en planta de pimiento, se contabilizan todos los frutos ya formados y en etapa de madurez fisiológica.

2.1.6 Número de frutos cosechados por planta.

Se cosecharon los frutos con color púrpura característico de esta variedad. Se clasificaron en comerciales (sin daño superficial aparente) o no comerciales (muy pequeños y menor a 40 gramos, y daños sufridos). Los frutos no comerciales fueron clasificados por las causas que los descalifican para comercializarlos como frutos frescos. Se calculó el porcentaje de frutos comerciales cosechados y el porcentaje total de frutos no comerciales cosechados. Para los frutos no comerciales se determinó el porcentaje correspondiente a cada causa de descarte. Se determinó la distribución de frutos cosechados desde la primera a la última cosecha en las plantas de cada tratamiento.



Figura 4 Número de frutos cosechados por planta, se contabilizan frutos comerciales y no comerciales.

2.1.7 Peso de frutos cosechados por planta.

Se determinó el peso de cada fruto al momento de ser cosechado. Se calculó el porcentaje del peso de frutos que era comercial o no comercial. Por cada categoría de peso, se clasificaron los pesos de frutos comerciales (peso superior a 40 g, sin deformaciones u otros danos aparentes que lo hicieran no mercadeable). Las categorías de peso (calibres) frutos comerciales fueron: de 41 g a 65 g, talla “S”, de 66 g a 90 g, talla “M”, de 91 g a 129 g, talla “L”, y más de 130 g, talla “XL”



Figura 5. Clasificación de las categorías de pimiento, según rango en peso: de 0 a 40 g (NC), de 41 g a 65 g (S), de 66 g a 90 g (M), de 91 g a 129 g (L), más de 130 g, talla (XL).

Los frutos no comerciales se clasificaron según la razón por la que fueron descartados (peso inferior a 41 g, picaduras por pájaro, y quemadura por calor y sol). Se determinó la distribución de peso de frutos comerciales cosechados a lo largo del periodo de cosecha. Los valores se expresaron en promedio por planta.

2.1.8 Peso raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha.

El día de la última cosecha de cada planta, se recolectó el sistema radicular (requirió un lavado con abundante agua para eliminar todos los residuos del suelo y de forma cuidadosa para no romper las raíces), las hojas presentes en la planta y el tallo. Se colocaron en bolsas de papel y fueron secados por separado en un horno a 65°C por 72 horas. Se pesaron usando una balanza digital Fisher, modelo SFL 301, sensibilidad de 0.1g, con capacidad para pesar hasta 300 gramos (Figura 6)

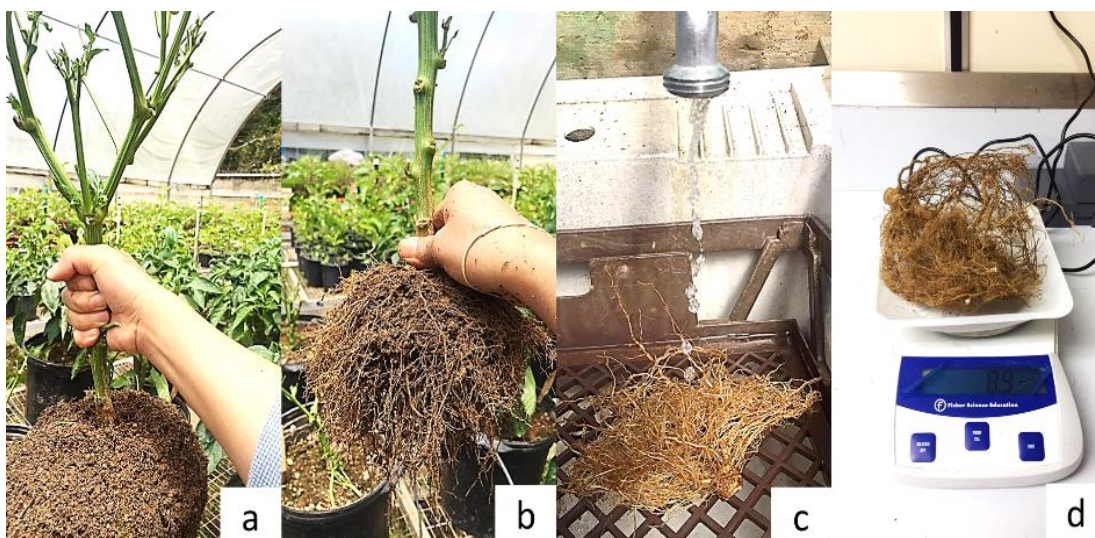


Figura 6. (a) extracción de raíces de pimiento, (b) raíces de pimiento libres de suelo (c) lavado de raíces con agua potable, (d) peso de raíces post secado a 65°C por 72 horas.

2.1.9 Longitud del eje vertical, del eje ecuatorial del fruto.

En cada período de cosecha se midieron estas variables a 5 frutos representativos de cada tratamiento, utilizándose un calibrador o pie de rey con escala en milímetros.

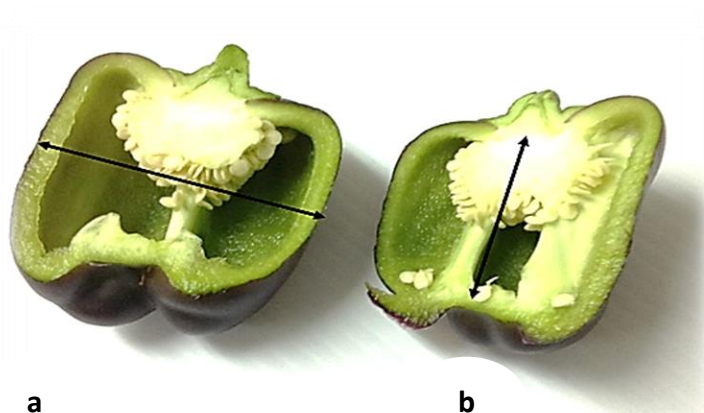


Figura 7. Medición de la longitud vertical (b) y ecuatorial del fruto (a).

2.1.10 Grosor de la pared del fruto.

Se midió en la parte ecuatorial del fruto, en 5 frutos representativos de cada tratamiento en cada período cosecha.

2.1.11 Proporción de pared y semillas.

Se separaron las semillas de la pared del fruto y se semillas. Esta variable se calculó en 10 frutos representativos de cada tratamiento durante el periodo de cosecha, utilizándose un calibrador o pie de rey con escala en milímetros.

2.1.12 Concentración de sólidos soluble.

Se extrajo por separado el jugo de 10 frutos por tratamiento y se determinó su concentración de sólidos solubles usando un refractómetro digital (ATAGO®PAL-1 Pocket (ATAGO, Tokyo, Japón).



Figura 8. Medición de concentración de sólidos solubles en frutos de pimiento, realizado con ayuda de un refractómetro.

2.1.13 Deterioro de frutos en post-cosecha.

Una muestra de tres frutos de cada tratamiento fue evaluada para determinar cada 48 horas la pérdida de peso y deterioro aparente, a temperatura de 10°C, 20°C, y 30°C hasta llegar a un deterioro considerando inaceptable para venta, para la determinación de peso se utilizó una una balanza digital Fisher, modelo SFL 301, sensibilidad de 0.1g, con capacidad para pesar hasta 300 gramos. Se tomaron imágenes fotográficas de cada tratamiento cada 48 horas (Figura 9).



Figura 9. Deterioro de frutos después de cosechados y almacenados a diferentes temperaturas: 30°C (a), 20°C (b) y 10°C (c) a 32 días de almacenamiento.

Los análisis estadísticos se realizaron con Infostat versión 2018 (di Rienzo et al., 2018). Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos para determinar si cumplieron con los supuestos de homogeneidad de varianza, y normalidad para el análisis. De no cumplir con los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de errores experimentales, se hicieron transformaciones para cumplir con los mismos supuestos del análisis de varianza. Los resultados que cumplieron con los supuestos fueron sometidos a análisis de varianza. Cuando hubo diferencia significativa se hizo separación de medias de tratamientos, sometiendo las medias a la prueba de diferencia mínima Significativa (DMS) de Tukey con $\alpha=0.05$.

2.2 RESULTADOS Y DISCUSION

2.2.1 Altura de la planta.

A partir del trasplante, la altura de las plantas en todos los tratamientos fue cambiando para describir una relación sigmoideal entre altura y tiempo (Figura 1). No hubo diferencia estadística en la respuesta a los tratamientos, excepto en cuando se aplicó N en dosis regular (0.68 g de urea / 200 ml por planta durante 12 semanas).

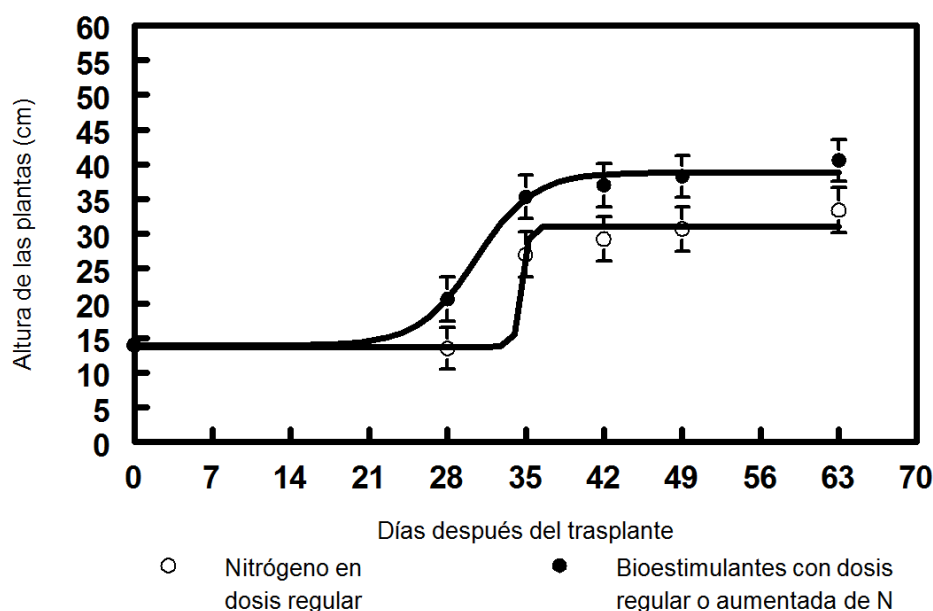


Figura 10. Altura de plantas de pimiento 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2017. Los bioestimulantes fueron aplicados en una dosis de 2 ppm. Las dosis de nitrógeno aplicados fueron de 8.16g y 11.4g de urea por planta (para dosis regular y aumentada). Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum).

Los tratamientos con bioestimulante tuvieron un efecto significativo en la altura de las plantas a los 28 días después de trasplante (ddt). El tratamiento de péptidos y nitrógeno a dosis regular produjo un promedio mayor en altura que el resto de tratamientos con bioestimulantes y nitrógeno.

Plantas tratadas con N en dosis regular (8.16 g de urea por planta) y sin bioestimulante, mostraron poco aumento en altura durante 21 y 28 días después del trasplante, ganando altura hasta los 35 después del trasplante y manteniendo la misma altura en la fase de floración y fructificación, llegando a una altura máxima promedio de

unos 30 cm. En cambio, plantas que recibieron la dosis más alta de N (0.95 g de urea por planta) y/o recibieron bioestimulante tuvieron crecimiento en altura a partir de las 3 semanas después del trasplante y continuando por dos semanas más, llegando a tener en promedio aproximadamente 40 cm de alto (Figura 1).

El crecimiento lento al inicio de la temporada en el tratamiento de N regular pudiera atribuirse en parte al estrés de trasplante y a las temperaturas relativamente bajas de diciembre 2016. Es aparente que la dosis más alta de N y/o la acción de bioestimulantes permitió a las plantas de pimiento reponerse más rápidamente del estrés y reiniciar el crecimiento antes que las plantas con dosis regular de N. Uno de los efectos reportados de los bioestimulantes es aumento de tolerancia a estrés (Battacharyya et al., 2015; Kauffman et al., 2006).

2.2.2 Cantidad de hojas expandidas.

La cantidad de hojas expandidas en las plantas en todos los tratamientos fue cambiando para describir una relación sigmoideal entre altura y tiempo (Figura 2).

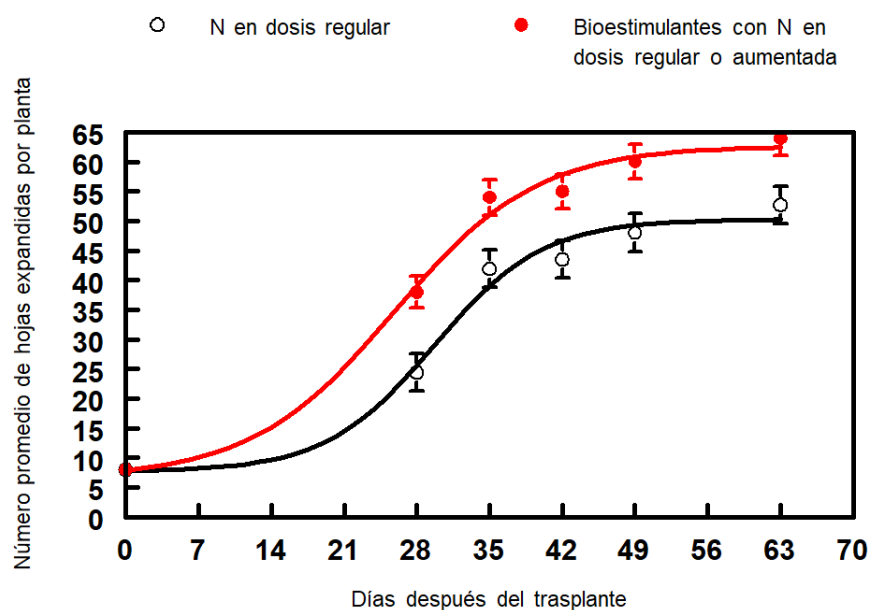


Figura 11. Número de hojas expandidas en pimiento ‘Purple Beauty’ en función de dosis de nitrógeno con o sin aplicación de péptidos y aminoácidos. Mayagüez. Puerto Rico. 2017. $Y = 0.0038x^2 + 0.9932x + 6.939$; $r^2 = 0.94$ (SBN std), $Y = -0.0108x^2 + 1.543x + 7.547$; $r^2 = 0.98$ (demás tratamientos). Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum).

Se obtuvo un efecto significativo de tratamientos con nitrógeno y bioestimulantes en el número medio de hojas a 28, 42 y 49 ddt. A los 28, 42 y 49 ddt las plantas con bioestimulante y nitrógeno dosis aumentada produjeron un 66%, 31% y 32% más hojas respectivamente que las plantas tratadas sin bioestimulante y nitrógeno dosis regular (SBN std).

Esto indica que después del trasplante el número de hojas fue menor en plantas que recibieron N en dosis regular (curva negra) que en plantas que recibieron los demás tratamientos (curva roja), y el resultado fue el mismo usando N en dosis aumentada con o sin bioestimulantes y con N en dosis regular con bioestimulantes. En otros experimentos se ha reportado que la dosis de N puede afectar el número de hojas y la biomasa foliar en *Capsicum* (Johnson y Decateau, 1996, Bowen y Frey, 2002),

2.2.3 Verdor

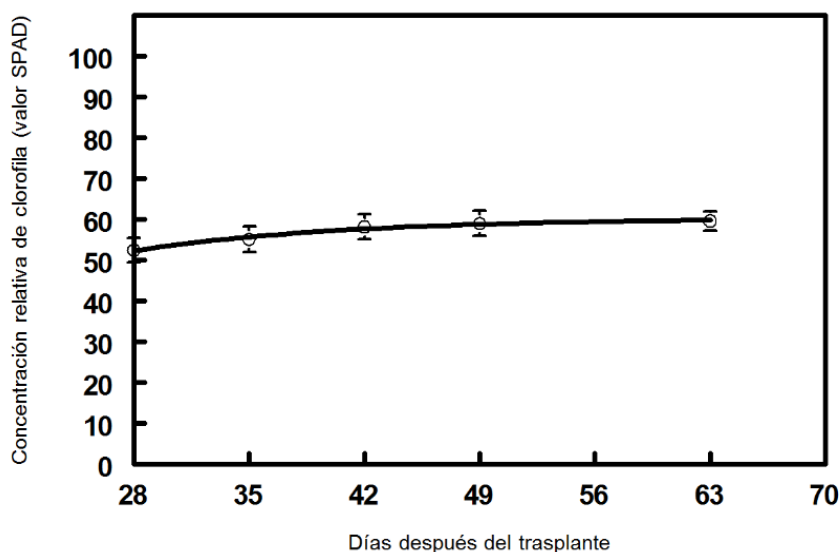


Figura 12. Concentración relativa de clorofila (valores SPAD de verdor) en pimiento 'Purple Beauty' en Mayagüez, Puerto Rico. 2016-2017. $Y = 60.35 - 73.78 \cdot 0.08x$; $r^2 = 0.98$. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum).

Se observó un efecto de interacción significativa bioestimulante por N, entre los tratamientos con nitrógeno y los bioestimulantes en el número medio en los valores de SPAD a 35 ddt. En algunas investigaciones previas, otros investigadores han reportado que algunos bioestimulantes aumentaron la concentración de clorofila (Khan et al., 2009;

Spinelli et al., 2015), mientras que en otras investigaciones no se ha afectado el verdor o la concentración de clorofila.

En los casos en que se aumentan los valores de verdor o de clorofila se ha encontrado que el bioestimulante retrasa la degradación de cloroplastos o de clorofila, o que aumenta su síntesis (Vélez-Marcillo 2015). Aminoácidos (como arginina) presentes en péptidos constituyen una reserva de nitrógeno, colaborando en la síntesis misma de clorofila (López-Santos 2006, Nardi et al, 2016), y por tanto la aplicación de aminoácidos pudiera resultar en aumentos de concentración de clorofila en la hoja. Se ha logrado observar en otras investigaciones la relación del incremento de número de hojas e índice de área foliar en relación a la cantidad de nitrógeno suministrado, donde se exhiben efectos en aumento en número de hojas relacionados a los días después de siembra (Olalde et al., 2000)

En este experimento con pimiento en invierno, a partir del trasplante, al pasar el tiempo los valores SPAD fueron aumentando, sin haber diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, en los días de evaluación de 35 y 63 ddt, los valores SPAD en las hojas expandidas de pimiento no fueron significativamente diferentes entre tratamientos (Figura 11). Es posible que el N y los ingredientes activos de los bioestimulantes no se aplicaran en dosis suficiente para provocar cambios estadísticamente significativos en la clorofila o verdor de esta variedad de pimiento, aunque se usaron dosis comercialmente recomendadas para pimiento. Otra posibilidad es que la respuesta de este pimiento al N y los bioestimulantes fuera de muy corta duración después de la aplicación y ya había desaparecido al hacerse la medición de SPAD una semana después de la aplicación de los tratamientos de N y bioestimulantes.

Una posibilidad adicional es que esta variedad tiene un nivel de sensibilidad muy bajo tanto al N como a estos bioestimulantes, que le limita su respuesta a estos insumos. (Parađiković, 2011) reportaron que plantas de pimiento de dos variedades respondieron en forma diferente a la aplicación de un coctel de bioestimulantes, encontrándose que el efecto en pigmentos (clorofila y carotenoides) fue mayor en una variedad que en otra; esto indica que algunas variedades son más sensibles al estímulo químico que otras.

2.2.4 Número de flores presentes en la planta.

Se contabilizaron las flores recientemente expandidas en las plantas de pimientos, según los tratamientos aplicados. Las curvas de numero de flores en el tiempo para los 6

tratamientos se solapaban, por lo que se agruparon en 3 curvas que representan a todos los tratamientos.

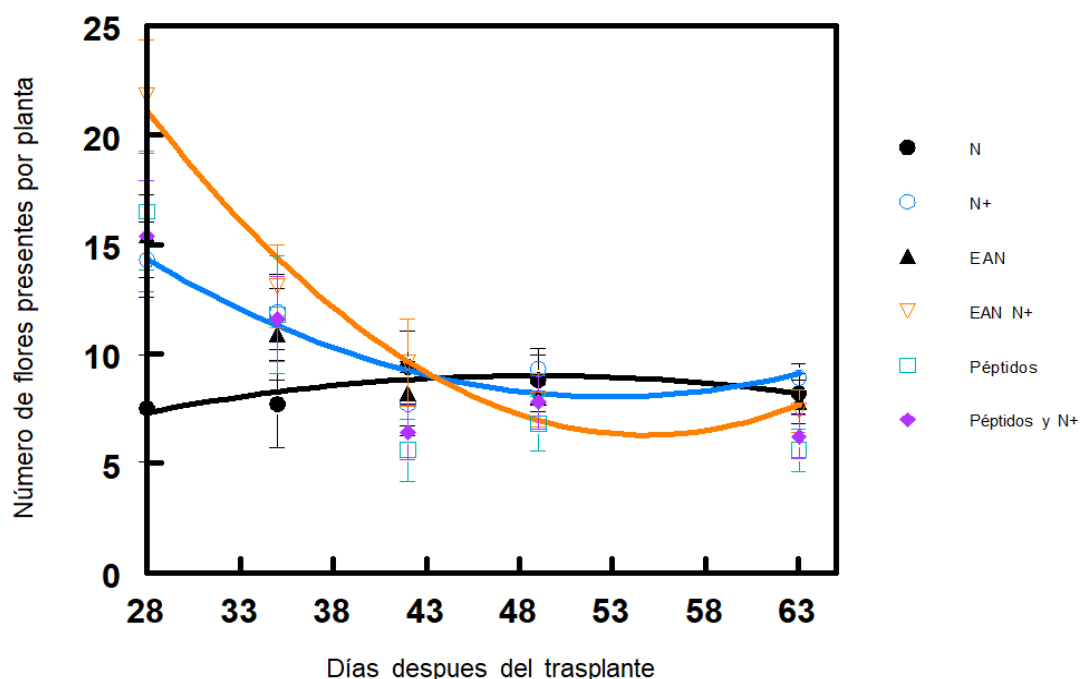


Figura 13. Flores presentes en plantas de pimiento ‘Purple Beauty’ tratadas con nitrógeno y bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2017. Los bioestimulantes fueron aplicados en dosis de 2 ppm. Las dosis de nitrógeno aplicados fueron 8.16 g y 11.4 g de urea por planta (dosis regular y aumentada de N). $Y = 0.004x^2 - 0.377x - 0.036$, $r^2 = 0.84$ (N= tratamiento sin bioestimulante y N regular), $Y = 0.017x^2 - 1.987x + 62.1$, $r^2 = 0.98$ (Extracto de algas y nitrógeno aumentado EAN N+), $Y = 0.012x^2 - 1.3x + 42.25$, $r^2 = 0.92$ (demás tratamientos). Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum).

La aparición de botones florales se presentó en el día 28 ddt de forma abundante, disminuyendo en aparición de botones florales para los días siguientes. Se observaron diferencias significativas ($p < \alpha = 0.05$) individuales en tratamiento con fertilizante y bioestimulantes en el número medio de flores a los 28 ddt. La media más alta se dio en plantas que recibieron tratamiento de extracto de algas marinas y nitrógeno en dosis aumentada (EAN aum), mientras que la dosis más baja la obtuvieron las plantas sin bioestimulante y nitrógeno a dosis regular (SBN std).

A los 28 días del trasplante, el promedio de flores por planta fue de 21.8 (línea naranja) cuando se aplicó extracto de algas y nitrógeno en dosis aumentada, 14 flores por planta cuando se aplicó (línea azul) nitrógeno en dosis aumentada y sin bioestimulante y 7

flores por planta cuando se aplicó nitrógeno en dosis regular y sin bioestimulantes (línea negra). Para los tratamientos de extracto de algas en dosis aumentada (línea naranja y línea azul), hubo una tendencia descendente de presencia de flores. Plantas tratadas con nitrógeno en dosis regular y sin bioestimulantes mostraron aumentos ligeros en número de flores (llegando hasta 10 flores por planta) que luego descendieron. Plantas de todos los tratamientos tuvieron, en promedio, el mismo número de flores a los 44 días después del trasplante, cerca de 9 flores por planta (Figura 13).

El número de flores presentes en un momento determinado es el resultado de la cantidad de flores que produce la planta, en ese momento de evaluación no han abortado ni se han convertido ya en fruto. Por tanto, es una variable dinámica que indica el potencial para producir nuevos frutos, aunque siempre existe la posibilidad de que estos nuevos frutos (o las mismas flores) aborten. Es interesante que los tratamientos tuvieron una influencia en la cantidad inicial de flores (por tanto, con potencial de influir en el número de los primeros frutos a cosechar), pero que luego el número de flores no haya sido uniforme con el número de frutos cosechados; de hecho, el único tratamiento(s) que sostuvo un número promedio de flores relativamente bajo a lo largo del experimento fue el de nitrógeno en dosis regular y sin bioestimulantes (SBN std).

Si bien no se mostró diferencia significativa en la interacción de bioestimulante y fertilizante si se observó diferencia entre la aplicación de dosis de nitrógeno, obteniéndose una media mayor en dosis aumentada de nitrógeno, y en bioestimulante se mostró mayor media en el tratamiento con extracto de algas. En años recientes se investigó sobre el efecto de aplicación de fertilizante y bioestimulante aplicado en mangó 'Edward', donde después de aplicar estos tratamientos desde la florecida, creó un efecto positivo para la cosecha (Morales-Payán, 2015). Por otra parte, en cultivo de aguacate la aplicación de algas marinas y diferentes concentraciones de fertilizante de nitrógeno antes y después de la etapa de floración, mostró mejores resultados respecto a retención de fruta al utilizar el bioestimulante en combinación de dosis aumentada de fertilizante (Morales-Payán & Díaz Candelas, 2014).

2.2.5 Número de frutos presentes en la planta

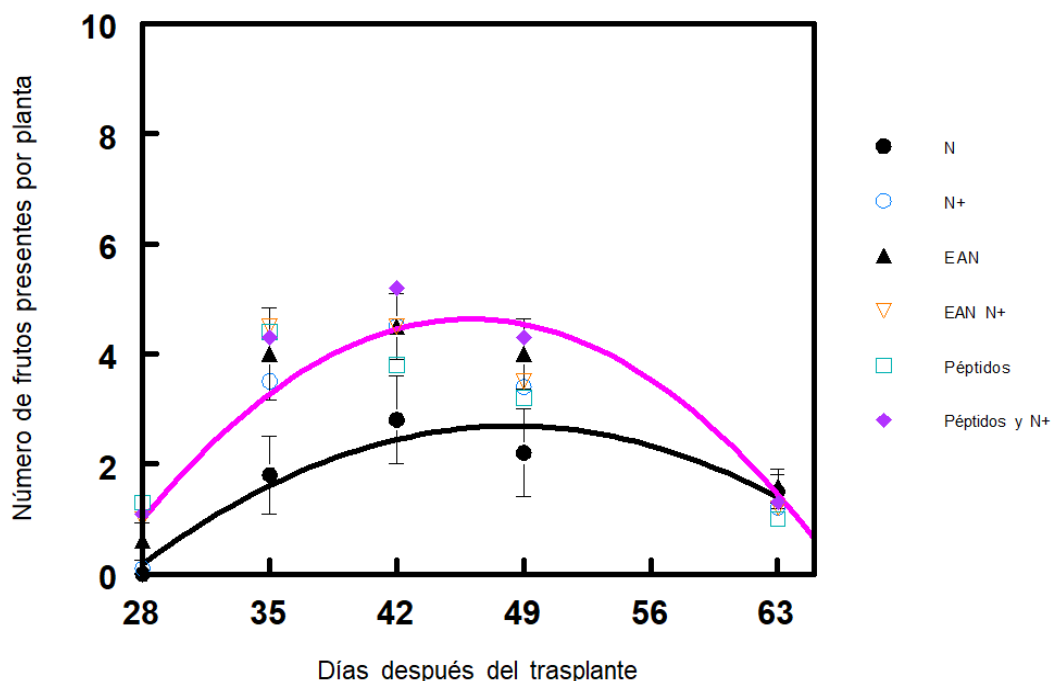


Figura 14 Frutos presentes en plantas de pimienta 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2017. Los bioestimulantes fueron aplicados en una dosis de 2 ml/L. La curva negra representa el tratamiento con N en dosis regular, los demás tratamientos están representados por la curva magenta. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std = N), SBN aum = N⁺), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN), (EAN⁺), péptidos con N regular y N aumentado (Péptidos y Péptidos N⁺ = PEPN aum).

Durante casi toda la temporada, las plantas que recibieron la dosis regular de N tuvieron una cantidad de frutos presentes en la planta menor que las plantas que recibieron los demás tratamientos. De manera que, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con péptidos, extracto de alga y dosis aumentada de N en cuanto al número de frutos presentes en planta. Ya hacia el final de la temporada (aproximadamente 60 días después del trasplante) tampoco hubo diferencia en el número de frutos presentes en las plantas, independientemente del tratamiento recibido. La respuesta a los tratamientos a través del tiempo fue descrita por ecuaciones cuadráticas (Figura 13). Es decir, para este gráfico se obtuvo valores bajos a los 28 días después del trasplante (en promedio hasta un fruto por planta, sobre todo en el tratamiento de nitrógeno dosis regular y sin bioestimulante), aumentando a un promedio de 5 frutos según datos de gráfica, en el tratamiento de péptidos y N aumentado (PEPN aum) para presentes por planta entre 6 y 7 semanas después del trasplante en los tratamientos y descendiendo hasta la última fecha

en los 63 ddt. En comparación, plantas tratadas con péptidos a dosis aumentada de nitrógeno (PEPN aum) tuvieron valores máximos promedio de 2-3 unidades hacia los 63 ddt e igualmente descendieron hasta la última cosecha (Figura 14). Estos resultados muestran que el patrón de respuesta a los tratamientos no fue diferente, pero si hubo diferencia en los valores alcanzados con diferentes tratamientos en fechas determinadas.

Otras investigaciones han reportado que bioestimulantes a base de péptidos y/o a base de extractos de algas marinas han afectado la producción de frutos en varias especies cultivadas como aguacate y mangó. Este efecto es relacionado con aumentos de clorofila y productos de fotosíntesis, y/o la superación de estrés, que suele causar abscisión de flores y frutos en crecimiento (Morales-Payán, 2014; Morales-Payán, 2015). En este experimento con pimiento morado, los aumentos de numero de frutos no pueden relacionarse con aumentos en la concentración de clorofila o verdor, ya que la respuesta a los tratamientos fue la misma, pero pudiera deberse a otros efectos beneficiosos en la fisiología de la planta.

2.2.6 Número total de frutos cosechados por planta y su distribución por talla.

Cuadro 2. Distribución de categorías comerciales S, M, L y XL para el número total de pimientos cosechados por planta. Valores en unidades de fruto.

Tratamiento	S	M	L	XL
SBN aum	4	3	1	0 b
PEPN aum	3	1	2	1 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey,

No se observaron diferencias significativas individuales, ni entre tratamientos para las categorías no comerciales (NC), tampoco se encontraron diferencias significativas en las categorías comerciales: S, M y L. Diferencias significativas en tratamiento de bioestimulantes fueron observadas para la categoría comercial XL (peso mayor a 130 gramos).

La distribución de las categorías S, M, y L en el pimiento, si bien no muestra diferencia estadísticamente significativa en sus valores de medias, muestran el comportamiento de las plantas para promover los frutos en la planta, llevándolos desde la categoría más pequeña hasta la más grande, observando un comportamiento final diferente

entre los tratamientos de bioestimulante. Es aparente que el tratamiento de péptidos a dosis aumentada de nitrógeno condujo cada talla a la siguiente más próxima, disminuyendo en número la anterior, hasta alcanzar la talla XL, de manera que la aparente secuencia de cambios resultó en aumento de la talla L a la XL.

El efecto que los péptidos lograron marcar mayor número de pimientos por categoría, este efecto puede atribuirse al comportamiento de los bioestimulantes como sustancias adyacentes entre los fertilizantes y productos fitosanitarios aplicados a las plantas (La Torre et. al., 2015).

2.2.7 Peso de frutos cosechados por planta y su distribución en la temporada

No se observaron diferencias significativas en las categorías no comercial y comercial S, M y L. Se observaron diferencias significativas entre los efectos de tratamiento para la categoría comercial XL.

Se determinó la distribución de peso de frutos comerciales por categoría. Los valores se expresaron en promedio por planta (Figura 6).

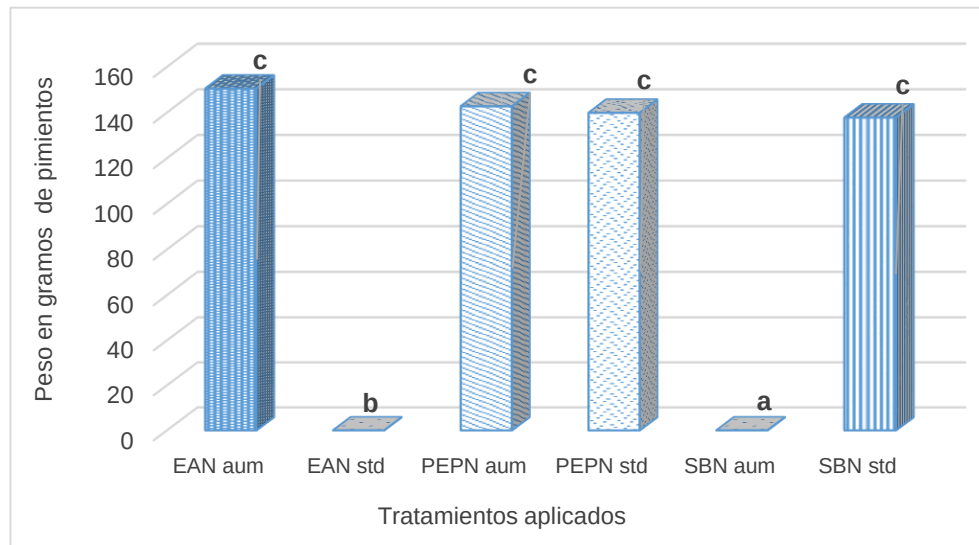


Figura 15. Peso de frutos cosechados por planta según las categorías no comercial y comercial: S, M., L y XL, de plantas de pimiento ‘Purple Beauty’ fueron tratadas con nitrógeno y bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2017. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), (SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey

Los pimientos fueron cosechados cuando su color era púrpura cubría la mayor parte de la superficie visual del fruto. Esto provocó que algunos no alcanzarán el tamaño, grosor y peso adecuado para ser considerados como comerciales, ocupando las categorías no comercial y talla “S”. El color púrpura está asociado a la producción de antocianinas en el fruto y puede ser provocado por factores de estrés, aunque este no altere su estructura apareciendo en frutos verdes y luego desaparece durante la maduración (el fruto puede volverse rojo al estar muy maduro) involucrándose factores de transcripción genética. Por lo que, esta característica en la planta se presenta al momento de colorear los frutos (Liu, 2016). Se ha visto que en ocasiones la aplicación de bioestimulantes podría no generar efectos positivos, como lograr mayor peso, tamaño o longitud de frutos, las respuestas pueden verse incrementadas en las etapas de inicio, pero luego decrecer (Lisiecka, 2011). En el tratamiento de EAN aum, no se registra mayor número de frutos cosechados, pudiera haber un aumento en número y tamaño de células que componen el fruto, que, si bien no tienen diferencias significativas en proporción de pared y semillas, y longitud ecuatorial y vertical, si muestran significancia en peso. Esta especulación puede verificarse en trabajos futuros (Maini 2006).

2.2.8 Peso raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha- Materia seca total

No se observaron diferencias significativas individuales o de interacción entre fertilizante y bioestimulantes para raíz, tallo, hojas. El peso promedio para materia seca total fue de 49 ± 3.5 g.

El efecto de aumentar la cantidad de nitrógeno sin añadir bioestimulantes ha sido notoria en investigaciones de manejo de fertilización suplementaria, donde para efectos de producción en maíz al aplicar de abono nitrogenado y urea mostraron mejores resultados (Gordón y Barrera, 2013). En este experimento la adición de bioestimulantes no aumentó significativamente en el contenido de materia seca total, exhibiendo resultados similares a los de fertilización regular o aumentada con nitrógeno.

2.2.9 Peso promedio materia seca de hojas en pimientos al terminar cosecha

El promedio de materia seca en hojas de pimiento cumplió con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. No se encontraron diferencias individuales para fertilizante y bioestimulante, tampoco diferencias significativas entre tratamientos. El peso promedio de materia seca en hojas fue de 18.3 ± 1.6 g.

2.2.10 Peso promedio materia seca en tallo de plantas de pimiento

Para la determinación de materia seca en tallo, se comprobaron los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas, y no se encontraron diferencias significativas individual o interacción entre fertilizante y bioestimulante. Peso promedio para materia seca en tallo mostró media general de 19.5 ± 1.9 g.

2.2.11 Peso promedio materia seca en raíces de plantas de pimiento

Se observó que el valor promedio de materia seca en raíz, cumple con los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianza. No se encontraron diferencias significativas en forma individual o por interacción de fertilización y bioestimulantes. Peso promedio en materia seca para raíces mostró media general de 11.2 ± 1.2 g.

2.2.12 Longitud del eje vertical y eje ecuatorial del fruto (mm).

Para longitud vertical y ecuatorial de los frutos de pimiento, no se encontraron diferencias significativas individuales o entre tratamientos de fertilización y bioestimulantes, se encontró normalidad de errores y homogeneidad de varianza. El valor promedio para longitud del eje vertical fue de 67.2 ± 3.0 mm, y para longitud ecuatorial 71.0 ± 3.8 mm.

2.2.13 Grosor de la pared del fruto.

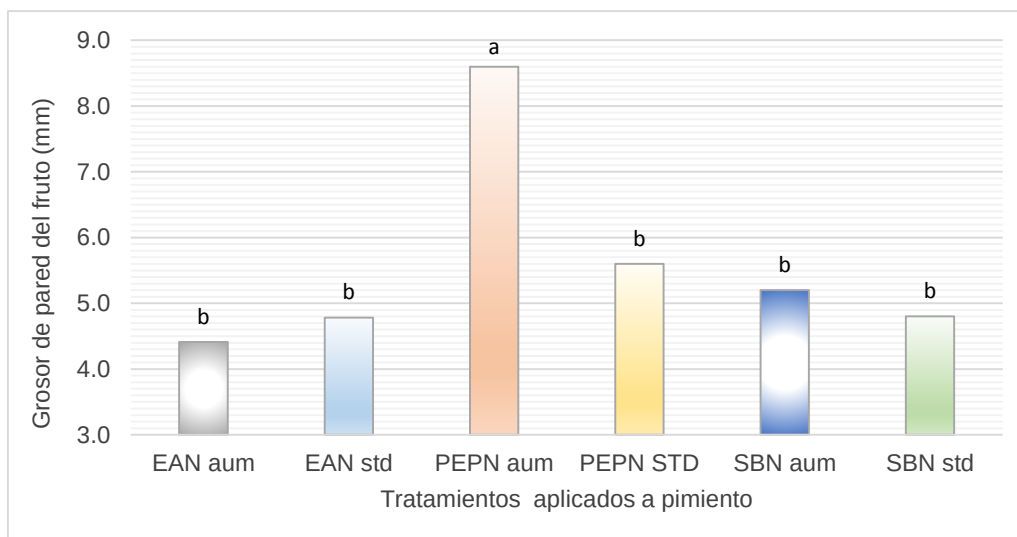


Figura 16 Grosor de la pared de frutos de pimientos 'Purple Beauty' tratadas con nitrógeno y bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2017. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado: (PEPN std) y (PEPN aum). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey

Se observaron diferencia significativa en interacción de bioestimulante por N, en las mediciones de grosor del fruto. Para el cumplimiento de los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas fue necesario la transformación de los datos a valores logarítmicos. La media obtenida para grosor de pared del fruto de pimiento con mayor valor fue en plantas tratadas con péptidos y nitrógeno aumentado (PEPN aum) con 8.6 ± 0.93 mm.

2.2.14 Proporción del peso de pared y semillas (g)

No se observaron diferencias significativas individuales o de tratamientos en las medias obtenidas para la proporción de pared y semillas. Los datos cumplieron con los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas. El valor promedio para proporción de pared fue de 88.2 ± 6.2 g, y para peso promedio de semillas fue de 4.0 ± 0.3 g.

2.2.15 Concentración de sólidos solubles (grados °Brix)

Se observaron diferencias significativas para grados brix entre los bioestimulantes aplicados. Se cumplió con los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas.

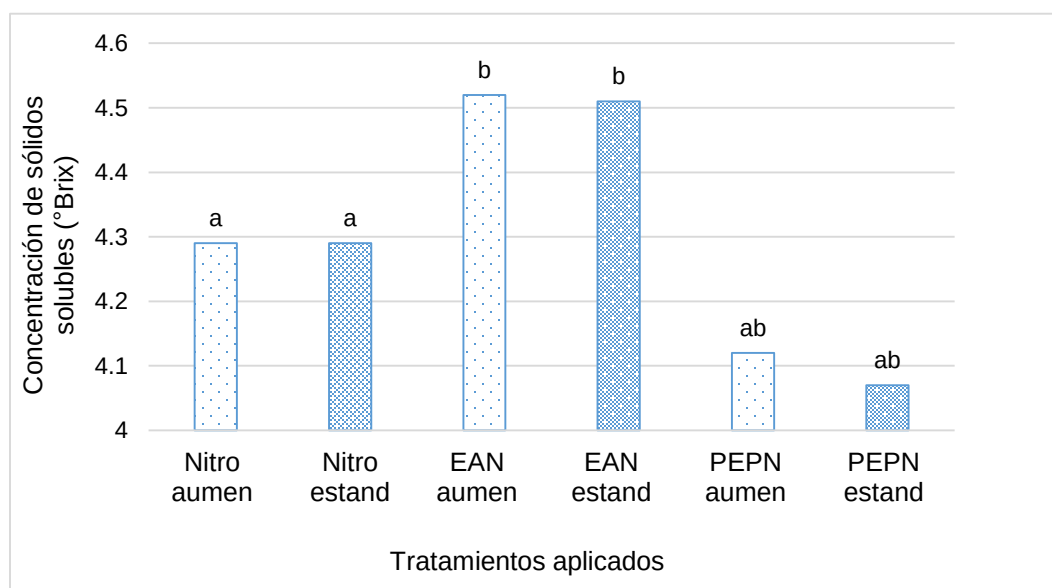


Figura 17. Concentración de sólidos solubles (grados °Brix) obtenido de frutos cosechados de plantas de pimiento ‘Purple Beauty’ tratadas con nitrógeno y bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey.

Se observó que se mostró mejor respuesta entre bioestimulantes para extracto de algas marinas, generando así la media mayor en plantas de pimiento tratadas con extracto de algas y dosis aumentada de nitrógeno (EAN aum) y la menor media obtenida fue de las plantas tratadas sin bioestimulante y nitrógeno en dosis regular (SBN std), que corresponde a un 9.9% menos que la media mayor. La concentración de sólidos solubles en el fruto de pimiento es un parámetro de calidad muy importante, sin embargo, en ocasiones se ha notado que la aplicación de bioestimulantes puede disminuir el contenido de azúcares y acidez titulable en frutos, he incluso cambiando su relación cuando los metabolitos son utilizados en síntesis de fenol estableciendo una posible correlación al respecto (Koleška, 2017).

2.2.16 Deterioro de frutos en post-cosecha a 10°C

Se observaron diferencias significativas respecto al deterioro en número de días, fertilizante y bioestimulante. En relación al análisis de supuestos, cumplieron normalidad de errores y homogeneidad de varianzas.

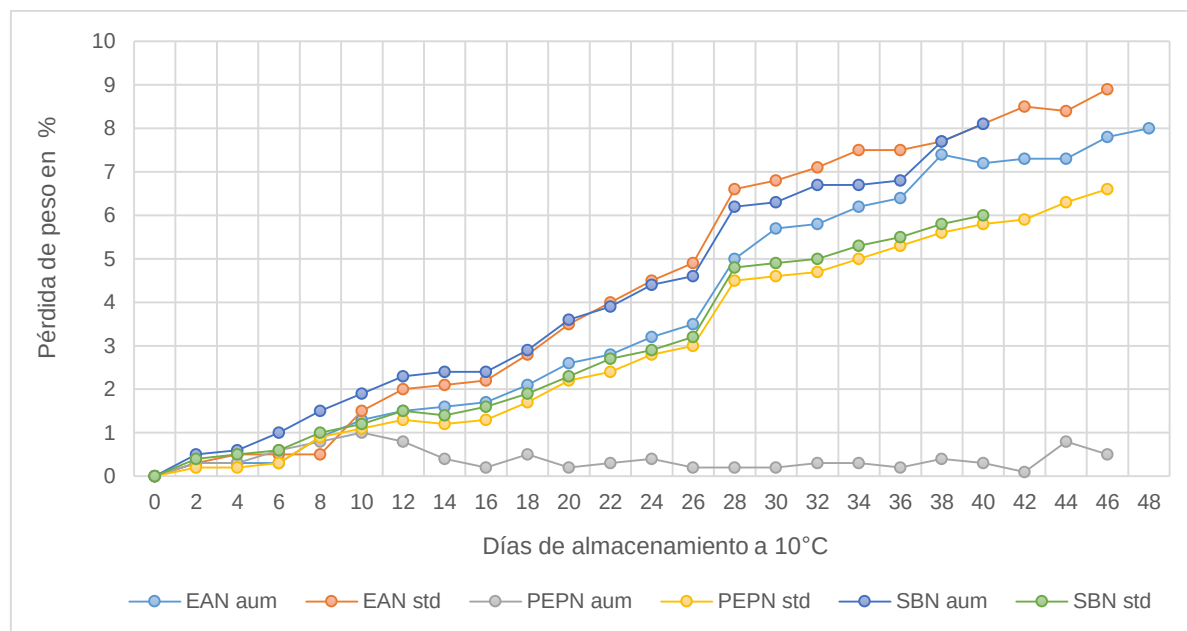


Figura 18. Deterioro de frutos cosechados, expresado en porcentaje de pérdida de peso, relacionados a días de almacenamiento a 10°C. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum).

Las diferencias significativas observadas en relación al número de días de que los frutos mantuvieron una apariencia de frescos o recién cosechados, a medida que pasó el tiempo los frutos fueron perdiendo peso, deteriorándose su apariencia. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al tiempo transcurrido de almacenamiento pos cosecha, para que los frutos fueran descartados como comerciales. El tratamiento que permaneció mayor número de días (48) en condición de 10°C, perdió el 8.0% de su peso (EAN aum). Los tratamientos que observó menor duración fue el tratamiento a dosis regular de N (SBN std). Los demás tratamientos mostraron porcentajes de disminución de peso entre el 0.5% y el 8.9 %, para los días de toma final de toma de dato de peso entre los 40 y 46 días de almacenamiento a 10°C.

2.2.17 Deterioro de frutos en post-cosecha a 20°C.

Se observaron diferencias significativas en tratamientos fertilizante y bioestimulante, según el día de peso fin almacenados a temperatura de 20°C.

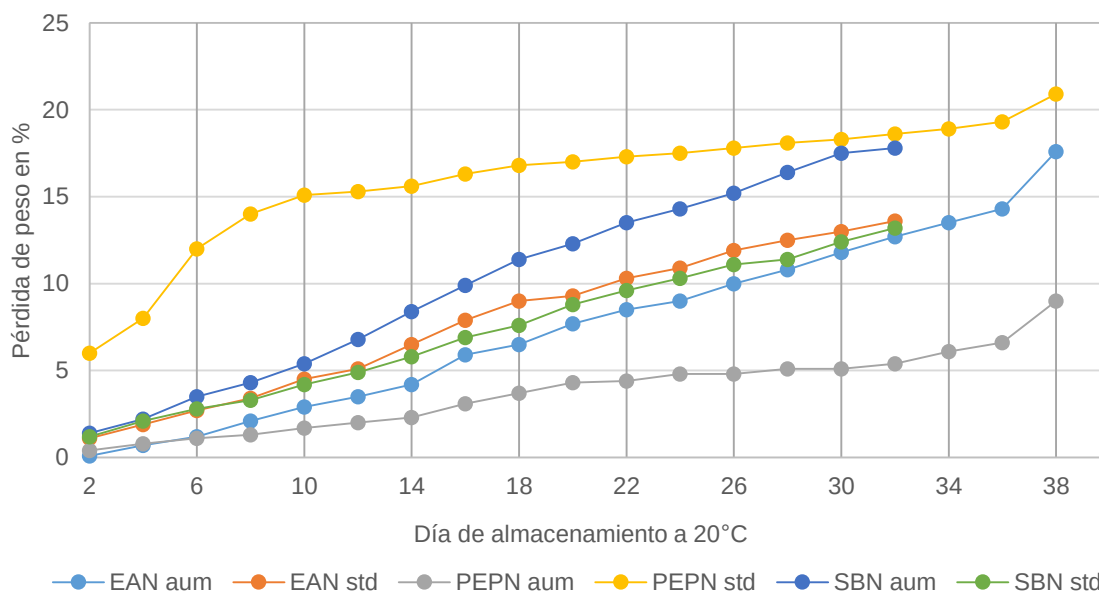


Figura 19. Deterioro de frutos de pimientos cosechados, expresado en porcentaje de peso de los frutos en relación a los días de almacenamiento a 20°C. Los frutos recibieron en su etapa de formación tratamientos de bioestimulante y nitrógeno. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum).

Diferencias significativas fueron mostradas en los días 34, 36 y 38, para los cuales se registró un porcentaje en la pérdida de peso del 20%, para el tratamiento de PEPN std, a los 38 días de almacenamiento. Al mismo tiempo, en relación al largo de almacenamiento

o vida pos-cosecha de los frutos a temperatura de 10°C, con efecto en bioestimulante, este efecto se muestra en N por día de peso registrado (hasta el día que no mostraba las características de un pimiento fresco, como para ser considerado comercial). Al mismo tiempo, La pared superficial del pimiento mostró tendencia a verse ligeramente más arrugada respecto a las otras temperaturas de almacenamiento, y con mayor pérdida en peso, esto debido a que los pimientos estaban en un lugar donde el aire recirculaba y soplaba en dirección de los frutos almacenados, provocando pérdidas mayores en peso por deshidratación.

2.2.18 Deterioro de frutos en post-cosecha a 30°C

Se observó el cambio de peso según los días de toma de peso y apariencia de los frutos más representativos cosechados y seleccionados por planta, almacenados a temperatura de 30°C (Figura 20).

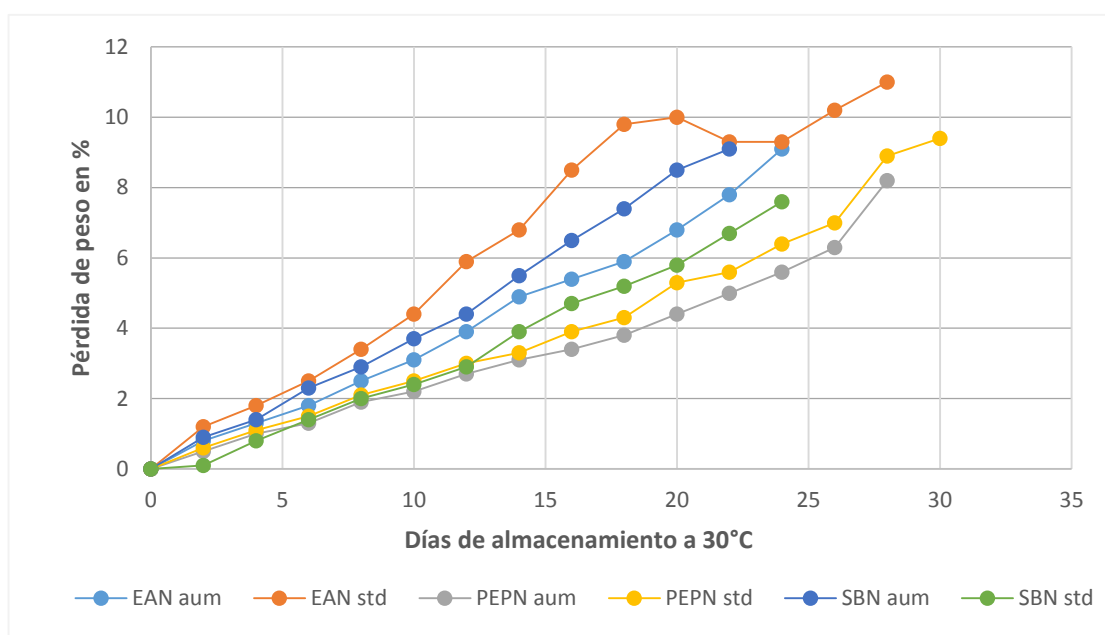


Figura 20. Deterioro de frutos de pimientos cosechados, expresado en pérdida de peso en porcentaje, de frutos almacenados a 30°C. Los frutos recibieron en su etapa de formación tratamientos de bioestimulante y nitrógeno. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Los tratamientos fueron N dosis regular y N aumentado (SBN std), SBN aum), extracto de algas y N regular y N aumentado (EAN std), (EAN aum), péptidos y N regular y N aumentado (PEPN std) y (PEPN aum).

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos fertilizante y bioestimulante en relación al número de días de estado comercial de los frutos. Estas diferencias significativas, fueron observadas a partir de los 24 a 30 días después del

almacenamiento a 30°C. El tratamiento con mayor número de días en estado comercial, lo presentó PEPN std con una disminución del peso de pimientos en 9% a los 30 días. El tratamiento con menor pérdida de peso a los 24 días fue PEPN aum, disminuyendo en un 5% su peso inicial. La aplicación de aminoácidos en cultivos como zucchini, ha demostrado un incremento en la vida de anaquel, atribuyendo su reacción positiva a la respuesta a la regulación endógena del crecimiento y desarrollo vegetal, particularmente si están sometidas a un tipo de estrés (Méndez-Sánchez, 2013).

Los tratamientos observaron diferencias en días de aproximadamente 8 días entre tratamientos, respecto al número mayor y menor de días de duración. A 10° C, el tratamiento que duró más tiempo son EAN aum, al igual que 20°C, pero no a 30°C. En forma contraria los PEPN a dosis regular y aumentada pueden perdurar más tiempo en 30°C y 20°C, pero no a 10°C.

En general los frutos de plantas tratadas con bioestimulantes tuvieron una duración promedio de una semana más que los que venían de plantas que no fueron tratadas con bioestimulante. La diferencia promedio de duración pos cosecha entre frutos almacenados a 10°C y 30°C fue de 18 días, siendo los de mayor duración los que se almacenaron a 10°C. Una de las razones que nos dirigen a pensar en mejor respuesta en duración pos cosecha, para EAN aum, puede ser el hecho que compuestos como betaínas-y-glicinas (aminas cuaternarias que actúan como bioestimulantes para ayudar en casos de estrés en las plantas) están asociados a respuestas en temperaturas bajas (Díaz, 2015). En el caso de péptidos dio a los frutos mejor resistencia en temperaturas de 30°C, esto puede atribuirse a la respuesta generada por la acción de péptidos que tiende a equilibrar las funciones nutricionales en la planta (Maini, 2006).

CONCLUSIÓN

En resumen, en este experimento se encontró que los tratamientos afectaron algunas variables de crecimiento, y algunas variables reproductivas. Se encontraron interacciones significativas de la aplicación de N y bioestimulantes en altura y número de hojas, así como también en el número de flores y en la productividad de frutos extra grandes. Otras variables de producción de pimiento no fueron afectadas significativamente por los tratamientos. En adición para un agricultor con interés de producir frutos extra

grandes los resultados indican que los mejores tratamientos son los de nitrógeno con dosis aumentada y péptidos o extractos de algas. Desde el punto de vista de pos cosecha los frutos serían más duraderos con los tratamientos de péptidos y extractos de algas marinas en dosis aumentada de nitrógeno a temperatura de 20°C, mientras que la temperatura de 10°C el mejor tratamiento para producción de pimienta es el de N con dosis aumentada con extracto de algas y a 30°C es el tratamiento de N aumentado y péptidos.

CAPÍTULO 3

3. EFECTOS DE BIOESTIMULANTES Y NITROGENO EN CILANTRILLO Y ALBAHACA LIMÓN

INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas son conocidas por sus diversos beneficios y usos. Sin embargo, muy poco se dice sobre estudios donde aplicaron bioestimulantes en especies aromáticas. Cultivar plantas aromáticas puede traer beneficios para que el agricultor, accediendo a oportunidades comerciales tempranas en relación a otro cultivo. En algunos países estas hierbas aromáticas se comercializan en el mercado internacional de las especias, siendo su forma final, deshidratada, pulverizada, en bolsas para infusión y otras, por aceites esenciales. Los países que logran exportar abundantemente las hierbas aromáticas, son: India, China, Indonesia, Egipto, Etiopía, México, Guatemala (International Trade Center, 2006). Las plantas aromáticas se conocen también como hortalizas de hoja, debido a que su ciclo productivo es similar al de las otras hortalizas, en donde se pueden obtener como beneficio sus hojas de gran aroma, y debido a esta característica de aroma es que se conocen más como aromáticas, porque, sus aceites esenciales se volatilizan en el ambiente y muestran el atractivo a ser empleado en diferentes propósitos culinarios y terapéuticos. En Puerto Rico, el cilantro (*Coriandrum sativum*) es una de las aromáticas anuales más importantes. En el año fiscal 2015-2016 se vendieron en finca 57,931 cientos de mazos de cilantro en la isla, un aumento del 32% en relación a la cosecha 2014-2015 (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2015).

La albahaca (*Ocimum basilicum*) es también una aromática de mucha popularidad en Puerto Rico y otras partes del mundo, pero el Departamento de Agricultura de Puerto Rico no publica estadísticas sobre su cultivo en la isla. De forma usual el cultivo de estas especies aromáticas se cultiva a campo abierto y en sistemas hidropónicos. Una de las alternativas es la siembra y producción bajo sistemas de invernadero. Esto podría reflejarse en una disminución en manejo de plagas y evitando factores abióticos que puedan dañar los cultivos (Jovicich, 2007). Este estudio consideró dos especies aromáticas: cilantro y albahaca para conocer la respuesta de bioestimulantes como, el de una mezcla de péptidos de bajo peso molecular, en adición con la fertilización principal con nitrógeno. La literatura al respecto de estas especies aromáticas bajo los tratamientos aplicados muestran muy

poca información al respecto. Esto nos conduce a generar un aporte importante en el área de estos cultivos.

El objetivo de este experimento fue evaluar los efectos de aplicación de una formulación de péptidos para uso agrícola y nitrógeno en la productividad, de cilantrillo y albahaca producidos en un en tiestos en ambiente protegido.

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo de junio a septiembre del 2017, en un invernadero de paredes abiertas en la finca Alzamora, la cual está ubicada en terrenos del Recinto Universitario de Mayagüez (RUM), en Mayagüez, Puerto Rico. La temperatura promedio mensual en Mayagüez en ese período fue de 27.5°C.

Cuadro 3 Temperaturas en Mayagüez, Puerto Rico, en junio a septiembre 2017.

Mes	Promedio mensual de temperatura mínima (°C)	Promedio mensual de temperatura (°C)	Promedio mensual de temperatura máxima (°C)
Junio 2017	24.3	27.0	29.6
Julio 2017	24.9	27.1	29.4
Agosto 2017	25.3	27.7	30.2
Septiembre 2017	26.2	28.2	30.1

Fuente: Estación meteorológica Proyecto Tigger, Finca Alzamora, UPRM.

Se usaron semillas de cilantrillo variedad Titán, y semillas de albahaca limón (sweet lemon Dani) variedad, germinadas en bandejas plásticas de 72 celdas, llenas de sustrato comercial de musgo y materiales inertes, tipo Pro-Mix (Premier Horticulture Inc. Quakertown, Pennsylvania, Estados Unidos de América). Cuando las plantas tuvieron 4 hojas verdaderas se trasplantarán a tiestos de 0.004 m³ de capacidad que tendrán suelo (Artificial-1), tomado de la quebrada de oro que pasa por el RUM y cernida por un tamiz con aberturas de 2.54 cm, y tiestos de 15 cm x 15 cm de capacidad con suelo (Lajas-2) Molisol, serie San Antón, de la Estación Experimental de Lajas.

En los experimentos de cilantrillo y albahaca, se usó el suelo artificial y un suelo de la serie San Antón del municipio de Lajas, descrito en el párrafo anterior. Se evaluó el efecto de dosis de N aplicado después del trasplante (dosis estándar para cilantrillo y albahaca y dosis aumentada en 25% sobre las dosis estándar para esos dos cultivos) y bioestimulante

(con una formulación de péptidos de bajo peso molecular, o sin bioestimulante. Para cada combinación de dosis de N x bioestimulante se tendrán 15 repeticiones (una repetición por tiesto) en las mesas del invernadero (sistema de estructura protegida). El experimento se realizó en el invernadero N°5 (latitud: 18 ° 12'57 "N, longitud: 67 ° 08'48" W, elevación: 15 metros sobre el nivel del mar), ubicado en Finca Laboratorio Alzamora en la UPR en Mayagüez.

El estudio tuvo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2 suelos x 2 niveles de nitrógeno x 2 niveles de bioestimulante. Se evaluaron 4 combinaciones de bioestimulantes y nitrógeno (N) en cada suelo. El N (urea solubilizada) se aplicó al suelo en dos dosis del trasplante: dosis regular para cilantro de 6.0 g y 8.7 g por planta en dosis aumentada. En cambio, para las dosis de N (urea solubilizada) en el cultivo de albahaca, fueron 6.38 g en dosis regular y 9.35 g por planta para dosis aumentada. Se utilizó como bioestimulante para este estudio, (1) una mezcla de péptidos de bajo peso molecular (Inicium®, Biolbérica, Barcelona, España)¹, o (2) sin bioestimulante. La evaluación de estas 4 combinaciones de bioestimulantes y nitrógeno por tipo de suelo (Artificial-1) y (Lajas-2).

Todos los tratamientos se aplicaron al suelo Artificial-1 y al suelo Lajas-2, fueron aplicados al suelo en forma de “*drench*”. Cada combinación de N y bioestimulante tendrá 15 repeticiones (un tiesto plástico de 15 x 15 cm por repetición) y se establecieron aleatoriamente en las mesas del invernadero (sistema de estructura protegida). El bioestimulante fue disuelto en agua (0.2 ml de formulación comercial por 100 ml de agua, siguiendo la recomendación de los fabricantes) y se aplicó esta solución por planta cada 14 días, a partir de los 14 días del trasplante a los tiestos. La fertilización básica en el sustrato de todas las plantas fue de 16 g por planta de fórmula 10-10-10 de un abono granular sintético, equivalente aproximadamente a 50 kg/ha para. A partir de los 7 días después del trasplante (una vez las plantas se hayan establecido) se hicieron las aplicaciones de urea disuelta en agua (imitando el fertirriego), esta operación se realizó cada 7 días durante la vida comercial del cultivo, de modo que cada planta recibió aproximadamente 0.68 o 0.95 g de urea (dosis estándar y dosis aumentada, respectivamente) disueltos en 100 ml de agua en cada aplicación. En las fechas que se aplicó bioestimulante, las plantas con los tratamientos sin bioestimulante, recibirán una dosis de agua solamente.

¹ El uso de esa formulación en particular, no implica un endoso de la estudiante, el Comité y la Universidad, a este fabricante o esta formulación utilizada en el estudio.

Las variables evaluadas en las plantas fueron:

3.1.1 Altura de la planta.

Se efectuó la medición de altura a cada planta de cilantrillo y de albahaca (Figura 23), durante 5 semanas para el cilantrillo, a los 21, 28, 35, 42, y 50 días después del trasplante y para albahaca a los 23, 35, 42, 49, 57, 63 y 71 días después del trasplante, a partir de 7 días después del trasplante. Se midió desde la superficie del sustrato al ápice del tallo hasta las últimas hojas que se habían expandido recientemente (Figura 21).



Figura 21. Medición de altura de planta de albahaca (a) y cilantrillo (b). Finca Alzamora, Mayagüez 2017.

3.1.2 Verdor.

Se tomó este valor en hojas maduras recientemente expandidas de cada planta para cada una de las plantas, para el cilantrillo, a los 21 y 28 días después del trasplante y para albahaca a los 23, 35, 42, 49, 57, 63 y 71 días después del trasplante. Se inició una semana después de la aplicación del fertilizante, usando un colorímetro digital (SPAD-502, Minolta, Osaka, Japón) que registra unidades SPAD cuyos valores están asociados a la concentración de clorofila.



Figura 22. Medición de clorofila en valores SPAD en hojas de albahaca. Finca Alzamora, Mayagüez 2017.

3.1.3 Concentración de iones potasio y nitrato en savia:

Se tomaron las hojas maduras recientemente expandidas y sus peciolo, de cada planta a los 21, 28, 35, 42 y 50 días después del trasplante, y para albahaca a los 35, 42, 49, 57 y 63 días después de hacer el trasplante, en orden a una semana después de cada aplicación del bioestimulante, haciendo uso de medidores digitales portátil Cardi, marca HORIBA, Spectrum Technologies, INC. Japón, estandarizado a 150 y 2000 ppm. Para hojas y peciolo de cilantrillo y albahaca se procedió a tomar un triturador manual de acero inoxidable (1.5 cm x 3 cm), donde se colocaron solo hojas cortadas y solo peciolo, haciendo un enjuague previo entre cada uno. Luego se recolectó los jugos de los cuales se colocó de una a dos gotas para el sensor de K^+ y para $[NO_3^-]$. Para las mediciones de K^+ fue necesario efectuar diluciones 1:2, por lo concentrado de los jugos de savia tanto en hoja como en peciolo (Figura 23).



Figura 23. Medición de concentración de K^+ en savia en hoja y peciolo(tallo) en cilantrillo (a) y albahaca. (b) sensor Cardy, medidor de NO_3^- en savia en hoja y peciolo (tallo) de cilantrillo(c) y de hojas y peciolo de albahaca(d) hojas y tallos o peciolo de planta fraccionados para la medición.

3.1.4 Peso raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha.

Al llegar el tiempo de cosechar la planta, se recolectó el sistema radicular, las hojas presentes en la planta y el tallo, se colectó también en una sola muestra homogenizada una muestra de suelo para ser enviada al laboratorio de análisis químico de suelos. Las raíces se lavaron para ser colocadas en bolsas de papel al igual que hojas y tallo, que luego fueron secadas por separado en un horno a $65^\circ C$ por 36 horas. Se pesarán usando una balanza digital Fisher, modelo SFL 301, sensibilidad de 0.1g, con capacidad para pesar 300 gramos.



Figura 24. Determinación de peso promedio de materia seca tanto para cilantrillo como para albahaca. Horno Fisher Scientific a $65^\circ C$ (1), muestras colocadas en bolsas de papel y luego puestas en horno (2), pesaje de hoja, tallo y raíz para albahaca y hojas y raíz.

Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos para determinar si cumplen con los supuestos para el análisis de varianza (homogeneidad de varianza, normalidad). De no cumplir con los supuestos de homogeneidad y normalidad, se hicieron transformaciones para cumplir con los supuestos. Los resultados que conformen a los supuestos fueron sometidos a análisis de varianza (y de ser necesario, a separación de medias de tratamientos), y que los que no pudieron transformarse para análisis de varianza fueron sometidos a análisis no paramétrico.

Los tratamientos que fueron aplicados a las plantas de cilantrillo y albahaca fueron los siguientes:

- a) Suelo Artificial-1, sin bioestimulante y N regular (ASBN std)
- b) Suelo Artificial-1, sin bioestimulante y N aumentado (ASBN au)
- c) Suelo San Antón, Lajas-2, sin bioestimulante y N regular (SASBN std)
- d) Suelo San Antón, Lajas-2, sin bioestimulante y N aumentado (SASBN au)
- e) Suelo Artificial-1, péptidos y N regular (APEPN std)
- f) Suelo Artificial-1, péptidos y N aumentado (APEPN au)
- g) Suelo San Antón, Lajas-2, péptidos y N regular (SAPEPN std)
- h) Suelo San Antón, Lajas-2, péptidos y N aumentado (SAPEPN au)

RESULTADOS

3.2 EFECTOS DE BIOESTIMULANTES Y NITROGENO EN CILANTRILLO

3.2.1 Altura de la planta.

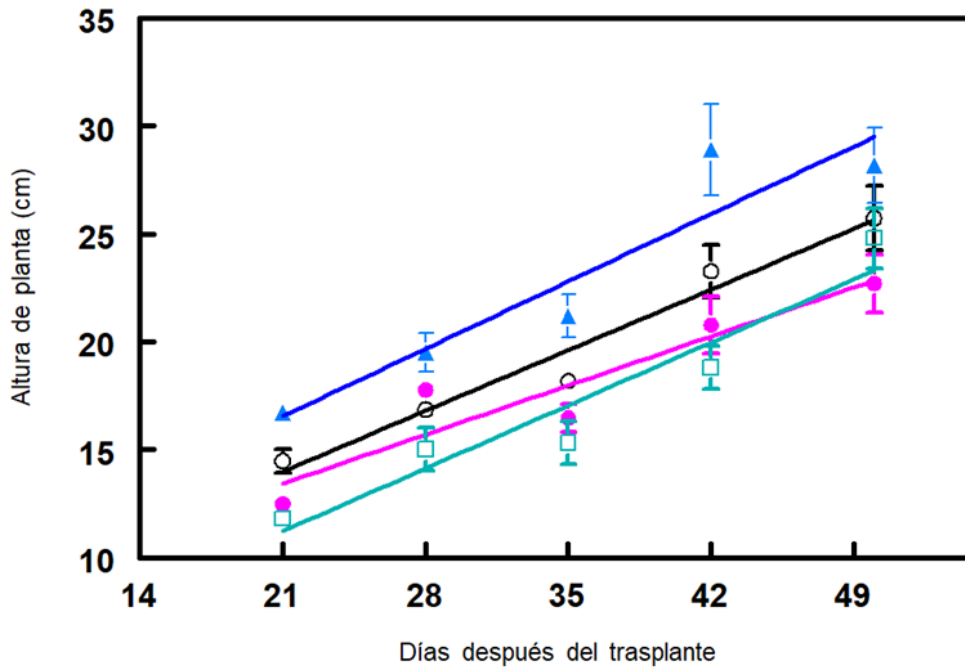


Figura 25. Altura de las plantas de cilantro, tratadas con bioestimulante y fertilización nitrogenada en dosis estándar y dosis aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Las combinaciones utilizadas (8), se representan en la gráfica por 4 líneas. La línea azul corresponde a la ecuación $y=8.3+0.4x$; $r^2=0.89$. La línea color negro corresponde a la ecuación $y=5.56+0.4x$; $r^2=0.97$. La línea de color verde se representa en la ecuación: $y=2.5+0.4x$; $r^2=0.92$. Las líneas anteriores son paralelas, y en cuarto grupo representa combinaciones 3 y 5 con color magenta $y=6.3+0.3x$; $r^2=0.95$.

Se encontraron diferencias significativas en tratamiento de N por bioestimulante y tipo de suelo. Las interacciones dobles encontradas corresponden a bioestimulante por nivel de nitrógeno y efectos individuales por tipo suelo que se mostró para todas las fechas en que se realizó la medición de altura. Se observó que el suelo de serie San Antón observó las medias más altas para cada uno de los días en que se realizó la medición (cm). Por lo que el efecto de bioestimulante fue el más adecuado para el cultivo de cilantro. Dado que el bioestimulante es a base de una mezcla comercial de péptidos de bajo peso molecular, algunos aminoácidos metabolizados en la planta, puede promover que algunos de ellos, como la prolina participen en la regulación metabólica de la planta, y ayuda al nitrógeno a

movilizarse a las funciones más favorable en el desarrollo de la planta (Novoa & Loomis 1981).

3.2.2 Verdor.

No se pudo determinar diferencias significativas en tratamiento individual e interacción de bioestimulante y N y suelo a los 21 y 28 días después del trasplante. El valor promedio general en clorofila registrado fue de 29.2 ± 0.93 unidades SPAD (al ser valores asociados a clorofila, sus unidades corresponden al equipo con el que se realizó la medición).

3.2.3 Concentración de iones nitrato en savia: hoja

Cuadro 4. Concentración de $[\text{NO}_3^-]$ en savia en hojas de cilantrillo. Plantas recibieron tratamientos de bioestimulantes y fertilización con nitrógeno a dosis estándar y aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey

Concentración de iones nitrato en savia en hoja					
Tratamientos	Días después del trasplante				
	21	28	35	42	50
ARPEPNau	242.7 $\pm$ 5.3 c	330.7 $\pm$ 16.4 a	65.3 $\pm$ 8.7 cd	64.0 $\pm$ 4.6 a	178.7 $\pm$ 9.6 a
SAPEPNau	244.0 $\pm$ 6.1 c	313.3 $\pm$ 10.7 a	77.3 $\pm$ 3.5 cd	88.0 $\pm$ 0 a	98.7 $\pm$ 7.1 bc
ARPEPNst	42.7 $\pm$ 1.3 e	350.7 $\pm$ 10.7 a	128.0 $\pm$ 12.2 b	88.0 $\pm$ 8 a	138.7 $\pm$ 2.7 ab
SAPEPNst	350.0 $\pm$ 2.9 a	366.7 $\pm$ 17.9 a	104.0 $\pm$ 8.0 bc	29.3 $\pm$ 2.7	7.00 $\pm$ 7.5 c
ARSBNau	265.3 $\pm$ 6.7 c	317.3 $\pm$ 12.7 a	54.7 $\pm$ 3.5 d	64.0 $\pm$ 0 a	106.7 $\pm$ 9.6 bc
SASBNau	290.7 $\pm$ 7.4 b	304.0 $\pm$ 6.9 a	58.7 $\pm$ 3.5 d	92.0 $\pm$ 32.7 a	138.7 $\pm$ 7.1 ab
ARSBNst	293.3 $\pm$ 2.7 b	172.0 $\pm$ 38.2 b	202.0 $\pm$ 17.8 a	28.0 $\pm$ 4	108.0 $\pm$ 20 bc
SASBNst	106.7 $\pm$ 3.5 d	296.0 $\pm$ 9.24 a	44.0 $\pm$ 6.1 d	77.3 $\pm$ 5.3 a	165.3 $\pm$ 9.61 a

No se observaron efectos significativos para los valores obtenidos en el día 28. Efectos significativos individuales o entre factores fueron encontrados a los 21, 35, 42 y 50 días después del trasplante. Se encontraron interacciones dobles de bioestimulante por tipo de suelo y bioestimulante por nitrógeno. Los efectos mostraron que los péptidos con

nitrógeno regular y tanto suelo artificial como San Antón mostraron las mejores medias para los diferentes días donde se efectuó la medición. Otros resultados sugieren que bioestimulantes que contienen aminoácidos, enzimas y otros contribuyen a mejorar la calidad de vida de los cultivos (Bulgari et al., 2015). Algunas fuentes indican que hortalizas de hoja verde como lechuga, espinacas, calabacín, etc, llegan a alcanzar valores próximos a 5000 mg/kg en los meses de invierno (octubre, febrero y marzo), y el valor máximo de 6300 mg/kg (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria 2006).

5.2.4 Concentración de iones nitrato en savia en tallo

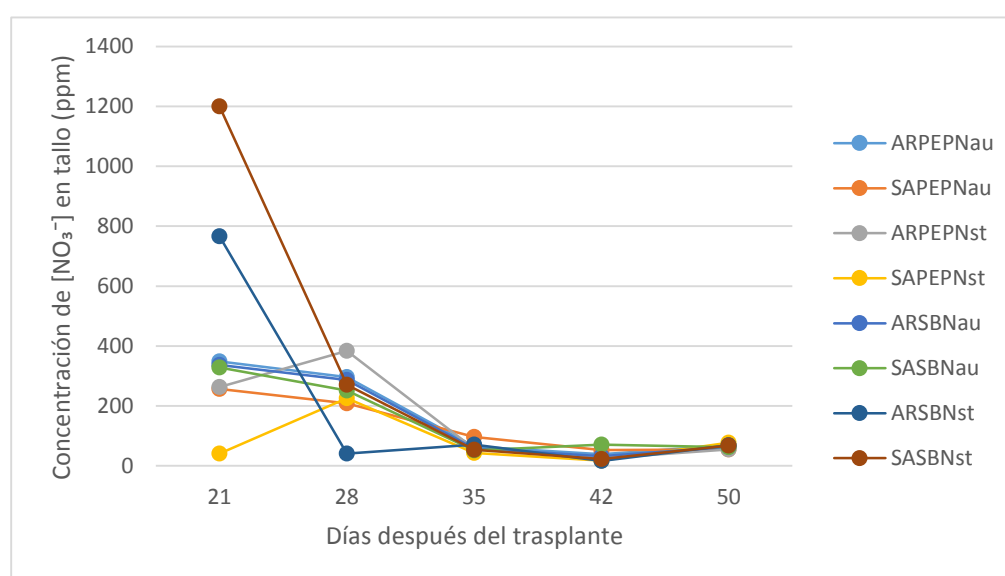


Figura 26. Concentración de ion nitrato en tallo de plantas de cilantrillo, que recibieron tratamientos de bioestimulantes y fertilización con nitrógeno a dosis estándar y aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017.

No se encontraron diferencias significativas a los 35 días. Diferencias significativas se mostraron para los días de medición: 28, 42 y 50 ddt, encontrándose efectos individuales para los factores de N-suelo y bioestimulante-suelo. Los efectos encontrados no muestran consistencia y a menudo se observan atípicos. Sin embargo, se puede mencionar que, para los días, 28, 42 y 50 se registran las medias más altas respecto a los tratamientos de péptidos a diferentes dosis de nitrógeno y tipo de suelo, por lo que podemos decir que en este caso el efecto de los péptidos es independientes de los niveles de nitrógeno y tipo de suelo. El contenido de nitrógeno juega un rol muy importante en el desarrollo de las plantas, y la disponibilidad de los nutrientes como el proceso de síntesis de aminoácidos en

péptidos, son elementos que deben favorecer la absorción de los mismos para que la planta los utilice para los distintos procesos metabólicos.

3.2.5 Concentración de iones potasio en savia en hoja

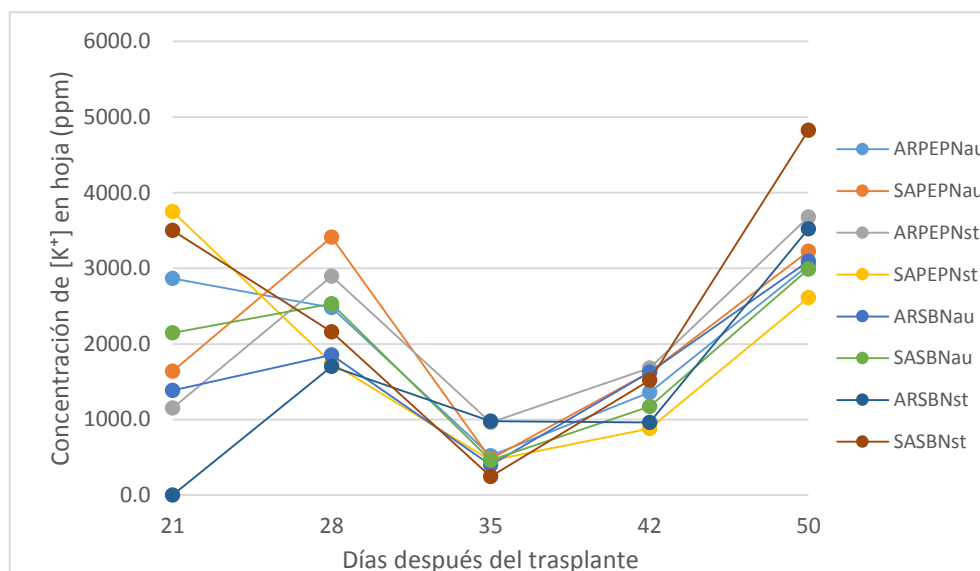


Figura 27. Concentración de potasio en savia en plantas de cilantro que recibieron tratamientos de bioestimulantes y fertilización con nitrógeno a dosis estándar y aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017.

Se observaron diferencias significativas entre fertilizante y bioestimulante para los todos días en que fue medida esta concentración. Las medias más altas encontradas corresponden a los efectos del suelo San Antón, péptidos y nitrógenos en dosis regular y aumentada. El comportamiento de caída entre los 28 y 42 días después del trasplante (ddt) puede deberse a la movilidad de los nutrientes al momento de la floración (35 ddt). En futuros estudios pueden realizarse más mediciones de las concentraciones de K^+ en savia en hoja, con el fin de tener valores más constantes y regulares en función del tiempo. Los efectos de disminución en el contenido de K^+ en savia, puede corresponder a factores como el riego que en ocasiones variaba, encontrándose excesos de agua aplicada a los tiestos y esto conducir a una posible lixiviación del fertilizante y bioestimulante agregado, que en todo caso han de promover la movilidad de potasio a la planta.

3.2.6 Concentración de iones potasio en savia en tallo

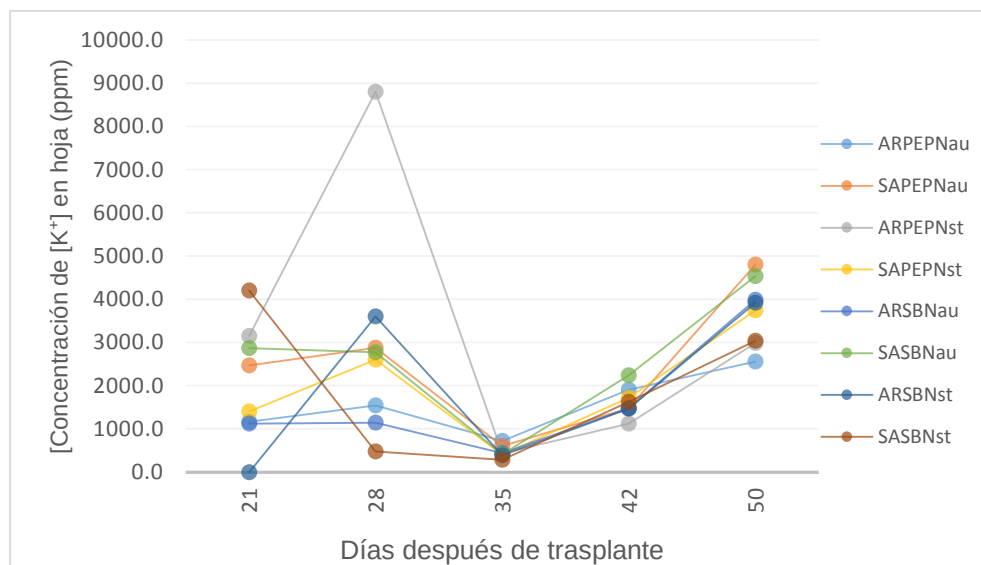


Figura 28. Concentración de potasio en savia de tallo en plantas de cilantrillo que recibieron tratamientos de bioestimulantes y fertilización con nitrógeno a dosis estándar y aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey.

Se observaron efectos significativos entre los factores bioestimulante, nitrógeno y suelo. Dentro de los valores para la concentración de potasio $[K^+]$, el tratamiento que exhibió mejor resultado a lo largo del tiempo, fue el de suelo San Antón y péptidos indistinto de los niveles de nitrógeno aplicados. El comportamiento decreciente y drástico para el tratamiento que combina péptidos, nitrógeno regular y el suelo artificial o sustrato, puede responder al período de preparación para la floración y floración misma, ya que esta apareció a los 35 días posterior al trasplante. El contenido de potasio en el cultivo puede lograr su desplazamiento hacia los tejidos de las plantas, en función de la nutrición mineral suplementada, o bien por el contenido de K^+ que se hace disponible a partir de las arcillas y materia orgánica presente, mediante la capacidad de intercambio catiónico (Sadanandan et al., 2002). El análisis químico realizado al suelo previo a siembra y posterior a la cosecha de cilantro (Apéndice 5 y 6), refleja incremento de K^+ en el suelo. Sin embargo, factores externos como exceso de agua para el cultivo nos lleva a pensar que una fracción de K^+ pudo haber sido lixiviada, y esto conducir a una baja extrema en la mitad del ciclo productivo del cilantro (35 ddt).

3.2.7 Peso raíz y hoja al terminar la cosecha de cilantrillo

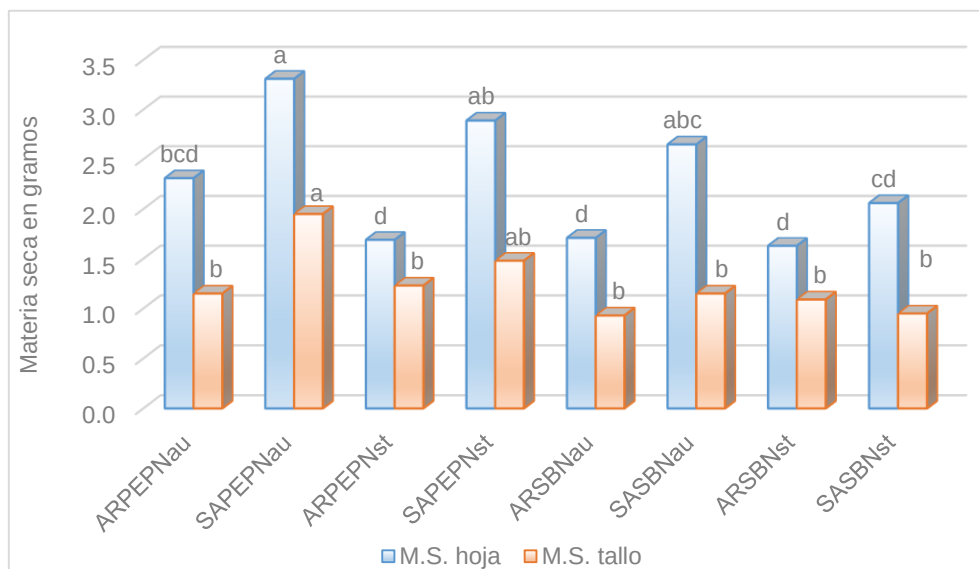


Figura 29. Peso promedio de materia seca en plantas de cilantrillo que recibieron tratamientos de bioestimulante y fertilización de nitrógeno a dosis estándar y aumentada. Mayagüez, Puerto Rico. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey.

Se observaron diferencias significativas de interacción triple. En general los tratamientos que tenían N, mostraron una media mayor, y este efecto demostró ser aditivo debido a que, el promedio de materia seca mostro tendencia al aumento si se combinaba con N, volviéndose más notorio aún el incremento en combinación de péptidos, y estos dos junto al tipo de suelo de la serie San Antón. En adición, el tratamiento Por ello el mejor tratamiento para materia seca en hojas fue el que combina los elementos mencionados SAPEPN aum.

El aumento en producción de materia seca en hoja, mejoró cuando en los tratamientos se pasó de usar suelo San Antón con péptidos y nitrógeno regular al de suelo San Antón, péptidos y N aumentado (SAPEN std a SAPEN aum), incrementándose en un 30.2%, de nitrógeno. De esta forma para intereses comerciales puede elegirse la forma más conveniente para obtener mayor cantidad de hojas, es decir seleccionar entre dosis de nitrógeno, tipo de suelo y añadir o no péptidos, aunque este último elemento dentro de los tratamientos que ha obtenido mayor peso.

3.3 RESULTADOS DE EFECTOS DE BIOESTIMULANTES Y NITROGENO EN ALBAHACA LIMÓN

3.3.1 Altura de la planta.

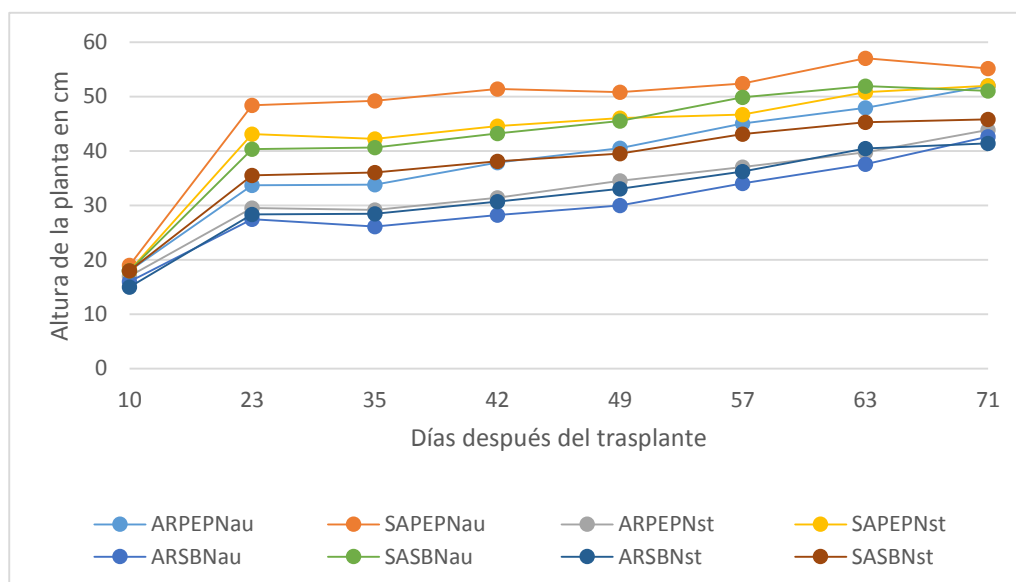


Figura 30. Altura de la planta de albahaca, en días posteriores a la siembra, para los diferentes tratamientos aplicados en suelo de tipo artificial (mezcla 3:1 de suelo aluvial o aluvión y sustrato comercialmente disponible).

Se observaron diferencias significativas triple de factores de bioestimulante-nitrógeno-suelo. Dentro de los días que se midió la altura de la planta se mostró que el mejor tratamiento para el crecimiento de albahaca fue el de péptidos a dosis aumentada de nitrógeno y suelo San Antón.

Estudios anteriores demuestran que la relación $\text{NH}_4 + \text{NO}_3^-$, en dirección al aporte de nitrógeno en la planta, crea efectos positivos en cuanto a su altura, en acumulación de masa y área foliar, de acuerdo a la relación de disolución que permite la absorción y asimilación, así como el otorgar características que al final puedan ser favorables para el consumo de albahaca (González-García et al., 2009).

3.3.2 Verdor en valores SPAD, en hojas de albahaca.

No se encontraron diferencias significativas para los valores de clorofila en los días 23, 35, 42, 49, 57 y 71 días después de la siembra. Diferencias significativas fueron encontradas en medición de clorofila a los 63 días después del trasplante.

3.3.3 Verdor en valores SPAD, en hojas de albahaca a los 63 ddt.

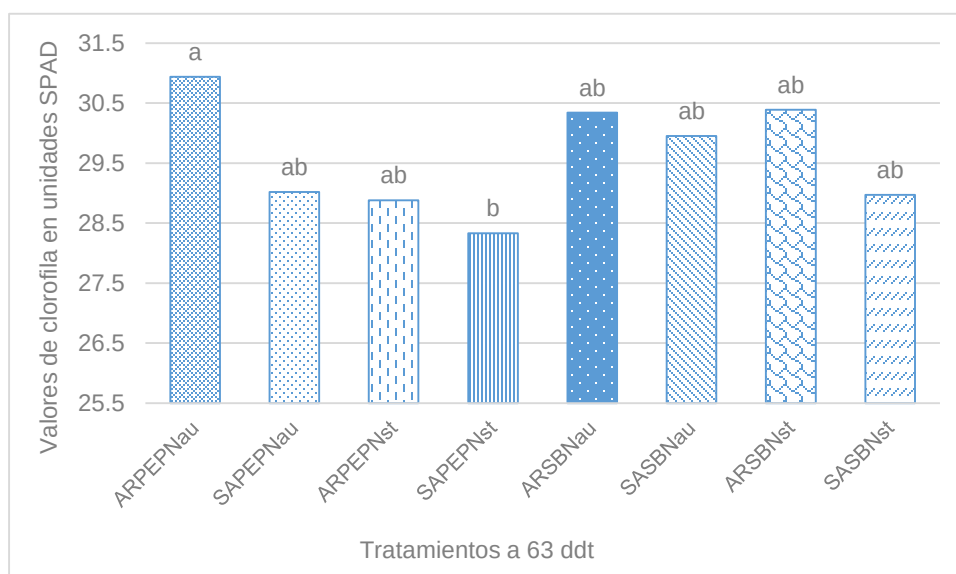


Figura 31. Contenido de clorofila presente en hojas de albahaca tomado en plantas de los diferentes tratamientos aplicados, bioestimulantes y fertilizante nitrogenado a dosis estándar, Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey

Se observó efecto doble de los factores bioestimulante-nitrógeno, y bioestimulante-suelo. El tratamiento que mostró mayor media fue el de péptidos con dosis aumentada de nitrógeno con suelo artificial. Podemos mencionar que en la semana correspondiente a los 63 ddt, se registró abundante floración, la cual tuvo un inicio a los 42 días después del trasplante. Esto nos indica que la concentración de nutrientes disponibles para las hojas cambia para concentrarse en la formación de flores, y que está relacionado con la cantidad de nitrógeno como suministro en la producción de más follaje, estableciendo una relación proporcional en cantidad de nitrógeno disponible y producción de hojas (Ríos, 2011)

3.3.4 Concentración de iones nitrato en savia en hojas de albahaca

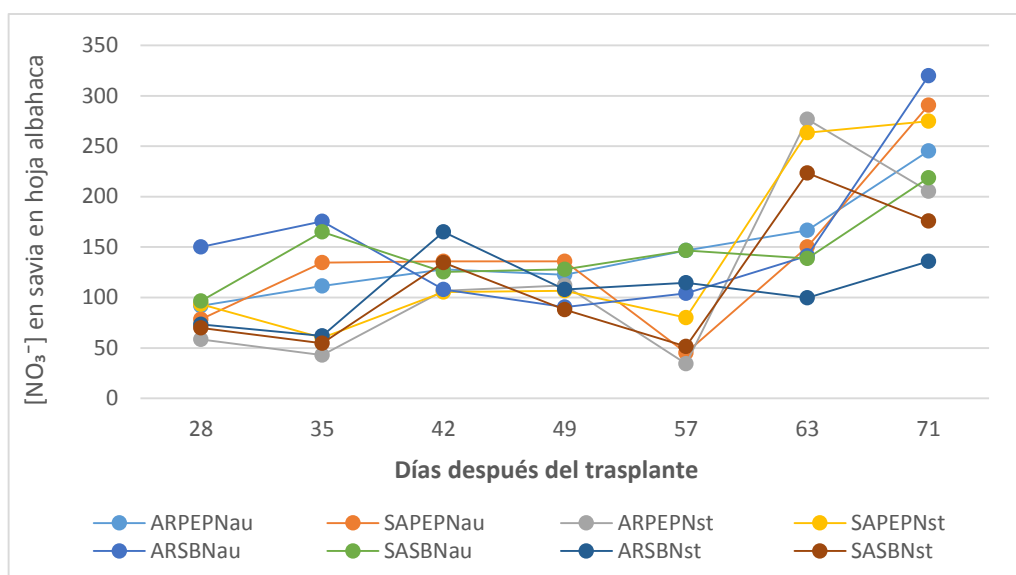


Figura 32. Concentración de ion nitrato NO_3^- en hojas de albahaca para diferentes tratamientos aplicados al cultivo. Mayagüez, Puerto Rico 2017.

No se observaron diferencias significativas para el día 49 después del trasplante. Diferencias significativas se mostraron los días: 23, 28, 35, 42, 57 y 63 días después de la siembra. El efecto que se mostró fue bioestimulante por nitrógeno y nitrógeno-suelo. Se logró observar que el factor de nitrógeno a dosis aumentada ha generado mayores valores de nitrato en hoja, seguido del tratamiento sin bioestimulante.

La disponibilidad de $[\text{NO}_3^-]$ en las hojas de albahaca siguió un orden lógico en relación a la dosis aumentada de N de los tratamientos aplicados, presentando mayor concentración de $[\text{NO}_3^-]$, seguido de la supresión de bioestimulantes en el tratamiento. Se muestra además que disminuciones de $[\text{NO}_3^-]$ está relacionado con dosis regular de N, independientemente de bioestimulante y suelo.

3.3.5 Concentración de iones nitrato en savia en tallo de albahaca

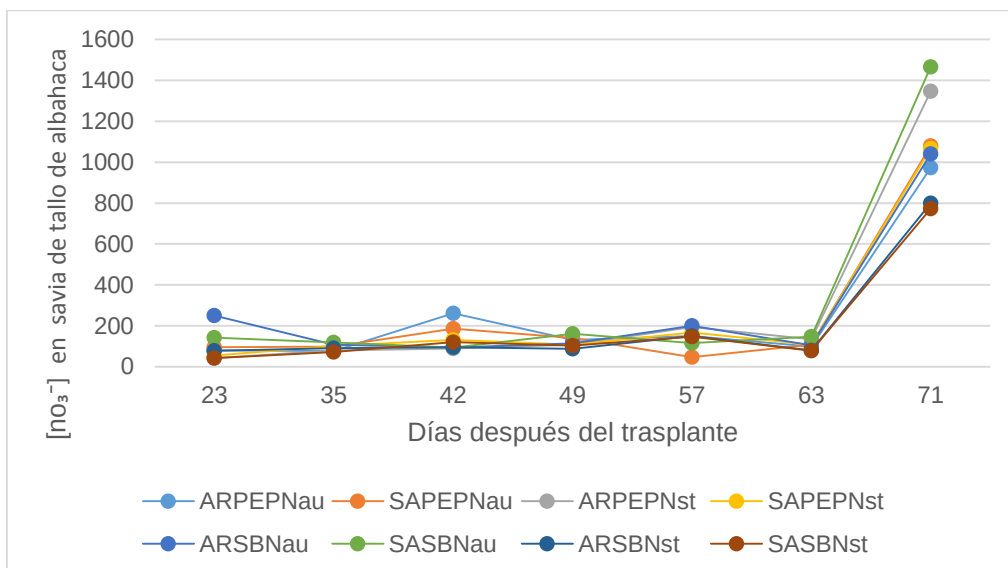


Figura 33. Concentración de ion nitrato en savia obtenida del tallo de plantas de albahaca, tratada con diferentes tratamientos de bioestimulante y fertilizante nitrogenado a dosis estándar o aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017.

Se observan diferencias significativas entre los tratamientos, observándose respuestas dobles de bioestimulante-nitrógeno, y nitrógeno-suelo que se repitieron durante las fechas consideradas. Se observó además que el tratamiento que produjo una respuesta mayor en nitratos fue el tratamiento de nitrógeno a dosis aumentada y suelo artificial y suelo San Antón. Esto nos indica que la respuesta ha sido influenciada con mayor dominancia por la dosis aumentada de nitrógeno, mientras que la medición más baja para la concentración de nitratos se obtiene del tratamiento con dosis regular de nitrógeno. Ambas respuestas en mayor o menor concentración de nitratos en savia de tallo son independientes del tipo de suelo utilizado y de los bioestimulantes. Estas respuestas pueden ser observadas a su vez con el tiempo de floración más abundante para el cultivo que ocurrió a los 63 ddt, esta relación debe ser vista desde la forma en como la planta administra los nutrientes (Anwar et al., 2005).

3.3.6 Concentración de iones potasio en savia en hojas

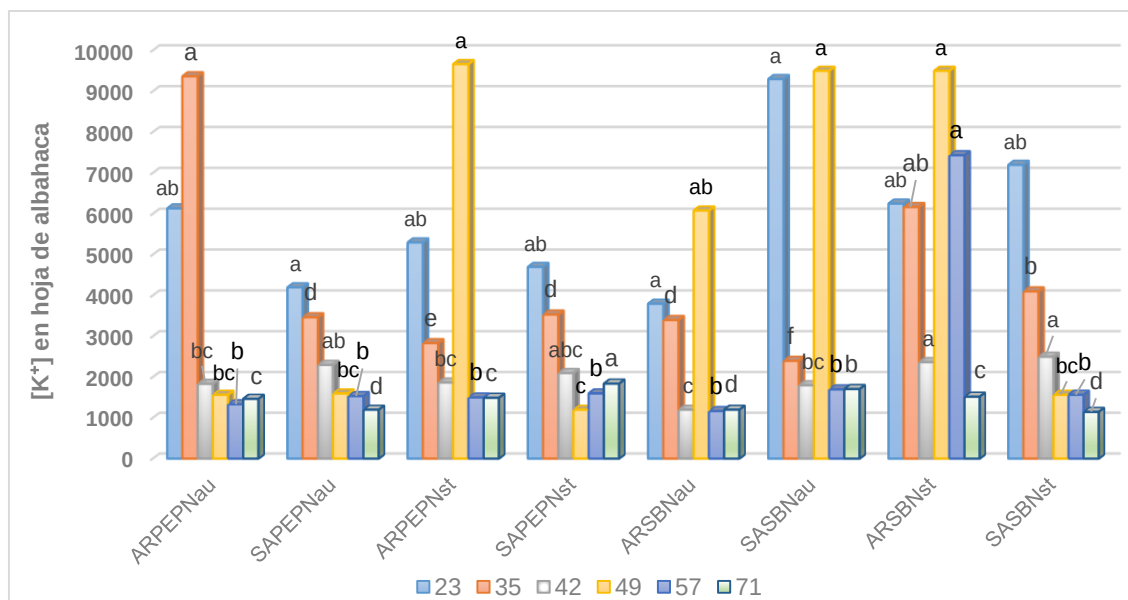


Figura 34. Concentración de ion potasio [K⁺] en savia en hojas de albahaca, tomada de las plantas que recibieron diferentes tratamientos con bioestimulantes y fertilizante nitrogenado a dosis estándar o aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey.

No se observaron diferencias significativas a los 63 días después del trasplante. Se observan diferencias significativas para los tratamientos a los 23, 28, 35, 42, 49, 57, y 71 días después del trasplante. De forma general el aumento en la [K⁺], se mostró en el tratamiento de N en dosis regular, sin bioestimulante. Sin embargo, este efecto tiende a cambiar con el tipo de suelo. De esta forma, al combinarse con suelo artificial la planta presenta mayor concentración de [K⁺] en hoja. Por el contrario, el tratamiento sin bioestimulante y N aumentado, tiende a una reducción de [K⁺] en la savia de la hoja, y en combinación con suelo San Antón puede volverse marcada esta respuesta reductiva. Este efecto responde a un comportamiento de tipo cinético favorable del medio y elementos disponibles en el suelo artificial (Apéndice 1 y 2). Algunos suelos poseen fuentes de potasio para las plantas, como los feldespatos, muscovitas, biotitas, flogopitas, pero las arcillas y la materia orgánica, permiten un excelente intercambio catiónico que facilita la disponibilidad de potasio para las plantas (Sadaandan, et al, 2002).

3.3.7 Concentración de iones potasio en savia en tallo

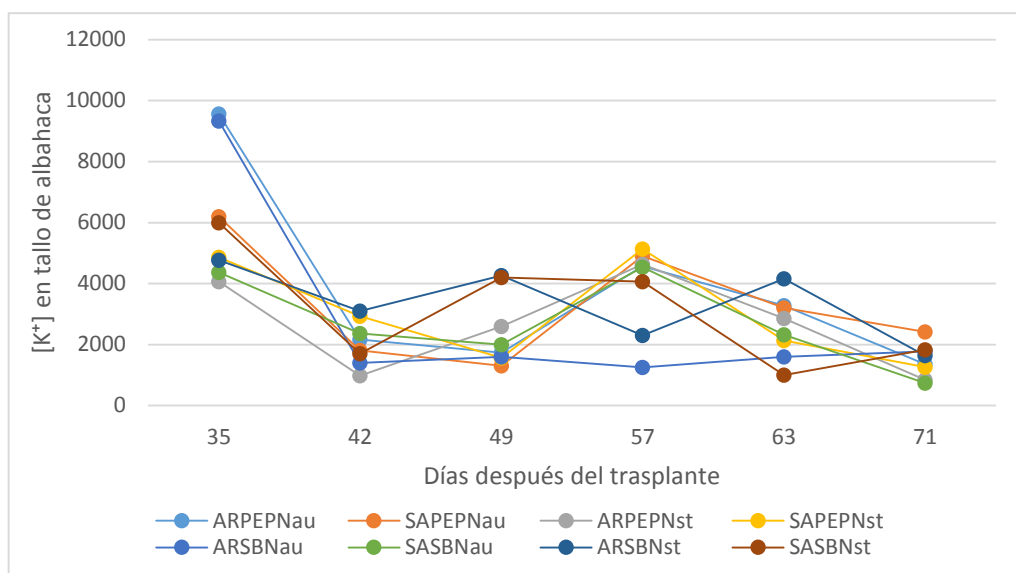


Figura 35. Concentración de ion potasio $[K^+]$ en savia en tallo de albahaca, tomada de las plantas que recibieron diferentes tratamientos con bioestimulantes y fertilizante nitrogenado a dosis estándar o aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017.

Se obtuvieron diferencias significativas para los tratamientos aplicados. Se observaron interacciones dobles de bioestimulante-nitrógeno, bioestimulante-suelo y nitrógeno-suelo. El comportamiento de la concentración de $[K^+]$ en savia en tallo, es similar al comportamiento de la hoja, aunque para este particular se centra en un solo factor de tratamiento, que es el nitrógeno a dosis regular. Al respecto, los valores están asociados al fertilizante, con respuesta variable en el aumento al combinarse con suelo artificial. El comportamiento decreciente del día 35 al 42 está relacionado con la aparición de floración en la planta, observando la mayor aparición de plantas con flor a los 35 días después del trasplante. Estudios realizados demuestran el comportamiento de la demanda de potasio en la planta, observando que este cultivo responde a concentraciones medias (50 kg/ha), en forma contraria el rendimiento de albahaca tiende a ser bajo a concentraciones más altas (Yousuf, et al., 2014). El aporte de potasio para el cultivo de albahaca posiblemente fue resultado de una combinación entre el potasio encontrado en el suelo y el potasio promovido por acción de péptidos.

3.3.8 Promedio materia seca raíz, hojas y tallos al terminar la cosecha.

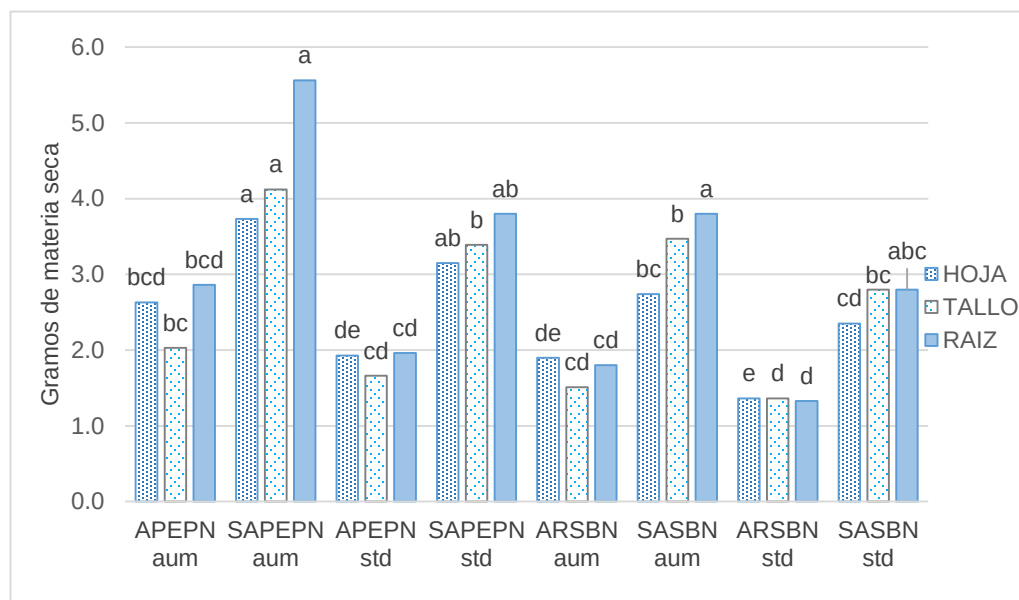


Figura 36. Peso promedio de biomasa seca en gramos para hoja-raíz-tallo, tomado al final del ciclo del cultivo de albahaca, tratados con bioestimulante y fertilizante nitrogenado a dosis estándar y aumentada. Mayagüez, Puerto Rico 2017. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > \alpha = 0.05$). Determinado con la diferencia mínima significativa de Tukey.

Se observaron diferencias significativas individuales para los tratamientos aplicados. En relación a la respuesta de factores en el experimento, estos fueron consistentes en cuanto al peso promedio de materia seca en hoja, tallo y raíz. El tratamiento que obtuvo mejor respuesta en acumulación de peso seco final, fue el de péptidos con N aumentado y suelos de la serie San Antón. En modo contrario, el tratamiento que acumuló menos materia seca para la planta es el que combina nitrógeno en dosis regular y suelo artificial. En general esta respuesta es comparable al comportamiento de los tratamientos en altura de la planta, donde el tratamiento de péptidos y dosis aumentada de nitrógeno y suelo San Antón ofrece mejor resultado (Larrinaga-Arce, 2014)-

Durante el experimento de cilantrillo pudo notarse que las variables de altura y materia seca de la planta poseían un comportamiento similar, ya que el mismo tratamiento tuvo efectos positivos de incremento. Este comportamiento se mostró consistente durante toda la etapa del desarrollo del cultivo.

4. CONCLUSIONES

Cilantro:

En el cultivo de cilantro, es preferible utilizar aquellos tratamientos que combinen péptidos y suelo San Antón. Al mismo tiempo, si se adiciona N a dosis aumentado la respuesta en la altura y cantidad de materia seca puede mejorar.

Para la medición de concentración de nitrato en savia en hojas y tallo, la planta requirió alcanzar concentraciones mayores de K^+ disponible en el medio, para hacerlo disponible a la planta. Al coincidir la floración con la disminución de K^+ en savia en hoja y tallo, debe proporcionarse al cultivo nutrición mineral requerida, para adecuados niveles de K^+ . Para la concentración de nitratos y K^+ en tallo de la planta, es común encontrar menciones en artículos científicos que hagan referencia a la medición de nitrato y K^+ en savia en hoja, pero no en tallo. Información respecto a la extracción de savia recomiendan utilizar la parte del peciolo la lámina, y raíz para determinar nitrato y potasio (Pino et al, 2012). La variedad de cilantro local 'Titán', no mostró el vigor esperado, esto limitó mayor respuesta en las variables de crecimiento y producción.

Albahaca:

En resumen, para este experimento se encontraron interacciones de los factores en forma individual y doble, en donde se observó efectos positivos para la producción del cultivo como el comportamiento del tratamiento de péptidos con nitrógeno aumentado en combinación con suelo San Antón, para obtener la mejor media de altura y en el promedio de materia seca en hoja, tallo y raíz. De forma consiste para lo anterior el tratamiento con mejor resultado fue el de péptidos con dosis aumentada de nitrógeno en combinación con suelo San Antón. Otras variables del desarrollo del cultivo se vieron afectadas significativamente por los tratamientos utilizados, en especial las concentraciones de nitrato y K en tallo. Esto debido a la coincidencia con la etapa de preparación a la floración (entre 28 y 35 ddt). Vale la pena destacar que para todas las variables estudiadas en este experimento hubo centralidad del factor fertilizante, seguido del tipo de suelo utilizado donde la serie San Antón se presentó con mayor frecuencia. En adición las recomendaciones agrícolas van encaminadas a tomar por opción aquellos tratamientos que generan un beneficio productivo para obtener planta más alta y con mayor peso en materia seca.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda para los tres experimentos un control adecuado de los factores abióticos en el invernadero, como un parámetro crítico que permitirá en las investigaciones posteriores, cultivos con mejores atributos comerciales. De esta forma puede evitarse la lixiviación de nutrientes del medio, cuando se aplica el riego por aspersión (experimento 2).

Para el experimento de pimientos se recomienda realizar un aminograma para conocer el tipo de respuesta que los péptidos generan en los frutos extra grandes en relación a la densidad registrada en fruto. Además, respecto al color de los frutos se debe considerar la posibilidad de un estudio cromatográfico para confirmar la identidad de los compuestos de antocianinas respecto a su aparición en la maduración del fruto.

En el caso de tratamientos con péptidos, aquellos resultados que mostraron efectos significativos en las etapas de desarrollo del cultivo, puede estar asociado a las prácticas de manejo del mismo, por lo que, se recomienda hacer un énfasis en los mejores atributos del bioestimulante a utilizar y sus dosis de aplicación para próximos estudios.

Para producción en invernadero se debe considerar el tipo de suelo a utilizar, en los experimentos mencionados, donde se pueda hacer uso efectivo del recurso suelo envasado en tiestos. Y para suelos como la serie San Antón del valle de Lajas, el sistema de invernadero puede ser aplicado en forma de túneles en campo o bien tomar la opción de trabajo utilizada para los experimentos de cilantrillo. En el cultivo de albahaca, con interés de obtener mejor concentración de nitrato y K^+ en savia en hoja y tallo, es recomendable combinar el tratamiento de péptidos y nitrógeno a dosis aumentada, en combinación con suelo artificial.

8. APENDICES

Apendice 1. Análisis químico de suelo, cultivo pimiento morrón 'Purple Beauty'. (Experimento 1).

Tipos de suelo	PH	C. E. μS/cm	M.O.	Fosforo- Olsen	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	CICE	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ⁴⁺	Zn ²⁺
			%MO	mg/kg								meq/kg	mg/kg			
Suelo artificial previo a la siembra de pimiento	7.55	664	4.79	19	5510	668	157	198	8.4	241.7	0.04	34	7	19	198	12
Nitrógeno dosis regular	7.84	883	4.95	18	5072	682	8	410	8.2	203	0.51	33	4	16	6	9
Nitrógeno dosis aumentada	7.82	1072	3.34	17	4755	654	57	430	9.7	366	0.32	31	5	14	8	10
Extracto de algas dosis regular de nitrógeno	7.79	1147	4.41	15	5643	700	58	578	9.5	296.2	0.77	37	5	13	6	9
Extracto de algas a dosis aumentada de nitrógeno	7.77	1161	3.21	15	4948	685	124	633	9.4	145.6	1.42	34	5	13	7	9
Péptidos dosis regular de nitrógeno	8.03	720	4.75	16	5260	661	55	495	13.1	265.1	0.74	34	5	13	7	9
Péptidos a dosis aumentadas de nitrógeno	7.93	727	3.63	18	3526	649	132	474	6.4	175.5	0.61	25	5	14	7	9

Apéndice 2. Análisis químico de suelos, pimiento morrón 'Purple Beauty'. Valores expresados en Cmolc Kg-1

Tipos de suelo	Ca ²⁺	Mg ₂ ⁺	K ⁺	Na ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
	Cmolc/kg						
Suelo artificial previo a la siembra de pimiento	27.50	5.50	0.40	0.86	0.05	0.39	0.000087
Nitrógeno dosis regular	25.32	5.61	0.02	1.78	0.05	0.33	0.001109
Nitrógeno dosis aumentada	23.73	5.38	0.15	1.87	0.05	0.59	0.000696
Extracto de algas dosis regular de nitrógeno	28.17	5.76	0.15	2.51	0.05	0.48	0.001674
Extracto de algas a dosis aumentada de nitrógeno	24.70	5.64	0.32	2.75	0.05	0.23	0.003087
Péptidos dosis regular de nitrógeno	26.25	5.44	0.14	2.15	0.07	0.43	0.001609
Péptidos a dosis aumentadas de nitrógeno	17.60	5.34	0.34	2.06	0.04	0.28	0.001326

Apéndice 3. Análisis químico de suelo, cultivo cilantrillo. (Experimento 2).

Tipos de suelo	PH	C. E. μS/cm	M.O.	FosforoOl sen	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	CICE	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ⁴⁺	Zn ²⁺
			%MO	mg/kg								meq/kg	mg/kg			
Suelo tipo artificial previo a siembra de albahaca y cilantrillo	7.97	785	9.89	17	5556	695	79	247	6.7	160	0.05	35	6	16	21	11
Suelo San Antón previo a siembra de albahaca y cilantrillo	6.9	356	2.8	21	6314	1613	138	97	3.1	162.2	0.03	46	17	33	102	4
Suelo San Antón y dosis aumentada de nitrógeno albahaca	6.81	287	2.5	18	6206	1481	112	176	1.5	82	0.04	44	12	33	31	3
Suelo artificial y dosis regular de nitrógeno albahaca	8.29	270	3.82	15	4622	587	49	144	10.5	68.2	1.42	29	4	16	6	9
Suelo artificial y péptidos + dosis regular de nitrógeno albahaca	8.21	239	3.93	14	4669	644	49	109	13.4	92.9	0.69	29	3	16	5	9
Suelo artificial y péptidos + dosis aumentada de nitrógeno albahaca	8.13	388	3.51	15	4828	621	47	146	13.8	91.1	0.12	30	3	15	5	9
Suelo artificial y nitrógeno en dosis aumentada albahaca	8.33	270	4.04	14	5074	647	45	129	20.4	120.6	0.14	31	2	15	3	9
Suelo San Antón y dosis regular de nitrógeno albahaca	6.97	290	3.06	19	4458	1452	125	145	4.3	112	0.13	35	12	36	21	3
Suelo San Antón y péptidos + dosis regular de nitrógeno albahaca	6.87	283	3.32	18	6237	1594	98	154	3.8	99.4	0.12	45	11	34	25	3
Suelo San Antón y péptidos + dosis aumentada de nitrógeno albahaca	6.75	300	2.72	18	6059	1632	102	190	3.2	118.1	0.13	45	13	49	28	3

Apéndice 4. Análisis químico de suelos, cultivo cilantrillo. Valores expresados en Cmolc Kg-1 (Experimento 2).

Tipos de suelo	Ca ²⁺	Mg ₂ ⁺	K ⁺	Na ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
	Cmolc/kg						
Suelo tipo artificial previo a siembra de albahaca y cilantrillo	27.73	5.72	0.20	1.07	0.04	0.26	0.000109
Suelo San Antón previo a siembra de albahaca y cilantrillo	31.51	13.28	0.35	0.42	0.02	0.26	0.000065
Suelo San Antón y dosis aumentada de nitrógeno albahaca	30.98	12.19	0.29	0.77	0.01	0.13	0.000087
Suelo artificial y dosis regular de nitrógeno albahaca	23.07	4.83	0.13	0.63	0.06	0.11	0.003087
Suelo artificial y péptidos + dosis regular de nitrógeno albahaca	23.30	5.30	0.13	0.47	0.07	0.15	0.001500
Suelo artificial y péptidos + dosis aumentada de nitrógeno albahaca	24.10	5.11	0.12	0.63	0.08	0.15	0.000261
Suelo artificial y nitrógeno en dosis aumentada albahaca	25.33	5.33	0.12	0.56	0.11	0.19	0.000304
Suelo San Antón y dosis regular de nitrógeno albahaca	22.25	11.95	0.32	0.63	0.02	0.18	0.000283
Suelo San Antón y péptidos + dosis regular de nitrógeno albahaca	31.13	13.12	0.25	0.67	0.02	0.16	0.000261
Suelo San Antón y péptidos + dosis aumentada de nitrógeno albahaca	30.24	13.43	0.26	0.83	0.02	0.19	0.000283

Apéndice 5. Análisis químico de suelo, cultivo albahaca. (Experimento 2).

Tipos de suelo	PH	C. E. μS/cm	M.O.	Fosforo- Olsen	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	CICE	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ⁴⁺	Zn ²⁺
			%MO	mg/kg								meq/kg	mg/kg			
Suelo tipo artificial previo a siembra de albahaca y cilantro	7.97	785	9.89	17	5556	695	79	247	6.7	160	0.05	35	6	16	21	11
Suelo San Antón previo a siembra de albahaca y cilantro	6.9	356	2.8	21	6314	1613	138	97	3.1	162.2	0.03	46	17	33	102	4
SUELO artificial + N-estándar Cilantrillo	7.81	763	3.75	17	5372	745	109	168	11.7	355	0.44	34	3	14	4	8
SUELO artificial (PEP + N-std) Cilantrillo	7.92	698	4.1	18	3613	796	121	187	7.7	383	0.35	26	2	14	5	9
SUELO artificial (PEP + N-aum) Cilantrillo	7.9	610	3.92	18	3432	719	133	151	7.6	372.9	0.01	24	2	15	5	9
SUELO artificial (N-aumen) Cilantrillo	8.02	482	3.69	15	5069	1635	108	133	13	300.7	0.43	40	2	37	5	4
SUELO Sn Antón (N-std) Cilantrillo	6.92	346	2.63	20	6037	1529	100	104	7.6	55.4	0.01	44	14	36	112	3
SUELO Sn Antón (PEP + N-std) Cilantrillo	6.81	324	2.53	20	6049	1651	111	155	7.3	90.2	0.09	45	13	38	40	3
SUELO Sn Antón (PEP + N-aumen) Cilantrillo	6.81	303	2.4	21	6197	1594	99	174	4.3	100.2	0.12	45	11	35	43	5
SUELO Sn Antón (N- aum) Cilantrillo	6.8	338	2.36	21	6038	663	88	181	5.3	80.2	0.1	37	15	15	82	8

Apéndice 6. Análisis químico de suelos, cultivo albahaca; valores expresados en Cmolc Kg-1 (Experimento 2).

Tipos de suelo	Ca ²⁺	Mg ₂ ⁺	K ⁺	Na ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
	Cmolc/kg						
Suelo tipo artificial previo a siembra de albahaca y cilantro	27.73	5.72	0.20	1.07	0.04	0.26	0.000109
Suelo San Antón previo a siembra de albahaca y cilantro	31.51	13.28	0.35	0.42	0.02	0.26	0.000065
SUELO artificial + N-estándar Cilantrillo	26.81	6.13	0.28	0.73	0.07	0.57	0.000957
SUELO artificial (PEP + N-std) Cilantrillo	18.03	6.55	0.31	0.81	0.04	0.62	0.000761
SUELO artificial (PEP + N-aum) Cilantrillo	17.13	5.92	0.34	0.66	0.04	0.60	0.000022
SUELO artificial (N-aumen) Cilantrillo	25.30	13.46	0.28	0.58	0.07	0.49	0.000935
SUELO Sn Antón (N-std) Cilantrillo	30.13	12.58	0.26	0.45	0.04	0.09	0.000022
SUELO Sn Antón (PEP + N-std) Cilantrillo	30.19	13.59	0.28	0.67	0.04	0.15	0.000196
SUELO Sn Antón (PEP + N-aumen) Cilantrillo	30.93	13.12	0.25	0.76	0.02	0.16	0.000261
SUELO Sn Antón (N- aum) Cilantrillo	30.14	5.46	0.23	0.79	0.03	0.13	0.000217

Apéndice 7. Análisis textural de muestras de suelos para los experimentos 1 y 2.

Suelo	Arena	Arcilla	Limo
	%		
Suelo artificial previo a la siembra de pimiento	47	23	30
Suelo tipo artificial previo a siembra de albahaca y cilantrillo	50	24	26
Suelo serie San Antón previo a siembra de albahaca y cilantrillo	24	43	33

Apéndice 8. Stimplex® etiqueta bioestimulante de cultivo (extracto de algas marinas)².



Stimplex®
CROP BIOSTIMULANT

EPA EST. NO.: 67016-CAN-002

Active Ingredient	
Cytokinin (as Kinetin)*	0.01%
Other Ingredients	99.99%
TOTAL	100.00%

*100 ppm of Kinetin activity

EPA REG. NO.: 75287-3

KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN
CAUTION

PRECAUTIONARY STATEMENTS

Hazards to Humans and Domestic Animals

Harmful if inhaled or absorbed through the skin. Causes moderate eye irritation. Avoid contact with skin, eyes or clothing. Wash thoroughly with soap and water after handling and before eating, drinking, chewing gum or using tobacco. Remove and wash contaminated clothing before reuse.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE)

Applicators and other handlers must wear: long-sleeved shirt and long pants, waterproof gloves; shoes plus socks. Follow manufacturer's instructions for cleaning and maintaining PPE. If no such instructions for washables, use detergents and hot water. Keep and wash PPE separately from other laundry.

User Safety Recommendations: User should wash hands before eating, drinking, chewing gum, using tobacco or using the toilet. Users should remove PPE immediately after handling this product. Wash the outside of gloves before removing. As soon as possible, wash thoroughly and change into clean clothing.

FIRST AID

IF ON SKIN OR CLOTHING:

- Take off contaminated clothing.
- Rinse skin immediately with plenty of water for 15-20 minutes.
- Call a Poison Control Center or doctor for treatment advice.

IF IN EYES:

- Hold eye open and rinse slowly and gently with water for 15-20 minutes.
- Remove contact lenses, if present, after the first 5 minutes then continue rinsing eye.
- Call a Poison Control Center or doctor for treatment advice.

Have the product container label with you when calling a Poison Control Center or doctor or going for treatment.

For emergency information on product, use, etc., call the National Pesticides Information Center at 1-800-858-7378, 6:30 AM to 4:30 PM Pacific time (PT), seven days a week. During other times, call the Poison Control Center at 1-800-222-1222.

ENVIRONMENTAL HAZARDS

For terrestrial uses: Do not apply directly to water, or to areas where surface water is present or to intertidal areas below the mean high water mark. Do not contaminate water when disposing of equipment washwater or rinsate.

NET CONTENTS:
2.5 U.S. Gal.

Manufactured by:



**Acadian
Seaplants**

Acadian Seaplants Limited
30 Brown Avenue
Dartmouth, Nova Scotia
Canada, B3B 1X3
Tel.: 1 800 575 9100
www.acadianseaplants.com

PRODUCT OF CANADA 

S2108a_0515

² El uso de esa formulación en particular, no implica un endoso de la estudiante, el Comité y la Universidad, a este fabricante o esta formulación utilizada en el estudio.

9. LITERATURA CITADA

Blunden, G., T. Jenkins, y Liu. L. W. (1997). Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract, *Journal of Applied Phycology* 8:535-543.

Becerra, A. T., y Bravo, X. L. (2010). La agricultura intensiva del poniente almeriense Diagnóstico e instrumentos de gestión ambiental. *Revista Electrónica de Medio Ambiente*, N°8, 18-40. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/download/MARE1010120018A/15042>. Consultado marzo 2018

Bosland, P.W., y Votava E. J. (2012). *Peppers Vegetable and Spice Capsicums* (2nd Edition ed.). (J. Atherton, Ed) CABI. Miami, USA. Pp. 169-172

Cambri, D., L. Filippini, F. Apone, G. Arciello, G. Colucci, & D. Portoso. 2008. Effect of AMINOPLANT on expression of selected genes in *Arabidopsis thaliana* L. plants. In H. Gawronska (Ed.), *Biostimulators in modern Agriculture* (pp. 77-82). Warsaw, Poland.

Cantlife, D. J., Webb, J. E. VanSickle, J. J., y Shaw N.L. (2008). Increased net profits results from greenhouse-grown colored pepper compared to field production in Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* Vol. 121, p.194-200.

Colla G., Cardarelli M., Bonini P., and Rouphael Y. (2017). Foliar Applications of Protein Hydrolysate, Plant and Seaweed Extracts Increase Yield but Differentially Modulate Fruit Quality of Greenhouse Tomato. *HortScience* Vol. 52 p.1214-1220; doi:10.21273/HORTSCI12200-17. Disponible en: <http://hortsci.ashspublications.org/content/52/9/1214.short>. Consultado en marzo 2018

Cruz-Carballo, P. E. 2016. Effects of biostimulants and fertilization methods on potted 'Chocolate Beauty' bell peppers grown in a protected structure. Tesis de Maestría en Ciencias en el programa de Agronomía, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. 295 páginas.

Battacharyya D., Zamani M., Rathor P., y Prithiviraj B. (2015). Seaweed extracts as bioestimulante in horticulture. *Scientia Horticulturae*, Vol 196, p. 39-48. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381530176X?via%3Dihub>. Consultado marzo 2018.

Berríos-Ugarte M., Arredondo C. y Tjalling H. (2007). Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad: pimiento. Disponible en: <http://www.sqm.com>. Consultado febrero 2018.

Díaz-Valencia M. (2015). Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el cultivo de Espinaca (*spinacea oleracea* l), en la Zona de Izamba, provincia de Tungurahua". Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias Agropecuarias. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/748>. Consultado en abril 2018.

Espinosa-Torres, L. 2010. Cultivo en Invernadero, Postcosecha y Mercadeo del chile Manzano (*Capsicum pubescens*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 7, N°2, Pp. 325-335
<https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISDCH2010062505123374.pdf>. Consultado en julio 2017.

FAO (Food and Agricultura Organization of United Nations). FAOSTAT (2018). Datos sobre alimentación y agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>. Consultado en: enero 2018.

García-García, M., y E. Palou- García. (2008). Mecanismos de acción antimicrobiana de timol y carvacol sobre microorganismos de interés en alimentos. Universidad de Las Américas-Puebla, México. Tema selecto de Ingeniería de Alimentos. Vol. 2-2. Pp. 41-51 [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-2/TSIA-2\(2\)-Garc%C3%ADa-Garcia-et-al-2008a.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-2/TSIA-2(2)-Garc%C3%ADa-Garcia-et-al-2008a.pdf). Consultado en julio 2017.

Grabowska, A., E. Kunicki, A. Sekara, A. Kalisz, & R. Wojciechowska. 2013. The effect of cultivar and biostimulant treatment on the carrot yield and its quality. Vegetable Crops Research Bulletin Vol. 77. Pp. 37-48 en Agricultural University in Krakow, Krakow, Poland. <https://content.sciendo.com/view/journals/vcrb/77/1/article-p37.xml>. Consultado en julio 2017.

González-García J. L., Rodríguez- Mendoza M., Sánchez P. y Gaytán-Acuña E. (2009). Ammonium/nitrate ratio in the production of aromatic herbs in hydroponics. Agricultura Técnica en México Vol. 35, No.1 p. 5-11. Disponible en: <http://scielo.unam.mx/pdf/agritm/v35n1/v35n1a1.pdf>. Consultado en abril 2018.

Gordón R., y Barrera F. (2013). Manejo de la fertilización suplementaria y efecto de dos mejoradores de suelo en maíz. Revista de Ciencia Agropecuaria, Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero CIAA. N° 21, p. 1-24 Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Roman_Gordon/publication/270510264_MANEJO_DE_LA_FERTILIZACION_SUPLEMENTARIA_Y_EFECTO_DE_DOS_MEJORADORES_DE_SUELO_EN_MAIZ/links/54ac486f0cf2479c2ee7ac4b/MANEJO-DE-LA-FERTILIZACION-SUPLEMENTARIA-Y-EFECTO-DE-DOS-MEJORADORES-DE-SUELO-EN-MAIZ.pdf. Consultado en marzo 2018.

International Trade Center, Marketing Manual and Web Directory for Organic Spices culinary herbs and essential oils. (2006). Disponible en: http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Sectors/Fair_trade_and_environmental_exports/Biodiversity/Marketing_Manual_for_Organic_Spices_Culinary_Herbs_Essential_Oils.pdf. Consultado en julio 2017.

Jovicich, E., Cantliffe D. J., Stoffella P. J. y Haman D. Z. (2007). Bell pepper fruit as influenced by solar radiation-based irrigation container media in a passively ventilated greenhouse. HortScience No. 42 Pp. 642-652.

Jovicich, E., VanSickle J. J., Cantliffe D. J. y Stoffella J. P. (2005). Greenhouse-grown Colored Peppers: A Profitable Alternative for Vegetable Production in Florida. HortTechnology No. 15 Pp. 355-369

Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M., Rayorath P., Hodges D.M., Critchley A.T: Craigie J. S., Norrie J. y Prithiviraj B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation Vol. 28 p. 386. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>. Consultado marzo 2018.

Kauffman, G., Kneivel D., y Watschke.T. (2007). Effects of a Biostimulant on the Heat Tolerance Associated with Photosynthetic Capacity, Membrane Thermostability, and Polyphenol Production of Perennial Ryegrass. Crop Science. Vol. 47 N° 1, p. 261-267. Disponible en: doi:10.2135/cropsci2006.03.0171 <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/pdfs/47/1/261>. Consultado marzo 2018

Koleška V., Hasanagić D., Todorovića V., Murtić S., Klokić I., Parađiković N., y Kukavica B. (2017). Biostimulant prevents yield loss and reduces oxidative damage in tomato plants grown on reduced NPK nutrition. Journal of Plant Interactions. Vol. 12,

No.1, pp. 209-218. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1319503>. Consultado en abril 2018.

Kumar, M. y Verma, V. (2009). Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) Production in low cost naturally-ventilated polyhouses during winters in the mid hills of india. Acta Hort. 807, 389-394 Disponible en: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.807.55>. Consultado en enero 2018.

La Torre A., Battaglia V. y Caradonia F. (2015). An overview of the current plant bioestimulant legislations in different European Member States. Journal Science of Food and Agriculture. Disponible en <https://doi.org/10.1002/jsfa.7358>. Consultado en abril 2018.

Larrinaga-Arce, J. (2014). Evaluación de la respuesta de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cv. Nuffar al estrés salino en dos cultivos hidropónicos orgánicos. Tesis digitales CIBNOR. Disponible en: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/436>. Consultado en marzo 2018.

Liu Y. (2016). Anthocyanin regulation in bell pepper fruit. Thesis Wageningen University. Netherlands. Disponible en: <http://edepot.wur.nl/426186>. Consultado en abril 2018.

López, B. J., Méndez, M., Pliego- Marín, L., Aragón-Robles, E., y Robles–Martínez, M. L. (2013). Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile “onza” (*Capsicum annuum*) en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 6 Pp. 1140-1146.

López-Santos J. (2006). Uso del aminoácido miyamino T en la producción de plántula de chile pimienta morrón. Tesis de grado. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4762/T15845%20%20LOPEZ%20SANTOS,%20JOSE%20ALBERTO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>. Consultado en abril 2018

Macías-Rodríguez, H., Muñoz-Villalobos, J. A., Velásquez-Valle, M. A., Valenzuela-Núñez, L., Sánchez-Cohen, I, y Inzunza-Ibarra, M. A. (2009). Evaluación de almácigos para la producción de plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) en la región de Nazas, Durango. Revista de Investigación Científica AGROFAZ Vol. 9 No.3 Pp. 23-31

Maini P. (2006). The experience of the first biostimulan, based on aminoacids and peptide a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. *Fertilitas Agrorum* Vol. 1 No.1, p. 29-43

Marrero-Marrero, L. D. (2016). Evaluación de bioestimulantes aplicados al suelo en banano 'Grand Naine' (*Musa AAA*) y plátano 'Maiden' (*Musa AAB*) en un suelo Ultisol en Puerto Rico. Tesis de Maestría en Ciencias en el programa de Horticultura, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. 153 páginas.

Maturano M. (2002). Estudio del uso del agua y del nitrógeno dentro del marco de una agricultura sostenible en las regiones maiceras Castellano-Manchega y Argentina. Tesis doctoral. Universidad de Castilla de la Mancha; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/\\$FILE/Agua%20y%20N%20en%20maiz%20Tesis%20M.%20Maturano.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/$FILE/Agua%20y%20N%20en%20maiz%20Tesis%20M.%20Maturano.pdf). Consultado marzo 2018.

Méndez-Sánchez A. (2013). Efectividad de Aminoácidos en la Producción y Postcosecha de Calabacita Zucchini Bajo Condiciones de Estrés Hídrico. Tesis de grado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5854/T19822%20MENDEZ%20SANCHEZ.%20AUGUSTO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>. Consultado en abril 2018.

Morales I., y Garnica M. (2011). Estudio de la fisiología de la competencia en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá. Tesis de grado. Disponible en: <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/handle/11158/149>. Consultado en abril 2018.

Morales-Payan, J.P. (2015). Influence of foliar sprays of an amino acid formulation on fruit yield of 'Edward' mango. *Acta Horticultura*. No. 1075, Pp. 157-159. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1075.17 Disponible en: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1075.17>. Consultado en marzo 2018.

Morales-Payan, J.P. y Candelas, C.D. (2014). Increasing organic avocado fruit yield using a *Ascophyllum nodosum* biostimulant and fertilization. *Acta horticultural*. No. 1042, Pp. 121-124. DOI: 10.17660/actahortic.2014.1042.15 Disponible en: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1042.15> Consultado en abril 2018.

Nardi S., Pizzeghello D., Schiavon M., y Ertani A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic

substances in plant metabolism. Journal Scientia Agriacoa Vol. 73. No.1 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>. Consultado abril 2018.

Novoa R., y Loomis R. (1981). Modelo dinámico del metabolismo del nitrógeno en plantas superiores, descripción del modelo. Agricultura Técnica de Chile, Vol. 41 (1), p. 41-48. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR10932.pdf>. Consultado en abril 2018.

Olalde V., Escalante J., Sánchez P., Tijerina L., Mastache A. y Carreño E. (2000). Effect of nitrogen application and population density on sunflower growth and biomass distribution in hot climates. Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo. Vol. 18, N° 4, p 313-323 Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/573/57318405/>. Consultado en abril 2018.

Parađiković, N., Vinković, T., Vinković Vrček, I., Žuntar, I., Bojić, M. y Medić-Šarić, M. (2011). Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. J. Sci. Food Agric., 91: 2146-2152. doi:[10.1002/jsfa.4431](https://doi.org/10.1002/jsfa.4431). Consultado abril 2018.

Peaceful Valley. (2017). Información sobre pimiento exótico 'Purple Beauty'. Disponible en: <https://www.groworganic.com/ltd-pvfs-pepper-sweet-purple-beauty.html>. Consultado en octubre 12 2016.

Pino P., Callejas R., Razeto B., y Reginato G. (2012). Análisis químico del extracto peciolar para evaluar el estado nutricional en la vid. Pesquisa Agropecuaria, Vol. 47, No. 1. P. 111-117. Disponible en: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/10452>. Consultado en febrero 2018

Ramana-Rao, T.V., Neeta, B. G., y K. S. Khilana. (2011). Effect postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) Journal, Scientia Horticulturae Vol. 132 Pp. 18-26.

Ríos J. (2011). Respuesta del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) al uso de fertilizantes inorgánicos y organominerales. Tesis de grado Ingeniería Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5070/T18553%2>

0SANTIAGO%20RIOS,%20JESUS%20TESIS.pdf?sequence=1. Consultado en abril 2018.

Rojas, M., Sánchez, Y., Abreu, Y., Espinoza, I., Correa, T., y O. Pin. (2012). Caracterización química y actividad antibacteriana de aceites esenciales de (*Ocimum basilicum* L.) y (*Ocimum basilicum*) variedad Genovese L. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v27n2/rpv10212.pdf>. Consultado en agosto 2017

Sadanandan, A., Peter K., y Hamza S. (2002). Role of Potassium Nutrition in Improving Yield and Quality of Spice Crops in India. Indian Institute of Spices Research, Calicut-673012. India Kerala Agricultural University, Vellanikara, Thrissur, Kerala. Disponible en: <https://ipipotash.org>. Consultado en marzo 2018.

Spinelli F., Fiori G., Noferini M., Sprocatti M., y Costa G. (2015). Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, Vol. 84:6, p. 131-137, DOI: [10.1080/14620316.2009.11512610](https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512610). Consultado en marzo 2018.

Vélez-Marcillo J. E. (2015). Efectos de bioestimulantes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de grado Ingeniería Agronómica. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8491>. Consultado en marzo 2018.

Villota-Pérez J.D. (2014). Comportamiento agronómico de dos híbridos de pimiento *Capsicum annuum* L. con tres niveles de nitrógeno. Tesis de grado Ingeniería Agronómica. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Recuperado a partir de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6533>. Consultado en marzo 2018.

Yousuf M., Brahma S., Kamal M., Akter A. y Chowdhury E. (2014). Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, and sulphur on the growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal Agril. Res. Vol. 39(2): Pp.303-309. Disponible en: <https://www.banglajol.info/index.php/BJAR/article/download/20433/14136>. Consultado en: marzo 2018.