EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTES EN LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FRUTAS, Y PRESENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN PULASÁN (*Nephelium ramboutan-ake*) EN LA ZONA MONTAÑOSA DE MAYAGŰEZ, PUERTO RICO

por

Zuleyka Rodríguez Pagán

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

2017

Aprobada por:

_____ _____

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

_____ _____

Ricardo Goenaga, Ph.D. Fecha
Miembro del Comité Graduado

_____ _____

Alejandro Segarra Carmona, Ph.D. Fecha
Miembro del Comité Graduado

_____ _____

Teodoro Ruíz López, Ph.D. Fecha
Representante de la Oficina de Estudios Graduados

_____ _____

Elvin Román Paoli, Ph.D. Fecha
Director, Departamento de Ciencias Agroambientales

ABSTRACT

The market for exotic fruits has been increasing in the 21st century, with fruits belonging to the Sapindaceae family receiving special attention. A fruit crop in that family, the pulasan (*Nephelium ramboutan-ake*), represents an option in Puerto Rico for growers looking for alternatives or additions to mountain crops like coffee (*Coffea* spp.) and citrus (*Citrus* spp.). In 2015, the farm gate price of pulasan fruits in Puerto Rico was $6.60/kg, and organic pulasan reached even higher prices, making it an attractive new crop. Fruit sales depend on the number and weight of the fruits. Biostimulants have been used to increase yield in various fruit crops, but there is very limited information on their use in pulasan. In this research we studied the effect of selected biostimulants applied at the time of fruit formation (2014) or during bloom (2015) on fruit yield and quality of pulasan. Also, the presence of pests and diseases in this crop was assessed. For this purpose, a field experiment was established in a commercial farm in the mountainous region of Mayagüez, Puerto Rico. A completely randomized design was used. The treatments were foliar applications of commercially available formulations of an extract of seaweed (AN), an extract of Fabaceae and Caryophyllaceae plants (ECF), free amino acids plus potassium (MAA), and the control group without biostimulants. In 2014, pulasan trees were sprayed with the treatments during fruit growth. MAA increased the fruit weight harvested by 20 kg/tree, while MAA and ECF increased the marketable fruit weight by about 16 kg/tree and 11 kg/tree, respectively. When trees were treated with biostimulants, fruit diameter was 4-5 mm greater than in the control, and fruits from AN-treated trees were longer than control fruits. Also, biostimulants increased whole fruit, pericarp and pulp weight. In 2015, the trees were sprayed at bloom, resulting in fruit diameter increasing by 5 mm in diameter with all the biostimulants as compared to control trees, and fruit length increased in trees treated with AN. The concentration of soluble solids (°Brix) in the fruit juice increased significantly when AN or MAA were used. Applying biostimulants at bloom did not increase fruit yield. The organisms *Coccus viridis*, *Aschersonia* sp. and *Lasiodiplodia theobromae* were observed and documented for the first time in pulasan in Puerto Rico. The results of this research indicate that the main benefit from using biostimulants in pulasan was increased fruit size. Growers selling fruit by size at a premium price may increase their gains using biostimulants. In addition, quality attributes such as °Brix concentration may be manipulated with biostimulants.

RESUMEN

El mercado de las frutas exóticas ha ido en aumento durante el siglo 21 y las frutas pertenecientes a la familia Sapindaceae están recibiendo atención especial. El pulasán (*Nephelium ramboutan-ake*) representa una alternativa en Puerto Rico para quienes desean sembrar cultivos adicionales o alternativos en la zona montañosa del país en donde suelen sembrarse el café (*Coffea* spp.) y las cítricas (*Citrus* spp.). En el 2015, el precio en finca de las frutas de pulasán en Puerto Rico fue $6.60/kg, y las frutas orgánicas alcanzan precios aún más elevados. Las ventas de las frutas dependen de la cantidad de frutos y del peso de estos. En este estudio, se evaluó el efecto de bioestimulantes selectos, aplicados en la etapa de formación de fruto (2014) o en la floración (2015) en el rendimiento y calidad de la fruta. Se identificó la presencia de plagas y enfermedades post-cosecha en este cultivo. Con este propósito, se estableció un experimento de campo en una finca comercial ubicada en la región montañosa de Mayagüez, Puerto Rico. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. Los tratamientos evaluados fueron las formulaciones comercialmente disponibles de un extracto de algas marinas (AN), el extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae (ECF), una formulación de aminoácidos libres y potasio (MAA) y el grupo control. Los resultados del 2014, indican que MAA aumentó en promedio la cosecha total en 20kg/árbol. MAA y ECF aumentaron en 16.17 kg/árbol y 10.86 kg/árbol el peso de frutas mercadeables. Las frutas de árboles tratados con bioestimulantes aumentaron de 4-5 mm el diámetro de las frutas en comparación con el control. La longitud de las frutas tratadas con AN fue mayor que en el grupo control, mientras que el peso de la fruta intacta, pericarpio y pulpa aumentaron en frutas provenientes de árboles tratados con bioestimulantes. En el 2015, las frutas de árboles asperjados con AN tuvieron un aumento en diámetro de 5 mm en comparación con el control. La longitud de las frutas tratadas con AN también aumentó respecto al control. Los bioestimulantes AN y MAA aumentaron la concentración total de solidos solubles (°Brix) del jugo de las frutas. No hubo un aumento en la cosecha total y peso de frutas mercadeables al utilizar bioestimulantes. Además, se identificó la presencia de *Coccus viridis*, *Aschersonia* sp. y *Lasiodiplodia theobromae* en las frutas. Estos resultados indican que los (as) productores (as) que vendan la fruta por peso podrían beneficiarse del uso de bioestimulantes aplicados durante la época de formación de frutos. En cambio, el uso de bioestimulantes sería ventajoso si la fruta de mayor tamaño se vendiera a mayor precio. Igualmente, atributos de calidad como el °Brix pueden ser manejados con el uso de bioestimulantes, dependiendo la etapa del cultivo en que sean aplicados.

©Zuleyka Rodríguez-Pagán, 2017

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. J. Pablo Morales-Payán por haberme motivado para trabajar en este proyecto. Por su paciencia, persistencia, sobre todo, por el respeto con el que siempre se ha dirigido hacia mi persona y hacia todos y todas sus estudiantes. Por su tiempo y dedicación en todo el trayecto del proyecto, y por todas las oportunidades que me ha brindado para crecer en mi profesión. Gracias a Morales-Payán participé en SOPCA 2015, SIHT 2016 y fui becada por *Great Minds in STEM* para participar en la conferencia HENAAC 2016, en la cual obtuve el tercer premio en la competencia de carteles en la categoría de Estudiantes Graduados de Ciencias y Matemáticas. Además, pude conocer a la fundadora y CEO de Frieda's Inc. Trabajar con Morales-Payán ha sido una bendición ya que es un excelente profesional, y un gran ser humano. Gracias por ser mi mentor.

Al Dr. Ricardo Goenaga, a Delvis Pérez y demás personal de la Estación Experimental Federal de Agricultura Tropical (TARS, por sus siglas en inglés) por ayudarme en el control de malezas, en el análisis de las muestras, y en diferentes etapas del proyecto. Al Dr. Alejandro Segara, por el apoyo brindado para poder participar en la competencia de becas, por sus palabras motivadoras y por toda su colaboración. Al Dr. Goenaga y Dr. Segarra muchas gracias por ser parte de mi comité y permitirme aprender de tan excelentes profesionales.

A la Dra. Lydia Rivera y a la Profesora Wanda Almodóvar, por su colaboración en el área de fitopatología. Gracias a ambas por su disposición y por su tiempo.

A todo el personal de la finca *Panoramic Fruit*. A Ian Crown por autorizar a que se realizara la investigación en su finca, al agrónomo Robert Luciano y, sobre todo, a los trabajadores de la finca, en especial a José (Tin) por su disposición, inclusive los fines de semanas.

A USDA APHIS PPQ por haberme aceptado en el programa *Pathway*. A mis compañeros y compañeras de trabajo.

A mi familia y amistades. A mi madre (Magaly Pagán), padre (Edwin Rodríguez), y a mi hermano (Harol) por su colaboración en el mantenimiento del huerto y en la cosecha. A las demás personas que colaboraron en el mantenimiento: Francisca, Alex, Emanuel, Katie y Rolando. A Fabiola Trigo (estudiante sub-graduada) cuya colaboración fue esencial para la toma de datos.

A mis compañeros(as) de estudio: Yency Castillo, Marianela Conce y Américo Fermín por haber formado de esta travesía. A Damaris, Leonardo, Orlando, y Laura, por su compañerismo y amistad. A mi segunda familia: Adaris Acevedo y Ada Vázquez, gracias por su fe en mí; a Francisca Vidal y Alex Avilés gracias por su apoyo diario.

DEDICATORIA

Magaly Pagán-Galarza cosechando pulasán (*Nephelium ramboutan-ake*), Mayagüez Puerto Rico, 2015.

A mi madre, Magaly Pagán Galarza y a mi padre Edwin Rodríguez Mercado. ***Porque nunca me ha faltado el amor y el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.***

LISTA DE CONTENIDO

PÁGINAS

ABSTRACT 2
AGRADECIMIENTOS 5
DEDICATORIA 6
LISTA DE CONTENIDO 7
LISTA DE CUADROS 9
LISTA DE FIGURAS 10
INTRODUCCIÓN 11
Familia Sapindaceae y Géneros de Importancia Comercial 11
Importancia Mundial de las Frutas Sapindaceae Cultivadas 12
Continente Asiático 12
Continente Europeo 13
Continente Americano 14
El pulasán en Puerto Rico 18
Información general sobre el pulasán 20
Origen del pulasán. 20
Cultivares de pulasán 21
Botánica del pulasán 21
Ecología del pulasán 24
Cultivo del pulasán 25
Utilización del pulasán y cultivos similares 29
Bioestimulantes 30
Bioestimulantes estudiados 33
OBJETIVOS GENERALES 37
MATERIALES Y MÉTODOS 38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44
Efecto de bioestimulantes selectos aplicados durante la fase de formación de fruto en el crecimiento y calidad de fruta de pulasán, 2014. 44
Peso de cosecha total, peso de frutas mercadeables y de frutas no mercadeables 44
Distribución de la cosecha en el tiempo 45
Diámetro ecuatorial promedio de la fruta 47
Longitud vertical promedio de la fruta. 48

Peso promedio de la fruta intacta o completa 48
Peso promedio del pericarpio o cáscara 50
Peso promedio de la semilla 50
Peso de la pulpa o el arilo 51
Concentración total de solidos solubles (°Brix) en la pulpa 51
Resumen 2014: Bioestimulantes aplicados durante la fase de formación de fruto 52
Efecto de bioestimulantes selectos aplicados durante la fase de florecida en el crecimiento, calidad y retención de frutas de pulasán, 2015. 54
Aumento en diámetro de la fruta a través del tiempo 54
Número de frutos de pulasán retenidos a través del tiempo 57
Peso de cosecha total, peso de frutas mercadeables y de frutas no mercadeables 59
Distribución de la cosecha en el tiempo 60
Diámetro ecuatorial promedio de la fruta 64
Longitud vertical promedio de la fruta 64
Peso de la fruta intacta o completa 65
Peso del pericarpio o cáscara 66
Peso de la semilla 66
Peso de la pulpa o arilo 66
Concentración total de solidos solubles (°Brix) en la pulpa 67
Resumen 2015: Bioestimulantes aplicados durante la floración 69
Presencia de plagas y enfermedades en pulasán en una finca en las montañas de Mayagüez, Puerto Rico, 2015 y 2016 71
Presencia o ausencia del hongo *Aschersonia* sp. durante la cosecha, 2015 71
Presencia o ausencia de fumagina durante la cosecha, 2015 72
Evaluación de presencia y abundancia de *Coccus viridis*, 2016 72
Evaluación post-cosecha del hongo *Lasiodiplodia theobromae*, 2016. 74
Resumen 2015-2016: Presencia de plagas y enfermedades en pulasán 75
Comparación de resultados en los experimentos con bioestimulantes en 2014 y 2015 76
Consideraciones finales a partir de los resultados de 2014-2016. 79
REFERENCIAS 81

LISTA DE CUADROS

PÁGINAS

Cuadro 1. Localidad, cultivo, área plantada, valor estimado y producción de Sapindaceae en Estados Unidos (Crane *et al*., 2005). 17

Cuadro 2. Variedades comunes de litchi, longan, rambután y quenepa en huertos comerciales en Estados Unidos (Crane *et al*., 2005). 17

Cuadro 3. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el peso de la cosecha total, mercadeable y no mercadeable. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. * 45

Cuadro 4. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente durante la fase de formación de frutos en parámetros selectos de calidad en frutas comerciales de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. * 52

Cuadro 5. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el peso de la cosecha total, mercadeable y no mercadeable de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2015. * 60

Cuadro 6. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente durante la florecida, en parámetros selectos de calidad en frutas comerciales de pulasán Mayagüez, Puerto Rico, 2015. *..... 67

LISTA DE FIGURAS

PÁGINAS

Figura 1 . Fruta de pulasán con apariencia mercadeable (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán).... 23

Figura 2. Vista parcial del huerto de pulasán, finca Panoramic Fruit. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán)..... 38

Figura 3. Cosecha realizada en el experimento de bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2014 47

Figura 4. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el diámetro y longitud de frutas comerciales de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2014 49

Figura 5 . Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el diámetro de la fruta de pulasán a través del tiempo. Mayagüez, Puerto Rico, 2015 54

Figura 6. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en la retención de frutas de pulasán desde la floración hasta la cosecha. Mayagüez, Puerto Rico, 2015. 58

Figura 7. Cosecha por semana en el experimento de bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2015 61

Figura 8. Precipitación pluvial mensual para el 2014-2015 y fenología del cultivo de pulasán (*Nephelium ramboutan-ake*). Mayagüez, Puerto Rico, 2015 63

Figura 9. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el diámetro y longitud de frutas comerciales de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2015. 65

Figura 10. Forma de las conidias (derecha) y masa de filamento de *Aschersonia* sp. (izquierda) (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán)..... 71

Figura 11. Fruta de pulasán con escama verde (*Coccus viridis*) (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán). 73

Figura 12. Fruta de pulasán con aspecto momificado, 10 días después de la cosecha (izquierda; foto de José Pablo Morales-Payán). Conidias de *Lasiodiplodia theobromae* (derecha; foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán. 74

INTRODUCCIÓN

Familia Sapindaceae y Géneros de Importancia Comercial

La familia Sapindaceae está compuesta por aproximadamente 150 géneros y 2,000 especies de árboles, arbustos y algunas hierbas y se encuentran ampliamente distribuidas en los trópicos; en varios países hay producción comercial de algunas especies frutales dentro de la familia (Zee *et al*., 1998). Las plantas de esta familia pueden ser monoicas o dioicas, que se caracterizan por tener flores pequeñas, unisexuales en estructura o en función, casi siempre agrupadas en cimas y panículas. Las estructuras reproductivas de las plantas en el género *Nephelium*, varían en términos de la posición floral (axilar, terminal o pseudoterminal) (Ratna *et al*., 2016). Las flores generalmente tienen 4 ó 5 pétalos y sépalos, 4 a 10 estambres, usualmente con un disco nectario entre el estambre y los pétalos. El gineceo puede tener hasta 6 carpelos. En la mayoría de las especies las flores reciben polen por acción de aves o de insectos, y en algunas especies por acción del viento.

Las frutas son pulposas o secas, dependiendo de la especie, y pueden ser nueces, bayas, drupas, capsulas, o sámaras. Frecuentemente la semilla está recubierta por un arilo más o menos dulce, que hace la fruta atractiva para consumo humano (Singh, 2004; Watson y Dallwitz, 2007).

Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), longan (*Dimocarpus longan* Lour.) y rambután (*Nephelium lappaceum* Linn.) son los árboles frutales más cultivados dentro de la familia Sapindaceae (Tindall, 1994). El género *Nephelium* tiene 22 especies, de las cuales las dos especies de mayor importancia comercial son el rambután y el pulasán (*Nephelium ramboutan-ake* [Labill] Leenh, también clasificado anteriormente como *Litchi ramboutan-ake* Labill, y *N. mutabile* Blume) (Paull y Duarte, 2012).

Importancia Mundial de las Frutas Sapindaceae Cultivadas

Continente Asiático

El 80% de la siembra mundial de litchi se encuentra en la República Popular China (o China continental), que en el 2001 tenía 584,300 ha sembradas con una producción estimada de 1.37 millones de toneladas métricas (TM) (Huang y Huang, 2005). El 98% de la producción china de litchi es consumida localmente, mientras que cerca del 2% es vendido a Hong Kong, Singapur, Tailandia, Malasia, las Filipinas, Japón, Europa y Estados Unidos (Yi *et al*., 2002). Para satisfacer las necesidades de su mercado doméstico, China importa litchi cuando está fuera de temporada en las fincas locales (Huang y Huang, 2005); en el 2001 se estima que importó 7,177 TM de litchi fresco (Yi *et al.*, 2002).

En el 2001, la República de China (Taiwán) contaba con 11, 961 ha sembradas de litchi con una producción promedio de 108,668 TM. Taiwán suele exportar litchi a las Filipinas, Japón, Singapur, Estados Unidos y Canadá (Huang y Huang, 2005).

China continental también es el país con mayor área sembrada y cultivada de longan. En el año 2000 habían 465,600 ha sembradas con una producción de 608, 500 TM (Huang y Huang, 2005). Entre 1996 y 1997, Taiwán contaba con aproximadamente 12,000 ha de longan con una producción de entre 53,000 a 130,000 TM, con exportaciones de 1,368 TM por valor de $2.8 millones (Wong, 2000). Se estima que en el 2005 China contaba con 2,000 ha sembradas de rambután, con nueve variedades seleccionadas para la producción comercial, siendo las variedades ‘BR-4’ y ‘BR-7’ las más utilizadas (Huang *et al*., 2005).

El área sembrada de rambután a nivel mundial era de aproximadamente de 140,000 ha en el 2005 (Huang *et al*., 2005). Ese año la producción comercial mundial fue estimada en 1.8 millones de TM, de las cuales Tailandia y Malasia produjeron el 70% (Poerwanto, 2005).

El rambután es considerado un árbol nativo en Indonesia y representa el 3.5% de la producción total de frutas de ese país. En el 2001, el área total sembrada de rambután en Indonesia era 63,463 ha con una producción de 350,875 TM. En el 2001, Indonesia exportó 202,000 TM con un valor de $1.7 millones e importó 3,961 TM valorado en $4.4 millones. En Indonesia hay 22 variedades descritas de rambután, siendo las de mayor importancia económica 'Rapiah', 'Lebak Bulus', 'Binjai' y 'Garuda'. Indonesia exporta rambután a los Países Bajos, Taiwán, Singapur, Alemania, Francia, Filipinas y Emiratos Árabes (Lye *et. al*, 1987; Poerwanto, 2005).

En el 2001, en Tailandia se reportaron 100,160 ha sembradas con rambután. El valor total de las frutas frescas de rambután exportadas a Malasia, los Emiratos Árabes, Taiwán, Singapur, los Países Bajos, Francia, entre otros, fue de $49 millones. El 54% de las exportaciones de fruta fresca se destinaron a Malasia, mientras que el 45% de la fruta envasada [con piña (*Ananas comosus*)] se destinaron a China con un valor de $427 millones (Salakpetch, 2005).

El pulasán (*Nephelium ramboutan-ake*) es originario de Malasia y se cultiva comercialmente en el sureste de Asia, sobre todo en Tailandia y Malasia, pero no se encontraron estadísticas oficiales de sus siembras en Asia.

Continente Europeo

El Centro para la Promoción de Importaciones de Países en Desarrollo (CBI por sus siglas en inglés) del Ministerio de Relaciones Exteriores de Países Bajos, considera que las frutas tropicales exóticas tienen mercados de nicho en Europa (CBI, 2015). Entre los frutales exóticos en demanda se encuentran el tamarindo (*Tamarindus indica*), la parcha (*Passiflora edulis*), la

carambola (*Averrhoa carrambola*), pitahaya (*Hylocereus* sp. y *Selenicereus* sp.), el litchi (*Litchi chinensis*) y el rambután (*Nephelium lappaceum*). El CBI (2015) reportó que, en el 2014, se importaron a Europa aproximadamente 35 mil toneladas de frutas exóticas, y desde el 2012 esta tendencia ha ido en aumento. El valor de estas importaciones fue de $102.8 millones.

Los mayores importadores europeos de frutas exóticas tropicales son Bélgica, Francia, Alemania y los Países Bajos, los cuales en conjunto representan el 80% del total de las importaciones. El litchi y el rambután son importados desde China, Israel, República de Mauricio, México, Tailandia, África del Sur, Madagascar y Brasil. Entre estos, Madagascar es el mayor suplidor de litchi en el mercado europeo (de 11 mil a 21 mil toneladas anuales entre 2010 y 2014) y la mayor cantidad de este producto suele llegar a Europa en diciembre. El rambután se importa a Europa mayormente de Vietnam, Tailandia e Indonesia. Adicionalmente, se importan cantidades menores de algunos países como Honduras, México y Guatemala. El consumo total de frutas exóticas en Europa reportado en 2015 fue de alrededor de 36 mil toneladas, siendo Francia y Alemania los mayores consumidores (CBI, 2015).

Continente Americano

Según Campbell y Ledesma (2005) el rambután, el pulasán, el longan y el litchi son cultivados en pequeña escala en América Tropical, pero tienen gran potencial para la expansión como cultivos de nicho y alta rentabilidad, con mercado de exportación. Resaltan que Guatemala ha adaptado el rambután en las zonas de producción de café y cuenta con huertos de hasta 100 ha, mientras que los huertos en Honduras son desde 2 hasta 10 ha (Campbell y Ledesma, 2005).

México también ha adaptado el rambután a las zonas cafetaleras, reportando en el 2008 una producción de 865 toneladas de rambután con un valor total de $588, 633 (Caballero *et al.*, 2011).

La época de cosecha es de junio a octubre desde Chiapas, México hasta el sur de Costa Rica. En Costa Rica, también están estudiando la adaptabilidad, descripciones morfológicas y nutrición del rambután (Vargas, 2003).

La mayoría de las frutas de Sapindaceae producidas en América Central y México son consumidas localmente, pero existe un potencial de exportación hacia Europa, Canadá, Estados Unidos y Japón (Campbell y Ledesma, 2005). También concurre Frieda Caplan (1990), que mercadea frutas tropicales a los Estados Unidos desde 1962, asegurando que continuará habiendo mercado para las frutas inusuales en Estados Unidos siempre y cuando se mantengan ciertos parámetros de calidad. Vargas y Quesada (1996) coinciden con Caplan, indicando que en Europa y Norteamérica hay ventanas de mercado por la baja en la oferta de los países productores tradicionales entre agosto y noviembre, e indican que en esos meses hay gran oportunidad para de exportación para Costa Rica y lugares con condiciones símiles que cosechan en esa época del año.

Por otra parte, en Japón, en 1988 se reportó la producción de 5.6 millones de toneladas de frutas y la compra de 1.4 millones de toneladas de frutas de otros países (incluyendo 1,149 toneladas de litchi), habiendo una alta demanda cuando las frutas son de buena calidad. En Japón son muy apreciadas las frutas tropicales exóticas, siendo distinguidas de otros productos alimenticios (Kitagawa *et al*., 1990).

En los Estados Unidos la producción comercial de cultivos pertenecientes a la familia Sapindaceae está centrada en Florida, Hawaii, Puerto Rico y California. La recopilación referente a los datos de producción y área sembrada más reciente encontrada al momento de esta investigación, fue el reporte de Crane y colaboradores en el 2005, en el cual Florida tenía 486 ha de litchi y 405 ha de longan, Hawaii 123 ha de litchi, 36 ha de longan y 99 ha de rambután. Puerto

Rico, tenía para la misma época, 4 ha de rambután y 56 ha de quenepa (*Melicoccus bijugatus*), mientras que en California se reportaron 23 ha de litchi y longan (Crane *et al*., 2005) (Cuadro 1).

El valor económico de estas frutas en Estados Unidos es desconocido, debido a que no se mantienen registros de los cultivos agrícolas minoritarios (Crane *et al*., 2005). En Florida, se estimó la producción de longan en $8.9 millones y la de litchi en $10.4 millones (Degner *et al*., 2002). En Hawaii, se estimó que en 2002 el valor de la producción de longan, litchi y rambután fue de aproximadamente $1.1 millones (HASS, 2017). En Puerto Rico, el valor aproximado en finca del rambután y de la quenepa fue de $0.23 millones en 2005 (Crane *et al*., 2005) (Cuadro 1).

En Florida la variedad de litchi predominante es 'Mauritus' y la de longan es 'Kohala', mientras que en California 'Mauritus' y 'Brewster' son las variedades de litchi y 'Kohala' es la variedad de longan más sembrada. En Hawaii, 'Kaimana' y 'Boswort' son los cultivares más comunes de litchi, mientras que las variedades de longan que predominan son 'Biao Khiao' y 'Chomphu', siendo las variedades de rambután 'R3' y 'R9' las más sembradas (Crane *et al.*, 2005).

En Puerto Rico, las variedades de rambután y litchi están bajo investigación, sin embargo, la variedad de rambután 'R162' se ha identificado como adecuada para sembrar en varios ambientes, especialmente en suelos Ultisoles (Goenaga y Jenkins, 2011). Crane *et al.* (2005) indicaron que la variedad 'R167' era una de las más prometedoras. También, que las variedades de quenepas más sembradas en Puerto Rico, son la 'Sasa', la 'Ponce' y la 'José Pabón' (Crane *et al*., 2005) (Cuadro 2). Campbell y Ledesma (2005) indicaron que la variedad 'Rafia' de pulasán se encuentra en los huertos de colección de Florida y que hay varios clones en Hawaii. Existe poca documentación sobre las variedades de pulasán, área sembrada y producción comercial a nivel mundial. Crane et al. (2005) reportaron estimados de producción para sapindáceas cultivadas en

territorio de los Estados Unidos de América, que se resumen en el Cuadro 1. La información sobre variedades más sembradas de estos cultivos se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Localidad, cultivo, área plantada, valor estimado y producción de Sapindaceae en Estados Unidos (Crane *et al*., 2005).

Lugar	**Cultivo**	**Área sembrada (ha)**	**Valor estimado (millones de $)**	**Producción (toneladas métricas)**
Florida	Litchi	486	10.4	453
	Longan	405	8.9	362
Hawaii	Litchi	123	1.3	84
	Rambután	99	0.6	93
	Longan	36	0.1	17
Puerto Rico	Quenepa	56	0.2	Desconocido
	Rambután	4	Desconocido	Desconocido
California	Litchi/Longan	23	Desconocido	Desconocido

Cuadro 2. Variedades comunes de litchi, longan, rambután y quenepa en huertos comerciales en Estados Unidos (Crane *et al*., 2005).

Lugar	**Cultivo**	**Variedades más comunes en huertos comerciales organizados**
Florida	Litchi	‘Mauritius’, ‘Brewster’, ‘Hak Ip’, ‘Emperor’
	Longan	‘Kohala’, ‘Diamond River’, ‘Edaw’
Hawaii	Litchi	‘Kaimana’, ‘Bosworth’, ‘Tai So’, ‘Groff’
	Rambután	‘R3’, ‘R9’, ‘Binjai’, ‘R156’
	Longan	‘Biew Kiew’, ‘Chompoo’, ‘Egami’
Puerto Rico	Quenepa	‘Sasa’, ‘Ponce’, ‘José Pabón’
	Rambután	‘R167’
California	Litchi	‘Mauritius’, ‘Brewser’
	Longan	‘Kohala’

El pulasán en Puerto Rico

En el año fiscal 2014-2015 la industria de las frutas en Puerto Rico, tuvo un valor de $52 millones, siendo los cultivos de mayor importancia el mangó (*Mangifera indica*), la papaya (*Carica papaya*), las cítricas (*Citrus* sp.), la piña (*Ananas comosus*) y la sandía (*Citrulus lanatus*) (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2015). El mangó, la papaya, las cítricas, la piña y la sandía son considerados cultivos tradicionales en Puerto Rico, mientras que la quenepa y la pana (*Artocarpus altilis*), aunque ampliamente conocidos y consumidos, son considerados emergentes como cultivos organizados, debido a su demanda creciente (Morales-Payán, 2010).

Otras especies frutales de importancia emergente o potencial en Puerto Rico se encuentran en la familia Sapindaceae, siendo el rambután (*Nephelium lappaceum*) el de mayor importancia hasta el momento (Morales-Payán, 2010a). De igual forma, Campbell y Ledesma (2005) indican que el potencial de exportación de frutas tropicales no tradicionales está aumentando, y también se enfocan en los cultivos provenientes de la familia Sapindaceae. En Puerto Rico, Zamora (2015) indicó que en la última década se ha notado un incremento en el interés por los frutales exóticos y este interés ha resultado en un aumento en la siembra de estos cultivos (comunicación personal con José Zamora, Especialista Auxiliar en Frutales, Servicio de Extensión Agrícola, Mayagüez Puerto Rico). Una fruta exótica se define como aquella que no es nativa, sembrada a pequeña escala, es poco común y/o poco conocida por la población de un área particular.

Puerto Rico cuenta con un gran potencial para la producción de frutales exóticos, debido a sus condiciones climáticas la mayoría de estos cultivos son fácilmente adaptables y manejables para su comercialización. Entre las frutas que están siendo evaluadas para determinar su adaptabilidad se encuentra el rambután (Goenaga y Jenkins, 2011), el litchi (Rossman *et al*., 2010) y el longan (Goenaga, 2013). Hasta donde sabemos, el pulasán fue plantado por primera vez en

1926 en Puerto Rico en la Estación de Introducción de Plantas de Trujillo Alto (Morton, 1987). La fruta de pulasán, es muy parecida a la de rambután, aunque la fruta de pulasán tiende a ser más grande y más dulce que el rambután (Rivero y Brunner, 2007), pero la fruta de pulasán sigue siendo muy poco conocida en Puerto Rico y en ocasiones confundida con el rambután.

En Puerto Rico no existe todavía un registro oficial del número de productores(as) comerciales de pulasán. Sin embargo, Zamora estima que hay aproximadamente 2 ha organizadas de este cultivo ubicadas entre los pueblos de Maricao y Las Marías en las montañas del oeste de Puerto Rico, además de 16 ha de rambután distribuidas en la isla y cerca de una ha de litchi en Adjuntas, una región alta montañosa en la zona central de la isla de Puerto Rico.

La finca *Panoramic Fruit*, ubicada en la parte montañosa hacia el este en el municipio de Mayagüez cuenta con aproximadamente 2 ha de pulasán, establecido hace 10 años, con plantas injertas importadas de Malasia, con distanciamiento entre árboles de 6 m x 6 m. Los árboles adultos producen en promedio aproximadamente 23 kg de frutas anualmente. Adicionalmente, la finca *Panoramic Fruit* cuenta con aproximadamente 12 ha de rambután, siendo la producción promedio de un árbol adulto de 45 kg anuales. Ésta finca es la única hasta el momento en donde el pulasán es cultivado de forma comercial en Puerto Rico. El agricultor Juan Miranda del municipio de Las Marías, indicó en comunicación personal que en el 2014 sembró 0.19 ha de pulasán y 1.57 ha de rambután, y que espera aumentar el área sembrada de ambos cultivos en los próximos años.

La fruta de pulasán es por lo general más grande y más dulce que la de rambután y puede ser consumida tanto como fruta fresca o como procesada. Campbell y Ledesma (2005) destacan que el pulasán es más consistente en la florecida que el longan y el litchi, y que es considerada una fruta altamente deseable y mercadeable debido a su gran sabor y a su belleza externa. También, podría considerarse como cultivo intercalado en las siembras de cítricas y café (*Coffea* spp.), como

ha ocurrido con el rambután (Campbell y Ledesma, 2005). En el 2016, el precio aproximado en finca para el rambután y el pulasán en Puerto Rico fue de $6.60/kg (comunicación personal R. Luciano, Agrónomo de *Panoramic Fruit*). En los mercados agrícolas locales de Puerto Rico se puede encontrar el pulasán, a precio de $0.50 a $0.75 por fruta, aunque por desconocimiento los consumidores suelen confundirlo con el rambután.

En comunicación personal, el especialista en frutas José Zamora del Servicio de Extensión Agrícola de Puerto Rico indicó que posibles limitaciones del cultivo comercial de pulasán son la falta de una industria de valor añadido para ese frutal, que se desconocen las plagas y enfermedades que atacan al pulasán en Puerto Rico, y que produce menor cantidad de frutas por árbol que el rambután. Campbell y Ledesma (2005) indicaron que, en su lugar de origen, existe una gran variabilidad fenotípica en pulasán, pero que hay pocas variedades seleccionadas. Los huertos comerciales existentes suelen ser pequeños y propagados por semillas por lo que mejores prácticas de producción y de selección de cultivares son necesarias (Campbell y Ledesma, 2005).

Información general sobre el pulasán

Origen del pulasán.

Se cree que es nativo de la península de Malasia, encontrándose distribuido ampliamente en India, Burma, Indonesia, Malasia y Filipinas. Es cultivado en pequeña escala al norte de Australia y Hawaii. Aunque la fruta es considerada superior a la del rambután, suele ser escasa en los mercados, tal vez por la falta de grandes huertos organizados que sostengan la oferta (Paull y Duarte, 2012).

Cultivares de pulasán

En Java, se han reportado dos cultivares (variedades cultivadas) de pulasán: ‘Seebabat’ y ‘Kapoolasan Seebabat’. Las frutas de ‘Seebabat’ son usualmente de color rojo obscuro y los episternos son apiñados. La pulpa es sumamente dulce y jugosa y se desprende fácilmente de la semilla. En ‘Kapoolasan seebabat’ el color de la fruta es rojo claro y es más pequeña. Los episternos no se encuentran tan unidos y la pulpa se adhiere firmemente a la semilla (Paull y Duarte, 2012). La variedad ‘Rafia’ está reportada en los huertos de colección de Florida. ‘Rafia’, proviene de Tailandia y existen clones en Hawaii (Campbell y Ledesma, 2005).

Botánica del pulasán

El pulasán es un árbol dioico, que sin poda alcanza unos 10-15 m de alto. El tronco es corto y de copa ancha y redonda. Las hojas son compuestas, alternas, con 2 a 5 pares de folíolos en un arreglo que puede ser alterno o casi opuesto; los folíolos son verdes oscuros y brillosos en el haz, y verde claro y sin brillo en el envés (Rivero y Brunner, 2007), miden entre 6 y 13 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho, con 10-15 pares de venas laterales (Kothagoda y Rao, 2012).

Las flores son hermafroditas o masculinas, pequeñas, verdosas, sin pétalos, dispuestas en panículas ramificadas, axilares o terminales. Un árbol típicamente produce un tipo de flor, o flores hermafroditas o flores masculinas. Las panículas de flores masculinas suelen tener mayor cantidad de flores individuales que las panículas de flores hermafroditas. El polen de las flores hermafroditas es viable, pero rara vez está libre para fecundar la flor, por lo tradicionalmente que se ha aceptado que la autopolinización en el pulasán es poco frecuente y que la polinización cruzada es la norma (Ratna *et al*., 2016).

Un estudio llevado a cabo en Indonesia (Ratna *et al*., 2016), se le dio seguimiento a 8,100 flores en 67 árboles hermafroditas y 14 árboles masculinos. En 8 árboles hermafroditas se cubrieron 146 inflorescencias para evitar la polinización cruzada y se compararon con 53 inflorescencias hermafroditas que no fueron cubiertas. El resultado fue que 98.6% de las flores cubiertas fallaron en desarrollar frutas, mientras que en el 1.4% restante se inició el desarrollo de frutas, pero estas abortaron en las primeras cuatro semanas después de la floración. En contraste, hubo formación y retención de frutos en el 100% de las inflorescencias que se dejaron descubiertas, lo que llevo a Ratna y colaboradores (2016) a concluir que para fines prácticos las flores hermafroditas del pulasán tienden a funcionar como flores femeninas.

Para propiciar una mayor productividad de frutas, generalmente se recomienda intercalar algunos árboles con flores masculinas con árboles de flores hermafroditas. Sin embargo, Paull y Duarte (2012), indicaron que algunos árboles hermafroditas también pueden producir polen viable, ya que se ha reportado que árboles solos de la variedad “Seebabat” producen frutas.

La tasa de conversión de flor a fruto ha sido reportada en dos especies frutales de la familia botánica Sapindaceae, en la que está clasificado el pulasán. En el litchi, menos del 10% de las flores son retenidas y convertidas en frutos, mientras que en *Nephelium malaiense*, entre 5 y 10% de las flores se convierten en frutos (Kothagoda y Rao, 2012).

La fruta es de forma esférica a ovoide, de 5 a 8 cm de largo. El peso promedio de la fruta comercial cosechada en una finca en Mayagüez, Puerto Rico es de 60 a 70 g por fruta (Olivera-Olivera, 2015), pero en Asia se han reportado pesos de cerca de 100 g por fruto (Ratna, 2014).

El pericarpio, cubierta, o cáscara de la fruta tiene proyecciones hacia afuera cortas llamadas episternos, de aproximadamente 0.6 cm de largo (Figura 1). Kothagoda y Rao (2012) reportaron que de afuera hacia adentro, la cascara esta formadas por epidermis, capas hipodermales, cambium,

tejidos internos (que incluyen el xilema y el floema) y finalmente el interior de la epidermis. El color externo de la cáscara varía de rojo a morado o amarillo, dependiendo del genotipo.

La pulpa de la fruta es blanca o amarillenta, traslúcida, jugosa, dulce y aromática. El tejido de la pulpa es homogéneo, con células alargadas y una capa profunda de 20 a 30 células (Kothagoda y Rao, 2012). La pulpa generalmente se separa de la semilla con facilidad. En su parte central, la fruta contiene una sola semilla, que es de forma almendrada y de entre 3 y 3.5 cm de largo. Se han reportado plantas que producen fruta sin semilla, aunque esto es poco frecuente. (Kothagoda y Rao, 2012; Rivero y Brunner, 2007).

Figura 1 . Fruta de pulasán con apariencia mercadeable (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán).

Ecología del pulasán

Morton (1971, 1987) describió el pulasán como una planta ultra-tropical, es decir, pudiera morir si es expuesto prolongadamente a temperaturas por debajo de 18 °C, o a varias horas de congelamiento (0 °C). Lim (2012) documentó que a temperaturas cercanas a 20 °C el crecimiento es escaso o nulo, y que a 15 °C puede ocurrir defoliación. El rango de crecimiento óptimo del árbol de pulasán parece ser de 24 a 35 °C (Lim, 2012).

El pulasán crece mejor en la naturaleza en áreas tropicales localizadas entre los 12 grados de latitud norte y los 12 grados de latitud sur, a altitudes de hasta 350 m sobre el nivel del mar (msnm), pero se le puede encontrar a altitudes de hasta 1,100 msnm (Lim, 2012; Morton, 1987). Crece bien en lugares que sean húmedos la mayor parte del año, prefiriendo áreas con humedad relativa del aire sobre 80% y precipitación anual de 1,500 a 3,000 mm, pero también prospera en lugares con lluvias de 2,000 a 5,000 mm anuales (Lim, 2012; Morton, 1987; Paull y Duarte, 2012).

El pulasán se adapta a una amplia gama de suelos, desde arenosos a arcillosos. Sin embargo, crece mejor en suelos francos o con una cantidad alta de materia orgánica y buen drenaje, con pH de 4.5 a 6.5. Se ha observado que los árboles de pulasán son menos vigorosos cuando crecen en suelos arenosos y más vigorosos cuando crecen en suelos francos o arcillosos ricos en nutrientes (Lim, 2012; Morton, 1987). En la naturaleza es más común encontrar árboles de pulasán en suelos de origen aluvial, cerca de ríos o arroyos (Lim, 2012).

Como en otros frutales tropicales, es común que ocurra la florecida después de un período de sequía. Una sequía corta es suficiente para iniciar los cambios fisiológicos que llevan a la floración (Lim, 2012) pero la producción de flores suele ser más intensa cuando el estrés hídrico causado por la sequía es de más de un mes (Paull y Duarte, 2012). En cambio, el árbol necesita suelos con alto contenido de humedad durante el periodo de floración a cosecha, pues la deficiencia

hídrica en esa etapa puede resultar en reducción del tamaño de la fruta y en su maduración acelerada (Lim, 2012).

Cultivo del pulasán

Para siembras comerciales, no se recomienda la propagación mediante semilla, ya que los árboles resultantes son unisexuales (funcionando como masculinos o como femeninos), lo que tiende a reducir la productividad por unidad de área, ya que los masculinos no cuajan frutos. También, siendo la polinización cruzada, las plantas de semilla producen frutos que pudieran ser muy diferentes a las del fruto original del que provino la semilla. Las semillas tienen que sembrarse frescas, poco después de retirar la pulpa, y en ese caso generalmente germinan en pocos días (Paull y Duarte, 2012).

Es fácil de propagar por acodo aéreo, como otras sapindáceas, pero se cree que los árboles de pulasán así producidos no prosperan. El injerto de yema es difícil y tiene una tasa de éxito muy baja, aunque suele ser más alta si se injerta en la época húmeda del año. Los árboles injertados comienzan a producir luego de 3 a 5 años. La distancia de siembra sugerida para huertos comerciales es de 8 a 10 m entre plantas (Morton, 1987; Paull y Duarte, 2012).

Se recomienda podar ramas después de la cosecha, para mantener un tamaño de árbol adecuado para su manejo. Se recomienda la poda abierta para propiciar un desarrollo fuerte de las ramas que no estén sujetas a quebrarse (Paull y Duarte, 2012).

No se conoce información sobre los requisitos nutricionales del pulasán o recomendaciones para su abonamiento que estén basados en investigación experimental. Por ser similar al rambután, Paull y Duarte (2012) recomiendan utilizar prácticas de fertilización que suelen usarse en el cultivo de rambután. Según estos autores, en Filipinas se recomienda fertilización con fórmula 15-15-6

con magnesio para árboles que no están en producción y luego fertilización con fórmula 12-12-12 para árboles en producción.

La información sobre plagas y enfermedades que afectan el cultivo del pulasán es limitada. Paull y Duarte (2012) indican que los hongos del oídio (*Erysiphe cichoracearum*) y la fumagina pueden afectar el cultivo, mientras que los barrenadores del fruto, gorgojos y ácaros, son plagas asociadas al pulasán. En el cultivo de quenepa (Sapindaceae) en Puerto Rico, se ha reportado la presencia de la mariposa amarilla de la quenepa (*Aphrissa statira*) (Medina y Cabrera, 1994) como insecto plaga. Se desconoce si *Aphissa statira* pueda ser plaga en pulasán.

Plagas asociadas a otras sapindáceas (y que se cree que pudieran causar daños al pulasán) han sido reportadas en Puerto Rico y en otros lugares. En Florida (Estados Unidos) se han identificado el ácaro *Eriophyes litchi*, la alevilla *Crocidosema litchivora*, y las escamas del tallo *Andaspis punicae* y *Thysanofiorina bephelii* como insectos plagas en litchi (Brown *et al*., 2002; Crane *et al*., 2005). Se cree que el gorgojo *Myllocerus undatus* podría atacar cultivos de litchi y longan, al igual que la *Paratachardina lobata lobata*, una escama introducida a Florida (Crane *et al*., 2005; Paull y Duarte, 2012)

Otras plagas que se han reportado internacionalmente en el cultivo de rambután incluyen orugas medidoras (*Achaea janata, Oxyodes tricolor*), orugas (*Conogethes punctiferalis*), chinches apestosas (*Lyramorpha* spp., *Plautia affinis*), gorgojos (*Myllocerus* spp.), escarabajos (*Monolepta australis, Rhyparida* spp.), ácaros (*Brevipalpus* spp.), trípidos (*Selenothrips rubrocinctus*), alevillas (*Eudocima* spp.), escamas (*Coccus viridis, Ceroplastes rubens, Icerya* spp.) y la cochinilla (*mealybug*) (*Planococcus citri*) (Morton, 1987; Paull y Duarte, 2012)

Se considera que el rambután no es hospedero fácil y frecuente de moscas de la fruta. La mosca frutera del mediterráneo (*Ceratistis capitata*) no ataca esta fruta, excepto en cuando el

pericarpio ha sido perforado por otras plagas o daños mecánicos que expongan la pulpa. En cambio, la mosca frutera oriental (*Daucus dorsalis*) si infecta frutas maduras y los pinchazos que da en la fruta pudieran ser punto de entrada para algunos hongos que a su vez ocasionan descomposición y fermentación de la fruta (Paull y Duarte, 2012). En Hawaii (Estados Unidos) se decretó cuarentena para las moscas fruteras que podrían atacar cultivos de la Sapindaceae, para *Cryptophlebia illepida* y *C. ombrodelta* Lower (Crane *et al*., 2005; Follet y Lower, 2000).

APHIS (*Animal Plant and Health Inspection Services*, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), examinando los riesgos asociados a la importación de rambután a Estados Unidos desde América Central y México, indicó que hay seis insectos de importancia cuarentenaria para esta fruta, incluyendo a *C. viridis* (APHIS, 2001).

En Puerto Rico se ha observado a *Diaprepres abbreviatus* atacando en rambután y longan (Crane *et al*., 2005) y la escama verde (*Coccus viridis* Green) en hojas y frutos de rambután (comunicación personal del Dr. Alejandro Segarra, entomólogo del Departamento de Ciencias Agro-ambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez).

Se han observado varios hongos entomopatógenos asociados a la escama verde. En Florida estos hongos son *Verticilium lecanii*, *Aschersonia cubensi* y *Nectria diploa* (Dekle, 2012) y *Aschersonia aleydoris* (Teleomorfo: *Hypocrella libera*, Clavicipitaceae, Hypocreales). A partir de 1900 se comenzaron a utilizar hongos entomopatógenos para biocontrol de mosca blanca (Aleyrodidae) en huertos de cítricas en Florida, Estados Unidos (Berger, 1921).

En comunicación personal del Dr. Bryan Brunner del Colegio de Ciencias Agrícolas del Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico al Dr. Jonathan Crane de la Universidad de la Florida (Crane *et al*., 2005), hasta 2005 no había observado enfermedades mayores en Puerto Rico en los cultivos de quenepa, longan y litchi, pero observó una enfermedad de etiología

desconocida que afectaba la corteza del árbol de rambután. En el 2007 (Rossman *et al*., 2007) reportaron por primera vez *Dolabra nepheliae* en rambután y litchi en Puerto Rico y Hawaii, lo asociaron con el cancro que aparece en la corteza de estos árboles, e indicaron que se encuentra en Australia asociado al cultivo de pulasán. En Florida, Estados Unidos, se ha reportado que la antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*) como una de las enfermedades más frecuentes en el cultivo de longan y litchi (McMillan, 1994a; McMillan, 1994b).

El pulasán se cosecha cuando la mayor parte de la superficie de la fruta tiene una coloración rojo obscuro o amarillo (dependiendo la variedad). Las frutas se acumulan en canastos para luego clasificarlas (Paull y Duarte, 2012).

La época de cosecha en Puerto Rico es desde mediados o finales de agosto hasta octubre, siendo el clímax de la cosecha en septiembre (Rivero y Brunner, 2007). En Puerto Rico, las frutas de pulasán se consideran aptas para cosechar cuando la fruta tiene un coloración roja-vino constante a través del fruto, ha "llenado" y por lo tanto esta redonda u ovalada. La fruta se considera no mercadeable si está deforme (específicamente "chata"), tiene un área considerable verde en su pericarpio, están secas, podridas o presentan daños ocasionados por ratones, aves o serpientes.

El manejo post-cosecha reportado es similar al del rambután. En el rambután se evita el daño mecánico ya que las protuberancias o los 'pelos' del rambután son susceptibles. El empaque de las frutas varía en cada país, en general, las frutas destinadas para el mercado local asiático se venden con el pedúnculo. Las que están destinadas a la exportación o a los supermercados se empacan en plástico para evitar la pérdida de humedad y se empacan en cajas de cartón que pesan entre 2.3–11.0 kg. Para almacenamiento de 2 semanas se recomienda mantener las frutas en alta humedad relativa (> 95%) y bajas temperaturas (10-15 °C). Una vez las frutas se exponen a

condiciones secas y frescas, las frutas se pondrán de color marrón rápidamente (Kosiyanchida, *et al*., 1987; Paull y Duarte, 2012).

En una investigación realizada con pulasán cosechado en Puerto Rico, Morales-Payán (2016) encontró que las frutas almacenadas a 10 °C tardaron significativamente más tiempo para presentar pérdida de peso y deterioro en la superficie de la cáscara (cambio de rojo a marrón) que frutas almacenadas a 20 °C, mientras que frutas almacenadas a 30 °C se deterioraron más rápidamente que las almacenadas a 20 °C.

Utilización del pulasán y cultivos similares

La fruta es consumida fresca principalmente. Su composición nutricional es similar a la del rambután, con 85% de agua, 1% de proteína, 13% de carbohidratos, menos de 1% de grasa y de proteína, y cerca de 0.5% de minerales. La fruta se puede congelar, secar, o utilizar en jugos. La fruta congelada o seca se utiliza para la elaboración de helados, postres y preservas. Las semillas cocidas o tostadas se utilizan para preparar una bebida similar al chocolate (Morton, 1987; Paull y Duarte, 2012).

Las hojas y las raíces del pulasán son utilizadas como cataplasmas. La decocción de la raíz es utilizada como vermífugo y febrífugo. Las raíces se hierven en conjunto con hojas de *Gleichenia linearis* Clarke, y la decocción se utiliza para dar baños medicinales a pacientes con fiebre (Paull y Duarte, 2012).

En cuanto a frutas relacionadas, se cree que consumir pulpa fresca de litchi cura tumores, y la decocción de la semilla se utiliza para los desórdenes neurálgicos, lumbago, úlceras y problemas intestinales. La decocción de la fruta de rambután se utiliza para aliviar la fiebre, diarrea y como astringente, mientras que la decocción de la corteza se utiliza para enfermedades de la

lengua (Kothagoda y Rao, 2012). Se ha identificado que extractos acuosos de la semilla de litchi y rambután tienen inhibición moderada en contra de bacterias patogénicas, como, por ejemplo: *Staphylococcus aureus, Streptococcus pyogenes, Bacillus subtilis, Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* (Ibrahim y Gamal, 2015; Shafi y Al-daihan, 2013).

Por otra parte, se realizó un estudio en Malasia para determinar las propiedades antioxidantes del extracto de la cáscara del rambután y reportaron un alto contenido fenólico, baja capacidad pro-oxidante y alta actividad antioxidante. Los autores concluyeron que este extracto, solo o en conjunto puede ser utilizado en los cosméticos y tener aplicaciones farmacológicas y nutracéuticas (Palanisamy *et al*., 2007)

Las semillas secas de pulasán tienen un 74% de una grasa solida blanca, que se derrite a los 40-42 °C. Es un aceite ligeramente perfumado que puede tener uso para hacer jabón. La madera es ligeramente rojiza, dura y más pesada que la del rambután y es de excelente calidad, pero raramente disponible (Paull y Duarte, 2012).

Bioestimulantes

Entre los compuestos orgánicos que se han estado estudiando y utilizando para aumentar la producción agrícola se encuentran los bioestimulantes (Sharm *et al*., 2014; Craigie, 2010; Hüster, 2011). Los bioestimulantes son sustancias exógenas, de estructura orgánica, cuyo origen puede ser artificial o natural y que a bajas concentraciones tienen efectos parecidos a los de algunas fitohormonas. Algunas sustancias comúnmente presentes en los bioestimulantes son los ácidos grasos, los aminoácidos, los péptidos, los oligosacáridos y polisacáridos, los alcoholes, las vitaminas y los reguladores de crecimiento. Las formulaciones comerciales también pueden contener adiciones de macro y micro-elementos (Morales-Payán, 2010).

El uso del término ‘fitohormona’ indica que las sustancias orgánicas son creadas en la planta y que a bajas concentraciones influencian procesos fisiológicos (Davies, 2004), mientras que el término ‘regulador de crecimiento’ se utiliza en la industria agroquímica para distinguir los reguladores de crecimiento sintéticos de los endógenos (Craigie, 2010).

Según Du Jardín (2012), a pesar del uso científico generalizado del concepto de “bioestimulantes” no hay una definición ampliamente aceptada por la comunidad científica. Du Jardin menciona ocho categorías que han sido propuestas en la literatura del tema: sustancias húmicas, materiales orgánicos complejos, elementos químicos beneficiosos, sales inorgánicas, extractos de algas, derivados de quitina, anti-transpirantes, aminoácidos libres y otras sustancias de nitrógeno. En base a su revisión de literatura, Du Jardín propuso la siguiente definición *“los bioestimulantes son substancias y materiales, con la excepción de nutrientes y pesticidas, que cuando son aplicados a la planta, semilla o substratos de crecimientos de formulaciones específicas, tienen la capacidad de modificar los procesos fisiológicos de las plantas de una forma que provee beneficios para su crecimiento, desarrollo, y/o respuestas al estrés*”.

Por otra parte, Greene (2010) indica que los frutales son considerados cultivos de alta remuneración, por lo que pequeñas modificaciones en su eficiencia, calidad del producto, o mejoría en el aspecto cosmético de la fruta, pudiera significar aumento en el valor de venta del producto. Considerando eso, se han realizado estudios utilizando bioestimulantes buscando mejorar aspectos fisiológicos que impactan positivamente el desempeño de los frutales. Por ejemplo, en un experimento con árboles de albaricoque (*Prunus armeniaca*) ‘Canino’ utilizando un bioestimulante a base de ácido húmico, se reportó que aplicaciones al suelo (25 mL/L) y al follaje (15 mL/árbol) semanalmente en la etapa de crecimiento vegetativo, aumentó el rendimiento en 34 kg/árbol (Fathy *et al*., 2010). En un estudio realizado en granada (*Punica granatum*) con un

bioestimulante a base de ácido giberélico, auxinas, citoquininas, algas, proteínas hidrolizadas y elementos traza se reportó un aumento de 79% en la florecida, 19% de aumento en la retención de frutas y 24% de aumento en el rendimiento de frutas (Abubakar *et. al*., 2012). En Puerto Rico se han evaluado varios bioestimulantes en cultivos frutales como mangó (Morales-Payán, 2015), en banano (Marrero-Marrero, 2016), piña (Vega-Almodóvar *et al.*, 2009), en cítricas (De La Cruz-Rodríguez, 2013; Díaz-Candelas, 2013; Flores-Torres, 2013), en sandía (Fuentes-Fuster, 2012), en aguacate (Morales-Payán y Candelas, 2014) y en pulasán (Olivera-Olivera, 2015).

En la familia Sapindaceae, la mayoría de investigaciones que evaluaron el uso de bioestimulantes o reguladores de crecimiento se enfocaron en el cultivo de mayor importancia económica global dentro de esta familia, el litchi. En este cultivo se han estudiado efectos de reguladores y bioestimulantes en el desarrollo del fruto, la abscisión (Stern *et. al*., 1995), los nutrientes en el proceso de fructificación (Kumar *et al*., 2009), retención (Singh y Lal, 1980; Stern y Gazit, 1999) y rendimiento de fruto (Cronje y Mostert, 2010).

Se han evaluado diferentes reguladores de crecimiento para aumentar el cuajado y la retención del fruto en litchi. Singh y Lal (1980) evaluaron diferentes dosis de aplicación de ácido indolacético (IAA), ácido 2,4-diclorofenoxiacético y ácido giberélico (GA_3) en litchi, encontrando que IAA a 20 mg/L mejoró el cuajado de fruta, GA_3 a 100 mg/L mejoró el peso de la fruta (Singh y Lal, 1980). En otro estudio realizado en litchi 'Mauritus', se evaluaron tres auxinas a diferentes dosis para determinar su efecto en el desarrollo y en la abscisión de la fruta, determinado que el ácido 2, 4, 5-triclorofenoxiacético (2, 4, 5-TP) aplicado 5 semanas después de la florecida a dosis de 100 y 400 ppm disminuyó la abscisión de las frutas en desarrollo y aumentó el rendimiento de fruta mercadeable. Según los autores, aunque se había reportado anteriormente la efectividad del 2, 4, 5-TP en disminuir la abscisión frutal, no se había reportado un incremento en el rendimiento,

por lo que adjudicaron este hecho al estado de desarrollo de la fruta, sugiriendo que el mismo debe ser aplicado antes de que comience el segundo período de abscisión de frutos, característico en este cultivo (Stern *et al*., 1995). Es decir, la etapa del desarrollo del fruto en que se aplican sustancias reguladoras de la fisiología puede ser decisiva en la respuesta obtenida de la planta.

Por otra parte, el GA_3 a 20 ppm fue efectivo para incrementar en 22% la retención de frutas y aumentar el tamaño de las frutas individuales de litchi. Al aplicar juntos 0.4% de bórax y GA_3 a 20 ppm la retención de frutas fue de 25%, lo cual fue asociado a la función del boro en el metabolismo de las hormonas, diferenciación celular, absorción de agua, fotosíntesis y en la reproducción y germinación del tubo polínico del litchi (Kumar *et al*., 2009). El ácido 3, 5,6-tricloro-2-piridoxil-oxiacético (3,5,6-TPA) en concentración de 25 ó 50 mg/L aplicado tres semanas después de la apertura de flores femeninas de litchi, disminuyó la abscisión de frutas en un 130% y un 170% respectivamente (Stern y Gazit, 1999).

La información documentada sobre el efecto de sustancias orgánicas exógenas en la retención y el peso de los frutos del cultivo de pulasán es muy limitada. Olivera-Olivera (2015) reportó que en árboles de pulasán con o sin aplicación de bioestimulantes, el diámetro del fruto aumentó en forma prácticamente lineal (o ligeramente sigmoidal) a través del tiempo, durante 22 semanas, hasta la cosecha. En longan y litchi, cultivos botánicamente cercanos al pulasán, Huang (1995) reportó que el crecimiento seguía un patrón sigmoidal.

Bioestimulantes estudiados

Bioestimulantes a base de aminoácidos. Gomis y coautores (1987) publicaron que aplicar productos a base de aminoácidos podría implicar que la planta los utiliza para sintetizar proteínas con un menor costo en energía y que este ahorro en energía podría ser de utilidad en la etapa de floración y cuajado de fruto. En ese sentido, Morales-Payán y Stall (2004) encontraron que a

medida que aumentaba la dosis de un bioestimulante a base de aminoácidos y de péptidos de cadena corta se reducía el tiempo en que las plántulas de parcha (*Passiflora edulis* Sims.) estaban listas para ser trasplantadas al huerto comercial. Efectos similares fueron reportados para mango en vivero (Morales-Payán, 2013 y 2010b). También, Morales-Payán y Stall (2003) encontraron que aplicar un bioestimulante a base de aminoácidos libres y péptidos en papaya (*Carica papaya* L.) después de la floración aumentó los rendimientos en producción según se asperjaba con mayor frecuencia.

Bioestimulantes a base de extractos de algas marinas. Entre los bioestimulantes importantes y comúnmente usados en la producción se encuentran los bioestimulantes a base de algas marinas. Estas algas marinas y sus extractos son usados en la agricultura debido a que sus compuestos complejos actúan primariamente como reguladores de crecimiento en las plantas. Entre los componentes orgánicos de las algas marinas se incluyen las citoquininas, auxinas, ácido abscísico, vitaminas y aminoácidos.

Existen alrededor de 9,000 especies de macro algas clasificadas en tres grupos según su pigmentación, incluyendo Phaeophyta, Rhodophyta y Chlorophyta; algas marrones, rojas y verdes respectivamente. El segundo grupo, y el más abundante en usos agrícolas son las algas marrones. La especie *Ascophyllum nodosum* es el alga marrón más utilizada en la agricultura. Especies de otros géneros como *Fucus* pp., *Laminaria* spp., *Sargassum* spp. y *Turbinaria* spp., también son utilizadas como biofertilizantes (Khan *et al*., 2009).

Algunos de los efectos frecuentemente atribuidos a los extractos de algas, son la germinación más temprana, la mejoría en el rendimiento de cultivo, el aumento en la tolerancia a estrés abiótico y biótico y la mejora en el rendimiento post-cosecha. En otros casos, el extracto de

alga interactúa con los organismos en el suelo, redundando en aumento de crecimiento y productividad de los cultivos (Zahidul *et al*., 2014).

Norrie y Keathley (2006) usaron extractos de *A. nodosum* en el cultivo de uva (*Vitis vinifera* L.) durante un período de tres años, las plantas tratadas superaron en rendimiento y calidad a aquellas con un programa de manejo regular. Se encontró que hubo aumento en el número de bayas por racimo, en el tamaño de las bayas, en la longitud de los raquis, en el número de racimos por planta, así como en el peso y tamaño de la fruta.

Morales-Payán (2013) indicó que el extracto de *A. nodosum* aplicado al suelo cada dos semanas de 0-5mL/L en viveros de mango, utilizando 150mL/L de la solución acuosa por planta, ocasionaron un aumento en el contenido de clorofila (25%) y un crecimiento acelerado del vástago (22%). También se ha reportado que el extracto de alga aumentó la retención de frutos en el aguacate (*Persea americana* Mill) (Morales-Payán y Candelas, 2014).

Además, la aplicación de extracto de *A. nodosum* en una variedad de sandía (*Citrullus lanatus* L.) resultó en aumentos en la longitud de las ramas, el número de hojas, el área foliar, el número de ramas y brotes, y en el peso de la fruta (Abdel-Mawgoud *et al*., 2010). En tomate y pimiento, Ali *et. al*., (2016) y Arthur *et al*. (2003) también encontraron efectos positivos en el rendimiento y calidad de frutos en plantas tratadas con extractos de algas.

Bioestimulante a base de extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae. Los componentes activos principales de este bioestimulante han sido identificados como brasinoesteroides de origen natural, 24-epi-castasterona y 24-epi-secasterona, además de entre otros compuestos considerados de menos actividad, como flavonoides, fitoesteroles, aminoácidos, auxinas, giberelinas y citoquininas Hüster (2011). Los brasinoesteroides regulan la división y diferenciación celular en plantas (Wang *et al*., 2006). Según Ali *et al*. (2008) las plantas

tratadas con brasinoesteroides suelen tener mayor tolerancia a estrés biótico y abiótico, y tiene mayor productividad y calidad de frutos.

Bioestimulantes, estrés abiótico y biótico. Uno de los atributos que se le adjudican al extracto de plantas de la familia Caryophyllaceae y Fabaceae, al extracto de *A. nodosum* (Khan, *et al*., 2009) y a la formulación de aminoácidos libres, es el aumento de tolerancia a estrés abiótico y biótico (Hüster, 2011). Se han realizado pocas investigaciones científicas sobre efectos de bioestimulantes en la abundancia de plagas o aumentando la tolerancia de cultivos a daños bióticos (Greene, 2010), pero se pueden mencionar algunos casos con frutales: Morales-Payán y Norrie (2010) reportaron que plantas tratadas de aguacate antillano 'Wilson Popenoe' tratadas con un extracto de alga marina tuvieron poblaciones de trípidos menores que en plantas control. Holden y Ross (2012), trabajando con aguacate no antillano 'Hass' también encontraron que las plantas expuestas a un extracto de alga marina tuvieron menor infestación de los trípidos *Scirtothrips perseae* y *Oligonychus perseae.* En fresa (*Fragaria x ananassa*), la aplicación de un extracto de algas redujo la infestación de acaros (Hankins y Hockey, 1990). Se cree que estos efectos en insectos y ácaros están relacionados con la acción de algunos compuestos en los bioestimulantes que resultan en la síntesis de sustancias naturales que sirven para la defensa en las plantas (Bergey *et al.*, 1996). Aunque el objetivo principal de usar bioestimulantes es acelerar crecimiento y/o aumentar rendimiento y/o calidad de frutos por acción en el metabolismo de la planta, un efecto secundario de reducción de daños por plagas sería deseable.

Los bioestimulantes han sido estudiados en diversos cultivos. En Puerto Rico el pulasán es un cultivo nuevo y la información es limitada. Utilizar bioestimulantes orgánicos y obtener resultados favorables en el rendimiento de la cosecha y en la calidad de fruta podría ser beneficioso para aquellos(as) productores(as) que desean incurrir en el nicho de las frutas exóticas orgánicas.

OBJETIVOS GENERALES

- Determinar los efectos de la aplicación foliar de cuatro tratamientos selectos de bioestimulantes en la productividad y calidad de fruta aplicados durante la fase de formación de frutos en pulasán en Puerto Rico.
- Determinar los efectos de la aplicación foliar de cuatro tratamientos selectos de bioestimulantes en la productividad y calidad de fruta aplicados durante la floración en pulasán en Puerto Rico
- Identificar la presencia de plagas durante etapa de cosecha y enfermedades post- cosecha en pulasán en Puerto Rico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación de campo se llevó a cabo en los años 2014 y 2015 en una finca comercial privada ubicada en el barrio Limón, carretera 105 km 14.4, Mayagüez, Puerto Rico. El huerto de pulasán fue plantado en el 2006, con distancia entre árboles 6 m x 6 m (Figura 2). El suelo del predio es un Múcara arcilloso erosionado con 40 a 60 % de declive (Gierbolini, 1975), con 1.7% de materia orgánica, y pH de 5.4 (obtenido por el método de cloruro de calcio) o 6.0 (obtenido por el método de agua) (Olivera-Olivera, 2015).

Figura 2. Vista parcial del huerto de pulasán, finca Panoramic Fruit. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán).

El diseño del experimento fue completamente aleatorizado. Se evaluaron cuatro tratamientos, de los cuales tres eran formulaciones comerciales de bioestimulantes y uno el grupo control o testigo. Se evaluaron ocho árboles por tratamiento.

Los bioestimulantes evaluados fueron un extracto de *Ascophyllum nodosum* (Stimplex™, Acadian SeaPlants, Nova Scotia, Canadá), un coctel de aminoácidos libres (Aminoquelant K™, Bioibérica, Barcelona, España) y un extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae (ComCat™, Agra Forum, Alemania). En consulta con los fabricantes, se decidió que el extracto de *A. nodosum* y el coctel de aminoácidos (MAA) serían aplicados en dosis de 2 L de formulación/ha cada 14 días. El extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae (ECF) se aplicó cada 28 días a una dosis de 100 g de formulación/ha. Las dosis de aplicación fueron recomendadas por los fabricantes de cada bioestimulante basadas en su experiencia con otros árboles frutales, ya que no hay recomendaciones previas confirmadas para pulasán. Para efectos de esta tesis, AN se refiere al bioestimulante a base de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), MAA a la mezcla de amino ácidos más potasio, y ECF al extracto de plantas de la familia Caryophyllaceae y Fabaceae. Al tratamiento de referencia (control o testigo) no se le realizó ninguna aplicación de bioestimulantes, sino aspersiones con agua.

Las aplicaciones de los bioestimulantes en el primer año de la investigación (2014) comenzaron en el mes de junio, cuando aproximadamente 41% del huerto se encontraba en la etapa de floración y 41% en medio de la etapa de formación de frutos con un diámetro entre 20-30 mm. Los demás árboles se encontraban en abscisión floral. Las aplicaciones culminaron en el mes de julio. En el 2014, se realizaron un total de 5 aplicaciones de los bioestimulantes AN, MAA y del grupo control y se realizaron 3 aplicaciones de ECF.

En el 2015, se escogieron nuevamente los árboles al azar, y las aplicaciones de bioestimulantes comenzaron en el mes de febrero cuando más del 75% del predio se encontraba en florecida. Se realizaron un total de 12 aplicaciones para los tratamientos de AN, MAA y para el grupo control y 7 aplicaciones para ECF. El año 2014, hace referencia a las aplicaciones realizadas en la fase de formación de frutos, y el 2015 a la fase de florecida.

Las aplicaciones se hicieron foliarmente usando bombas aspersoras de espalda. Los árboles fueron asperjados con las formulaciones de bioestimulantes en solución en agua suficiente para cubrir todo el follaje hasta punto de escorrentía. En cada aplicación de los bioestimulantes se utilizó 1mL/L de agua de un surfactante no iónico (Nu-Film P™, Miller Chemical y Fertilizer Corporation, Pennsylvania, USA).

Variables evaluadas durante el 2014 y 2015

Peso de frutas mercadeables y de frutas no mercadeables producidas por árbol. Las características de una fruta mercadeable se determinan de forma visual. Algunas características importantes lo son: que el fruto tenga una coloración roja homogénea y que la fruta haya "llenado" (que no tenga apariencia 'chata'). Las frutas no mercadeables son aquellas frutas 'chatas', que están verdes o 'pintas', frutas con aperturas (creada por roedores, serpientes, aves o el mal manejo durante la cosecha o post-cosecha) y frutas muy pequeñas. Con la información recolectada de la cosecha cada dos semanas, por sumatoria acumulada se obtuvo el peso de cosecha total de frutas producidas por árbol y por tratamiento.

Distribución de la cosecha en el tiempo. Con la información de cosecha por cada dos semanas, se hizo una curva de distribución del peso total promedio de fruta cosechada por árbol a lo largo del tiempo entre la primera cosecha de fruta y la última fecha en que se cosechó cada árbol.

Atributos de tamaño de la fruta mercadeable. De cada árbol se escogieron cinco frutas comercialmente mercadeables y representativas de tamaño y peso de cada uno de los tratamientos. Antes de 24 horas posterior a la cosecha, se determinó el promedio de diámetro ecuatorial y la longitud vertical de la fruta de la base al ápice usando un compás de calibre o "caliper" (Ultimate Solution Tools, California, USA). El peso de la fruta intacta o completa, el peso del pericarpio o la cáscara, y el peso la semilla fueron determinados en una balanza OHAUS® Serie CS portable con capacidad de hasta 200 gramos. Al peso de la fruta intacta se le restó el peso de la cáscara y de la semilla para obtener el peso de la pulpa o arilo. A las muestras se les determinó la concentración total de solidos solubles (Brix) de la pulpa usando un refractómetro digital ATAGO® PAL-1 Pocket (ATAGO, Tokyo, Japón).

Variables evaluadas durante el 2015

Retención de frutos para modelar su aborto y aumento en diámetro. A partir de la primera aplicación de bioestimulantes se seleccionaron dos árboles representativos por cada tratamiento (para un total de ocho árboles) y se marcaron cuatro ramas con abundancia de flores, y cada dos semanas desde la floración hasta la cosecha, de cada rama seleccionada se contó el total de frutos presentes en la rama y se midió el diámetro de 20 frutos al azar de cada rama (un total de 80 diámetros por 8 árboles para un total de 640 observaciones). A los resultados se le realizó un

análisis de varianza con diseño completamente aleatorizado (DCA) y de regresión para modelar el porcentaje de frutos retenidos y su diámetro a través del tiempo entre floración y cosecha.

Presencia o ausencia de *Aschersonia* sp. durante la cosecha. Durante la cosecha se seleccionaron 80 frutos al azar en todo el predio. La Dra. Lydia Rivera (Fitopatóloga del Departamento de Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez) identificó el hongo entomopatógeno *Aschersonia* sp. utilizando la clave sinóptica de Liu *et al*., (2006).

Presencia o ausencia de fumagina durante la cosecha. Esta identificación se hizo en los 32 árboles presentes en el predio. De forma visual se determinó si había fumagina presente o ausente en cada árbol.

Variables adicionales evaluadas durante el 2016

Evaluación post-cosecha de *Lasiodiplodia theobromae*. Se evaluaron 87 frutas en la época una semana después de la cosecha y la Profesora Wanda Almodóvar (Servicio de Extensión Agrícola, UPRM) identificó el hongo presente.

Evaluación de presencia y abundancia de *Coccus viridis*. En la época de cosecha se seleccionaron 87 frutas al azar en todo el huerto. Se identificó el insecto a nivel de campo observando principalmente su cuerpo ovalado, plano o ligeramente convexo (visto lateral), la coloración fluctúa entre verde claro a transparente y con un patrón en forma de U o de V en el

centro del cuerpo formado por puntos negros. Las escamas verdes adultas miden entre 2.5 y 3.25 mm. Las escamas muertas son marrón claro y la marca interna se pierde.

Los resultados de ambas temporadas (2014 y 2015) fueron sometidos a análisis de homogeneidad y normalidad de varianza; y se realizaron las transformaciones pertinentes para cada variable para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza en las variables que fue necesario. La transformación utilizada para las variables de peso promedio de fruta intacta o completa, peso promedio del pericarpio o cascara y peso promedio de la pulpa o arilo, fue la de mínimos cuadrados generalizados o GLS (siglas en inglés: *Generalized Least Squares*) para observar la varianza de los residuales. Se realizaron comparaciones de medias. El Laboratorio de Colaboración Estadística de la Universidad de Puerto Rico (LCE-UPRM) asistió durante este proceso. Para el análisis de varianza, del peso de cosecha total, peso de frutas mercadeables y de frutas no mercadeables, se utilizó Duncan, ($P > 0.05$) y para las demás variables Tukey ($P > 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de bioestimulantes selectos aplicados durante la fase de formación de fruto en el crecimiento y calidad de fruta de pulasán, 2014.

Peso de cosecha total, peso de frutas mercadeables y de frutas no mercadeables

Para estas variables los resultados tuvieron homogeneidad y normalidad de varianza. Para la cosecha total, el tratamiento MAA tuvo un aumento de 20 kg/ árbol en comparación con el grupo control. Para el peso de frutas mercadeables, los tratamientos ECF y MAA aumentaron en 10.86 kg/árbol y 16.17 kg/ árbol respectivamente, en comparación con el control. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre ECF Y MAA, ni entre ECF y AN. Para la variable de peso no mercadeable, el tratamiento MAA tuvo 3.54 kg/ árbol en comparación con el control. (Cuadro 3).

En este experimento, la cosecha total fue mayor en el tratamiento MAA, mientras que, el peso de frutas mercadeables fue mayor para los tratamientos MAA y ECF. En algunos estudios se ha documentado el efecto de los compuestos de estos bioestimulantes en otros cultivos en cuanto al rendimiento ya sea por peso o por número de frutos. Por ejemplo, De Menezes y colaboradores (2006) utilizaron brasinoesteroides, uno de los componentes activos en ECF, a una dosis de 1 mg/L y reportaron un incremento de 65% en la producción de parcha (*Passiflora edulis*) correspondiendo a 20 t/ha, en comparación con el control (12 t/ha). Luego de la aparición de las primeras flores de parcha, se aplicó brasinoesteroides por tres semanas consecutivas, y esto ocasionó un mayor número de frutas por plantas en comparación con el control (De Menezes *et al*., 2006). En el 2015, Morales-Payán, reportó un aumento en el peso de frutas de mangó (*Mangifera indica*) mercadeables hasta un 16% a una dosis de 4 y 6 mL/L, al utilizar un bioestimulante a base de una mezcla de 5% aminoácidos y 30% de potasio, mientras que Mancilla y Mauricio (2000) al evaluar cuatro tratamientos a base de aminoácidos en el cultivo de kiwi (*Actinidia deliciosa*) encontraron

aumento significativo en el rendimiento para los cuatro tratamientos cuando fueron comparados con el control.

Cuadro 3. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el peso de la cosecha total, mercadeable y no mercadeable. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. *

Tratamiento	**Cosecha total (kg/árbol)**	**Frutas mercadeables (kg/árbol)**	**Frutas no mercadeables (kg/árbol)**
Control	23.28a	15.82a	7.46a
AN	28.25a	22.58ab	5.67a
ECF	31.52a	26.68 bc	4.84a
MAA	42.98 b	31.99 c	11.0 b

*Valores con la misma letra en una misma columna no son significativamente diferentes (Duncan P > 0.05). ECF= extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae, MAA= mezcla de aminoácidos, AN= extracto de *Ascophyllum nodosum*.

Distribución de la cosecha en el tiempo

Los árboles en los cuatro tratamientos comenzaron a cosecharse 29 semanas después de la florecida (SDF). La cosecha tuvo una duración de 11 semanas comenzando desde el 8 de agosto hasta el 15 de octubre de 2014. Se realizaron un total de cinco cosechas.

El 54% de la cosecha del grupo control ocurrió 29 SDF, seguido de una disminución de la cosecha 30 SDF y un cese de la misma 35-36 SDF, para finalizar con un 30% de las frutas cosechadas 39 SDF. En los árboles tratados con MAA el 53% de las frutas se cosecharon 39 SDF, en la última semana del periodo de cosecha. En ECF se cosecho el 36% de las frutas 35 SDF y 28% 39 SDF. El porcentaje de frutas cosechadas en AN fue aumentando a través del tiempo hasta tener el máximo de su cosecha (32%) al finalizar la época de cosecha 39 SDF (Figura 3).

Estos datos muestran como los árboles control concentraron su cosecha al comienzo de la temporada de cosecha, disminuyendo y cesando posteriormente. En contraste, el tratamiento ECF

concentró su cosecha a partir de la mitad de la temporada hasta el final de la misma. En MAA se cosechó el mayor porciento de frutos al finalizar la temporada, al igual que en AN. Sin embargo, en AN se observa que el porciento de frutas cosechadas aumentaba progresivamente según pasaba el tiempo.

En su investigación, Olivera-Olivera (2015) reportó un desplazamiento hacia adelante de la cosecha en el tiempo en los árboles tratados con bioestimulantes en el 2012. Sin embargo, este desplazamiento no fue significativo respecto al tratamiento control. Este cambio en el tiempo no ocurrió en nuestro experimento.

En comparación con el tratamiento control, los demás tratamientos tuvieron mayor peso de fruta cosechado a través del tiempo, luego de 30 semanas después de la florecida. En el experimento de Olivera-Olivera (2015) en general la cosecha de los árboles control a través del tiempo tendió a ser menor, en términos de número de frutas, al compararse con los tratamientos a base de bioestimulantes y que 30 SDF o 215 DDF (días después de la florecida) en el grupo control se redujo número de frutas cosechadas. En la investigación presente, también hubo un cese en la cosecha del grupo control 35 y 36 SDF. Esta distribución de cosecha en el tiempo puede ser una herramienta útil para la planificación de la cosecha. Esto podría ser de importancia para la salida del producto al mercado, en cuanto a si se desea obtener el mayor porciento de frutas cosechadas al comienzo, a mitad o al finalizar la época de cosecha.

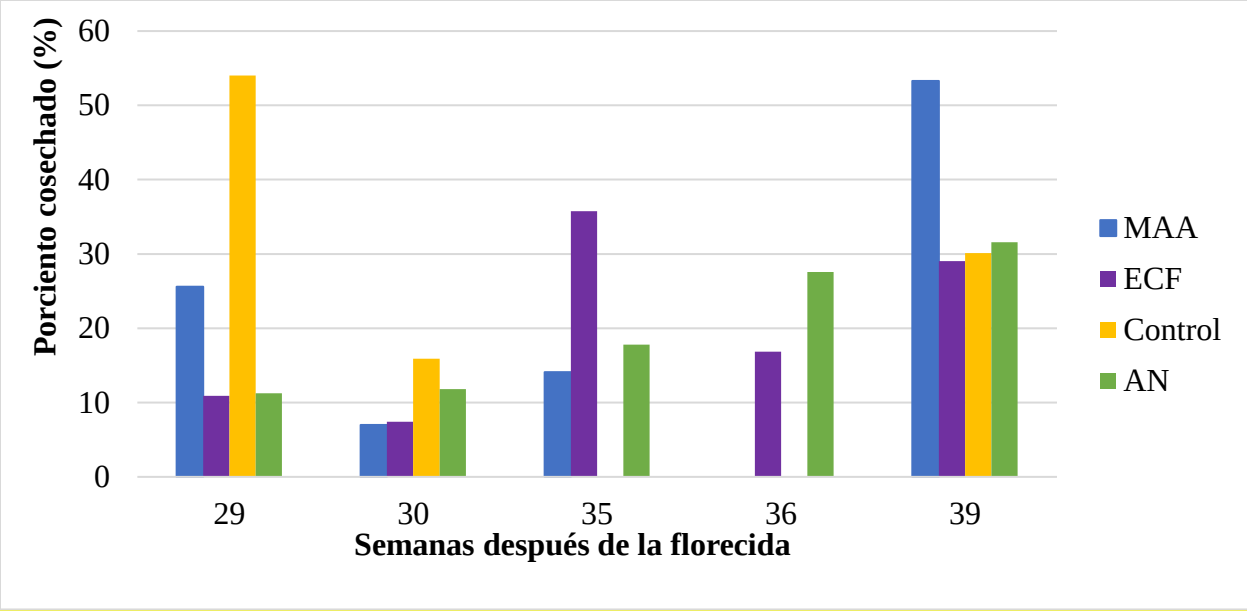

Figura 3. Cosecha realizada en el experimento de bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. Se muestra la cosecha por árbol después de la floración, según el tratamiento. La semana 29 corresponde al 8 de agosto de 2014 y la semana 39 al 15 de octubre de 2014. MAA= mezcla de aminoácidos libres; EAN= extracto de *Ascophyllum nodosum*; ECF = extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae.

Diámetro ecuatorial promedio de la fruta

Esta variable tuvo homogeneidad y normalidad de varianza. Todos los tratamientos a base de bioestimulantes aumentaron el diámetro de las frutas al compararse con el grupo control. Sin embargo, no hubo diferencia significativa al comparar los tratamientos de bioestimulantes entre sí. En comparación con el control (50 mm), el diámetro en los tratamientos de AN y MAA fue mayor en 5 mm y ECF en 4 mm (Figura 4).

Los resultados de este experimento con pulasán coinciden con el de Norrie y Keathley (2006), que utilizaron un extracto de *A. nodosum* a una dosis de 2L/ha con 4-8 aplicaciones en uvas Thompson (*Vitis vinífera*) y reportaron un incremento de 7.7% en 2003 y un 12.4% en 2004 de aumento en el tamaño promedio de las bayas.

Olivera-Olivera (2015) reportó un aumento en 13 mm en el diámetro de las frutas de pulasán tratadas con ECF en comparación con el grupo control. Este efecto en el diámetro de las frutas se pudo deber a los brasinoesteroides, compuestos identificados en el bioestimulante ECF, que regulan el crecimiento y el desarrollo de las plantas. El diámetro promedio de la fruta control reportado por Olivera-Olivera fue 54 mm, en nuestro experimento el diámetro promedio de las frutas bajo el grupo control fue de 50 mm.

Longitud vertical promedio de la fruta.

Esta variable tuvo homogeneidad y normalidad de varianza. La longitud de las frutas tratadas con AN fue 5 mm mayor que las provenientes del grupo control. No hubo diferencia significativa al comparar los tratamientos de bioestimulantes entre sí (Figura 4). Este resultado no coincide con el de un estudio realizado en kiwi (*Actinidia deliciosa*), que reportó que un extracto de algas a una concentración de 2% incrementó la longitud de la fruta por 16 mm (Chouliaras y Gerascapoulos, 1997). Las diferencias de resultados entre estos dos estudios pudieran deberse a que se trata de dos frutas diferentes (kiwi y pulasán), a las condiciones de clima y manejo y/o a las formulaciones de bioestimulantes utilizadas en ambos estudios.

Peso promedio de la fruta intacta o completa

Los resultados de esta variable no cumplieron con los supuestos de homogeneidad y normalidad de varianza, por lo que los datos fueron transformados a mínimos cuadrados generalizados para observar la varianza de los residuales. Todos los tratamientos a base de bioestimulantes tuvieron mayor peso en comparación con el grupo control (66 g). Al compararse con el control, el tratamiento AN tuvo un aumento de 21 g, el de MAA de 16 g y ECF de 11 g (Figura 5). Esta diferencia en el peso de la fruta intacta pudiera ser una consecuencia del mayor diámetro y longitud alcanzados por los frutos tratados con bioestimulantes.

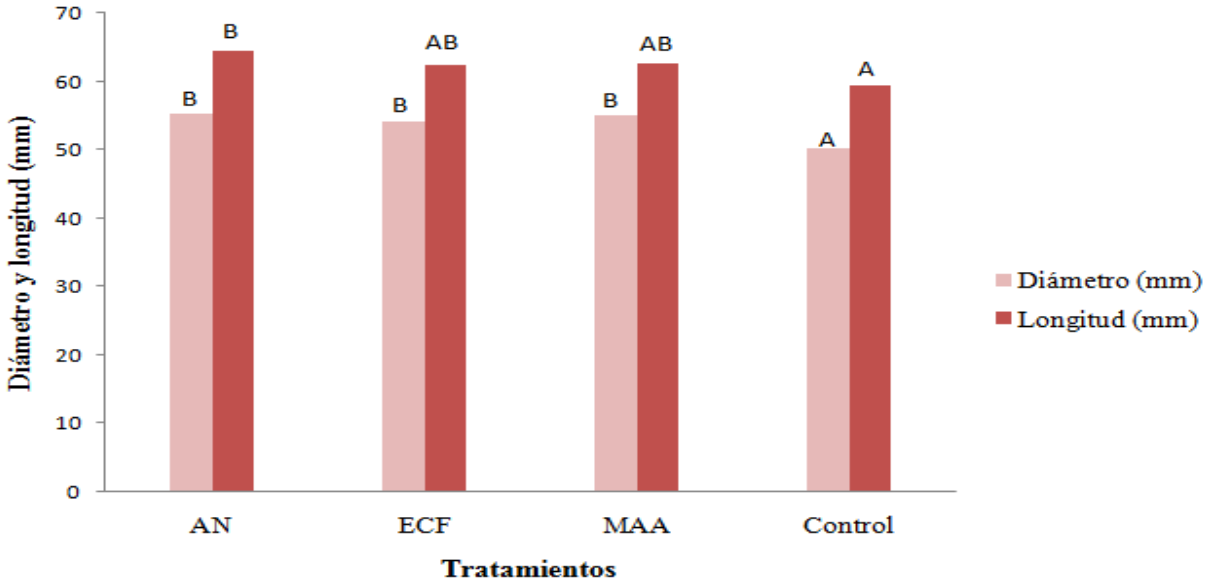

Figura 4. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el diámetro y longitud de frutas comerciales de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. Barras con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey P>0.05). ECF= extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae, MAA= mezcla de aminoácidos, AN= extracto de *Ascophyllum nodosum.*

Algunos experimentos con bioestimulantes que han documentado un aumento en el peso de las frutas intacta incluyen a Norrie y Keathley (2006), quienes encontraron un incremento de 26.5% en 2003 y un 38.8% en 2004 de aumento en el peso promedio de las bayas en uvas Thompson (*Vitis vinífera*) al utilizar un extracto de *A. nodosum* a una dosis de 2L/ha con 4-8 aplicaciones (Norrie y Keathley, 2006). Chouliaras y Gerascapoulos (1997) reportaron que un extracto de algas a una concentración de 2% incrementó el peso de la fruta de kiwi (*Actinidia deliciosa*) por cerca de 25 g. El aumento en peso de la fruta intacta se puede explicar por efecto de hormonas como las citoquininas y las auxinas presentes en el extracto de alga (Craige, 2010).

Olivera-Olivera (2015) no encontró diferencia entre estos tratamientos en la fruta de pulasán, reportando un peso promedio de 64 g.

El aumento en tamaño y en peso se puede explicar en AN por el contenido de reguladores de crecimiento como lo son las auxinas, y las citoquininas presentes en el extracto de algas y en ECF por los brasinoesteroides presentes en el producto. Estos compuestos con acción hormonal regulan los procesos de división y elongación celular. Mientras que MAA contiene aminoácidos y péptidos que propician actividades enzimáticas. Estas actividades enzimáticas influyen en la formación de reguladores de crecimiento y en la mejor utilización de los nutrientes en la planta (Maini, 2000).

Peso promedio del pericarpio o cáscara

Los resultados de esta variable no cumplieron con los supuestos de homogeneidad y normalidad de varianza, por lo que los datos fueron transformados a mínimos cuadrados generalizados para observar la varianza de los residuales. Los tratamientos a base de bioestimulantes fueron estadísticamente diferente del grupo control y aumentaron el peso promedio de pericarpio por fruta, respecto al control (45 g). AN tuvo un aumento en 10 g y MAA en 7 g, sin embargo, no hubo diferencia significativa entre ellos. ECF tuvo un aumento en 4 g, pero no fue estadísticamente diferente de MAA (Cuadro 4). En su experimento en pulasán, Olivera-Olivera (2015) no encontró diferencia significativa entre estos tratamientos, para esta variable. En promedio, se reportó un peso promedio para el pericarpio de pulasán de 41 g (Olivera-Olivera, 2015).

Peso promedio de la semilla

Esta variable tuvo homogeneidad y normalidad de varianza. AN tuvo un aumento de 0.40 g en comparación con el grupo control (3 g) sin embargo, esta diferencia no fue significativa al

comparar los tratamientos de bioestimulantes entre sí (Cuadro 4). Olivera-Olivera (2015) no encontró diferencia significativa entre estos tratamientos para esta variable, reportando un peso promedio de la semilla de 2 g.

Peso de la pulpa o el arilo

Esta variable no cumplió con los supuestos de homogeneidad y normalidad de varianza por lo que los datos fueron transformados a mínimos cuadrados generalizados para observar la varianza de los residuales. El peso promedio de la pulpa fue significativamente mayor para todos los tratamientos a base de bioestimulantes cuando se compara con el grupo control (18 g). Sin embargo, no hubo diferencia cuando se comparan los tratamientos de bioestimulantes entre sí. En comparación con el grupo control, el aumento en el peso promedio de la pulpa fue en 10 g para AN, en 7 g para MAA y en 6 g para ECF (Cuadro 4). En su experimento Olivera-Olivera no encontró diferencia significativa entre estos tratamientos para esta variable. En promedio el peso de la pulpa reportado por Olivera-Olivera (2015) fue 18 g.

Concentración total de solidos solubles (°Brix) en la pulpa

No hubo diferencia significativa entre las medias de los tratamientos para la concentración promedio del total de solidos solubles. El °Brix promedio para las frutas de pulasán fue de 17 °Brix (Cuadro 4). Olivera-Olivera (2015) tampoco encontró diferencias significativas entre estos tratamientos en el grado Brix˚, reportando un promedio de 18 °Brix para las frutas. En cambio, en un experimento con tomate (*Lycopersicon esculentum*), Melkamu (2008) reportó que plantas tratadas con el extracto de Fabaceae y Caryophyllaceae produjeron frutos con mayor concentración de azúcares reductores y total de azúcares y mantuvieron niveles altos de azúcares durante el almacenamiento.

Cuadro 4. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente durante la fase de formación de frutos en parámetros selectos de calidad en frutas comerciales de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2014. *

Tratamientos	**Diámetro (mm)**	**Longitud (mm)**	**Peso (g)**	**Peso pericarpio (g)**	**Peso pulpa (g)**	**Peso semilla (g)**	**Brix (°)**
AN	55.26 b	64.54 b	86.27 c	54.92 c	28.08 b	3.28 b	17.36a
ECF	54.12 b	62.51ab	76.92 b	49.43 b	24.40 b	3.09ab	17.65a
MAA	55.12 b	62.64ab	80.25 bc	51.84 bc	25.15 b	3.26ab	16.40a
Control	50.15 b	59.50a	65.67a	44.55a	18.23a	2.89a	16.84a

*Valores con la misma letra en una misma columna no son significativamente diferentes (Tukey P >0.05). ECF= extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae, MAA= mezcla de aminoácidos, AN= extracto de *Ascophyllum nodosum*.

Resumen 2014: Bioestimulantes aplicados durante la fase de formación de fruto

Los árboles tratados con MAA tuvieron mayor cantidad y peso de fruta cosechada, tanto mercadeable como no mercadeable.

El diámetro ecuatorial de frutas de árboles tratados con bioestimulantes fue mayor que en frutas control.

El peso promedio de la fruta completa, el pericarpio y la pulpa fue afectado positivamente con el uso de bioestimulantes.

El peso promedio de fruta completa, AN aumentó en 21 g, MAA en 16 g y ECF en 11 g.

La longitud promedio de las frutas tratadas con el bioestimulante AN fue mayor que en el control.

La distribución de peso de la fruta en pericarpio, pulpa y semilla no fue afectada por los tratamientos.

La concentración total de solidos solubles en la pulpa (°Brix) no fue afectada por los tratamientos y fue en promedio 17°.

La cosecha comenzó 29 SDF (8 de agosto de 2014), y culminó 39 SDF (15 de octubre de 2014). La cosecha tuvo una duración de 11 semanas y se recogió fruta de los árboles en cinco fechas.

Los tratamientos afectaron como se distribuyó la cosecha de fruta desde la primera recogida de fruta mercadeable hasta la última. El grupo control concentró el máximo de la cosecha al comienzo de la temporada de recogida de fruta mercadeable. El tratamiento con ECF concentró la cosecha entre la mitad de la temporada y el final de la misma. En cambio, los tratamientos con AN y con MAA concentraron la cosecha de fruta hacia el final de la temporada de recogida de fruta mercadeable.

Aumento en diámetro de la fruta a través del tiempo

El diámetro de las frutas tuvo un patrón de crecimiento exponencial a través del tiempo. Hasta la semana 15 después de la florecida (DF), no hubo una diferencia marcada en el aumento en diámetro de las frutas entre los tratamientos (Figura 5). A partir de la semana 15, se notó mayor diferencia entre los diámetros promedio de los frutos de árboles con los diferentes tratamientos, encontrándose en general mayor diámetro de fruta con el tratamiento de extracto de alga marina (AN) y menor con el tratamiento de aminoácidos (MAA). La tendencia se acentuó al iniciar la etapa de cosecha de la fruta mercadeable, encontrándose que la fruta de árboles con el tratamiento AN tuvieron un diámetro ecuatorial significativamente mayor (5 mm más) que frutas de árboles control.

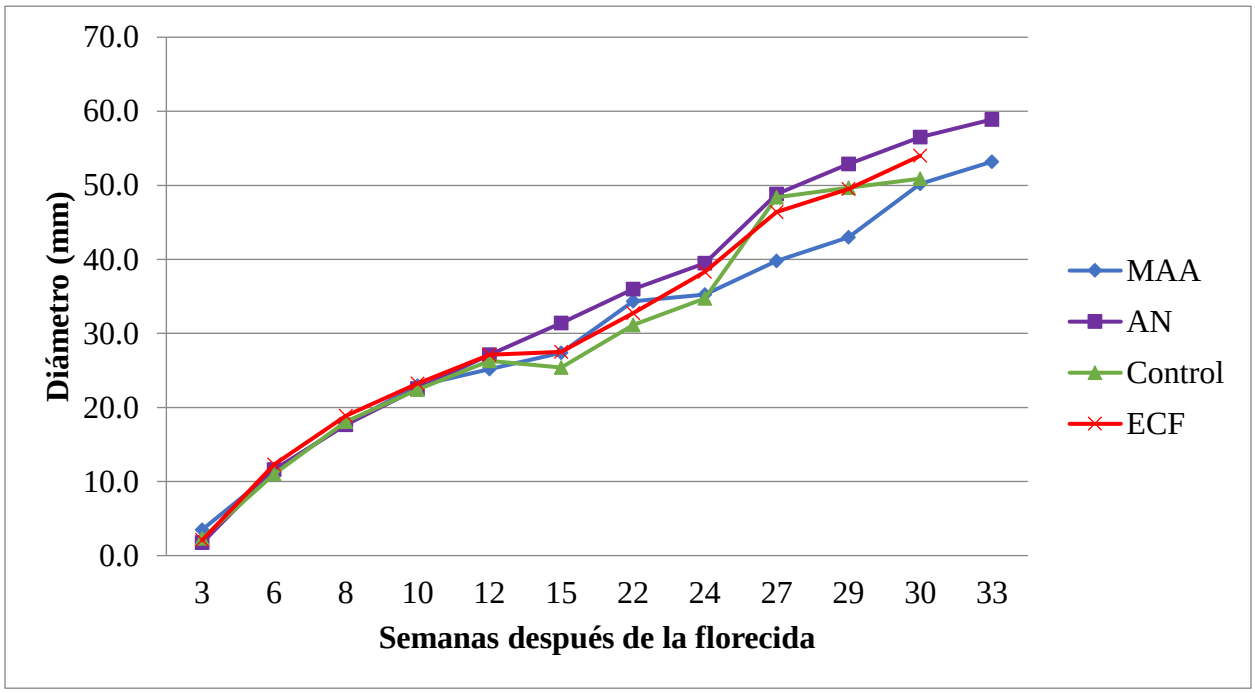

Figura 5 . Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el diámetro de la fruta de pulasán a través del tiempo. Mayagüez, Puerto Rico, 2015. El 'triángulo' (color verde) representa el grupo control, el 'cuadrado' (color violeta) representa AN= *Ascophyllum nodosum*, el 'diamante' (color azul) representa MAA= mezcla de aminoácidos, y la 'equis' (color rojo) representa ECF= extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae.

No se conocen otros experimentos con bioestimulantes en pulasán, excepto el de Olivera-Olivera (2015), en el que se reportó que en la semana 22 DF las frutas de plantas tratadas con AN tuvieron 10.1 mm más de diámetro que las frutas de árboles tratados con MAA. Sin embargo, en ese experimento no encontró diferencia significativa atribuible a los tratamientos en el diámetro de las frutas mercadeables al momento de la cosecha.

Al revisar la literatura, no encontramos ningún informe detallado sobre las fases de crecimiento del pulasán. La mayoría de los estudios sobre la formación y el desarrollo de frutos en la familia Sapindaceae se han realizado en litchi y en longan, y estos deben servir de modelo para el pulasán hasta que se lleve a cabo un estudio del desarrollo de la fruta a nivel de tejidos y células en pulasán. Li (2001) indicó que la división celular en la pared del ovario es muy activa antes de la antesis, pero se detiene al llegar la antesis (apertura de las flores). Wang y colaboradores (2000) identificaron una segunda ola de división celular en el pericarpio, 14 días después de la antesis. La división celular cesa aproximadamente a los 19 días después de la antesis, en el mesocarpio interno, a los 32 días en el mesocarpio externo y a los 47 días en el endocarpio y el epicarpio. Para que haya un pericarpio más grande y por consiguiente una fruta más grande, el período de duración de la división celular del pericarpio debe ser más largo (Wang *et al*., 2000). Coombe (1976) destacó que la división celular antes de la antesis y la expansión celular después de la antesis parecen ser los mayores determinantes en el incremento del peso de los frutos con pulpa, mientras que la división celular luego de la antesis tiene una contribución adicional pequeña.

Huang y Xu (1983) estudiaron los patrones de desarrollo de los tejidos de diferentes variedades de litchi y la relación entre sus tejidos. Estos autores reportaron que la semilla y el pericarpio crecieron primero y en forma prácticamente sincronizada, mientras que la pulpa aceleró su crecimiento después que el crecimiento de la semilla y el pericarpio se había reducido, indicando

relación y dependencia del crecimiento de las partes del fruto. El crecimiento del fruto de litchi tiene un patrón sigmoide, con duración de 50 a 90 días, dependiendo de las variedades y de la duración de la Fase I, que está dominada por el crecimiento del pericarpio y la testa. En cambio, la Fase II está dominada por el crecimiento del arilo y del embrión, principalmente el cotiledón. La Fase II a su vez puede ser dividida en dos sub etapas; IIa dominada por el crecimiento del cotiledón y IIb dominada por el crecimiento del arilo. Estas fases ocurren en las frutas con semillas normales (Huang y Huang, 2005). Cuando las semillas abortan después que el fruto ha alcanzado un tamaño considerable, el crecimiento subsiguiente del pericarpio no es afectado. En cambio, el aborto de la semilla favorece el crecimiento de la pulpa. Esto sugiere una posible relación en la que el embrión (semilla) domina la captación de hormonas disponibles, mientras que cuando la semilla está presente el arilo es un receptor minoritario.

Huang y Xu (1983) opinan que el pericarpio en desarrollo provee sustancias que promueven el crecimiento del arilo, y/o que el pericarpio ya desarrollado ofrece espacio para el crecimiento del arilo. Al menos en la variedad 'Guiwei', el crecimiento del embrión comienza 5 días después de la antesis, mientras que el pericarpio y la testa comienzan a crecer después de la fertilización del óvulo, sugiriendo que un pericarpio más grande es necesario para tener una fruta más grande.

Esta correlación entre el crecimiento de los tejidos del fruto de litchi en desarrollo pudiera explicarse por una secuencia regulatoria que va de la semilla al pericarpio y luego al arilo (Huang y Xu, 1983). En efecto, el desarrollo del fruto de litchi ha sido asociado con cambios en las concentraciones de algunas hormonas (Menzel y Waite, 2005). Así, se ha reportado que en frutos jóvenes suelen haber bajas concentraciones de auxinas, pero esta aumenta en la semilla llegando a un pico de concentración cuando el endospermo se llena (aproximadamente 10 días de después de

la floración), y de nuevo cuando los cotiledones alcanzan su tamaño máximo. En cambio, las giberelinas aumentan de concentración después de la antesis y cuando comienza el crecimiento del arilo. Por otro lado, las concentraciones de citoquininas son altas 10 días después de la floración. Crane (1964) destaca que la semilla es fuente de hormonas de crecimiento en varias frutas. En ese sentido, se ha sugerido que en litchi el endospermo y el arilo son fuentes de citoquininas (Ji *et al*., 1992).

En nuestro experimento el tratamiento AN causó el mayor aumento del diámetro de fruto luego de la semana 15 DF y al momento de la cosecha. El efecto de AN puede estar relacionado con los reguladores de crecimiento presentes en esta formulación (citoquininas, auxinas y giberelinas) (Craige, 2010). AN contiene predominantemente citoquininas, con una actividad bioequivalente a100 mg/L de citoquinina kinetina, y se sabe que las citoquininas juegan un papel central en la división celular y estimulan la síntesis de proteínas (Blunden 1977; Stirk *et al*., 2004).

Número de frutos de pulasán retenidos a través del tiempo

No hubo diferencia significativa en el porcentaje de retención de frutas a través del tiempo entre los tratamientos a base de bioestimulantes en comparación con el control. En las primeras 3 SDF los árboles perdieron el 45% de los frutos cuajados originalmente, y 9 SDF los árboles habían perdido el 78% de los frutos. Luego de 9 SDF se comenzó a estabilizar la cantidad de frutos perdidos y por consiguiente los frutos retenidos en el árbol. En general, el porciento de retención de frutas de pulasán para todos los tratamientos fue de 13% a las 24 SDF (Figura 6).

En su experimento Olivera-Olivera (2015) reporta que entre las primeras 2 SDF ocurrió la mayor cantidad de aborto frutal y que la mayor pérdida se extendió hasta 5 SDF, seguido de una estabilización en la cantidad de frutos abortados. Se podría sugerir, que entre 5- 9 SDF el árbol de

pulasán comienza a estabilizar su retención de frutos. Esta información nos permite tener una idea de la cantidad de frutos que podrían cosecharse.

Yuan y Huang (1988) indican que la abscisión de frutas de lichi está asociada con cambios hormonales en la semilla, específicamente aumento en la concentración de ácido abscísico (ABA) y disminución de ácido indolacético (IAA). También en rambután, la concentración de auxinas endógenas o exógenas tiende a mejorar la retención de frutos (Artsuwan, 1979). Además, se ha reportado que en el aborto frutal antes de la cosecha típico en variedades de litchi sin semilla como 'Nuomici' hay una disminución de auxinas y una mayor concentración de ABA, en comparación con aquellas variedades que tienen semillas normales en donde se observa concentraciones altas de citoquininas, giberelinas y auxinas y bajas concentraciones de ABA (Yuan y Huang, 1988).

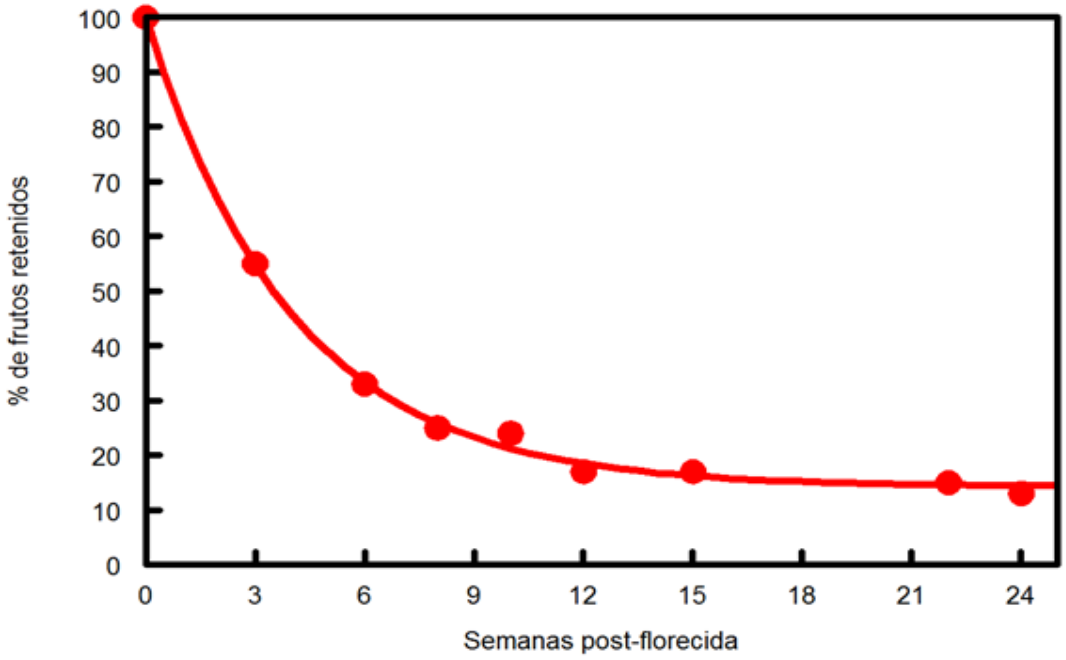

Figura 6. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en la retención de frutas de pulasán desde la floración hasta la cosecha. Mayagüez, Puerto Rico, 2015.

Peso de cosecha total, peso de frutas mercadeables y de frutas no mercadeables

Los resultados de esta variable presentaron homogeneidad y normalidad de varianza. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos a base de bioestimulantes en comparación con el control para la cosecha total. En promedio, en el 2015 el cultivo de pulasán produjo 32 kg/árbol. Tampoco hubo diferencia significativa para el peso de frutas mercadeables cuando comparamos las frutas provenientes de árboles tratados con bioestimulantes y el grupo control. En promedio, hubo una producción de 24 kg/árbol. Este dato coincide con lo expresado por el agrónomo encargado de la finca *Panoramic Fruit* de Mayagüez (donde se llevó a cabo el experimento), quien indica que en esa finca un árbol de pulasán produce en promedio 22.5 kg de fruta. En cuanto al peso de frutas no mercadeables, el tratamiento ECF tuvo un aumento de 8 kg/árbol, en comparación con el grupo control. Sin embargo, el efecto de ECF no fue estadísticamente diferente de los resultados obtenidos al aplicar AN y MAA.

Algunos investigadores han reportado un incremento en el rendimiento de los cultivos al utilizar bioestimulantes, ya sea en peso o en número de frutos. Morales-Payán y Stall (2003a) indicaron que el rendimiento de la uva 'Criolla' dominicana (*Vitis vinífera*) aumentó al aplicarse un bioestimulante a base de cisteína y ácido fólico. Además, Morales-Payán y Stall (2003b), reportaron que a una dosis de 3g/L de una mezcla de péptidos y aminoácidos asperjados en el cultivo de papaya (*Papaya carica*) 1, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días después de la florecida ocasionó un incremento en el rendimiento de hasta un 22%. Ali y colaboradores (2015) encontraron que en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tratadas con un extracto de *A. nodosum* al 2% hubo aumento promedio de 57% en el rendimiento.

En esta investigación en el cultivo de pulasán en Mayagüez, al aplicar los bioestimulantes en la fase de floración (2015), no encontramos diferencia significativa en la producción total de frutas por árbol ni en la producción de frutas mercadeables por árbol (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el peso de la cosecha total, mercadeable y no mercadeable de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2015. *

Tratamiento	**Cosecha total (kg/árbol)**	**Frutas Mercadeables (kg/árbol)**	**Frutas no mercadeables (kg/árbol)**
Control	27.21a	22.45a	4.75a
AN	26.13a	17.71a	8.42ab
ECF	40.59a	28.31a	12.27b
MAA	32.22a	25.87a	6.35ab

*En una columna, valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan P>0.05). ECF= extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae, MAA= mezcla de aminoácidos, AN= extracto de *Ascophyllum nodosum*.

Asumiendo que en pulasán las fases de división y expansión de las células del fruto en formación sean similares a las descritas en otras Sapindaceae como litchi, longan y rambután, las aplicaciones de bioestimulantes no pudieron afectar la división celular en el ovario (que ocurre antes de la antesis) pero sí pudieron haber afectado la división celular del mesocarpio, el endocarpio y el epicarpio (Li, 2001; Huang y Xu, 1983). El hecho de que las frutas de árboles asperjados con AN fueran más grandes (Figura 9) sugiere que AN actuó en el tamaño del pericarpio, que siendo más grande pudo permitir el agrandamiento de la pulpa en el interior del fruto (Coombe, 1976; Wang *et al*., 2000).

Distribución de la cosecha en el tiempo

La cosecha de fruta mercadeable de los árboles comenzó 27 SDF y se recogió fruta de los árboles en cuatro fechas diferentes, independientemente de los tratamientos que recibieron los

árboles. La cosecha tuvo una duración de 7 semanas, comenzando desde el 1 de agosto hasta el 6 de septiembre de 2015. La duración de la cosecha fue de 4 semanas menos que el año anterior (2014). El 50% de la cosecha del tratamiento ECF ocurrió al comienzo del período de la cosecha, 27 SDF, disminuyendo en las semanas siguientes. Un patrón similar se vio en el control y con MAA. Con esos tres tratamientos, los árboles tuvieron más del 80% de las frutas cosechadas en las primeras 3 semanas de la temporada de cosecha. En cambio, con el tratamiento AN se cosechó el 30% de las frutas 29 SDF y el 35% de las frutas 33 SDF. En contraste, no hubo fruta de cosecha 33 SDF en árboles control o con ECF (Figura 7).

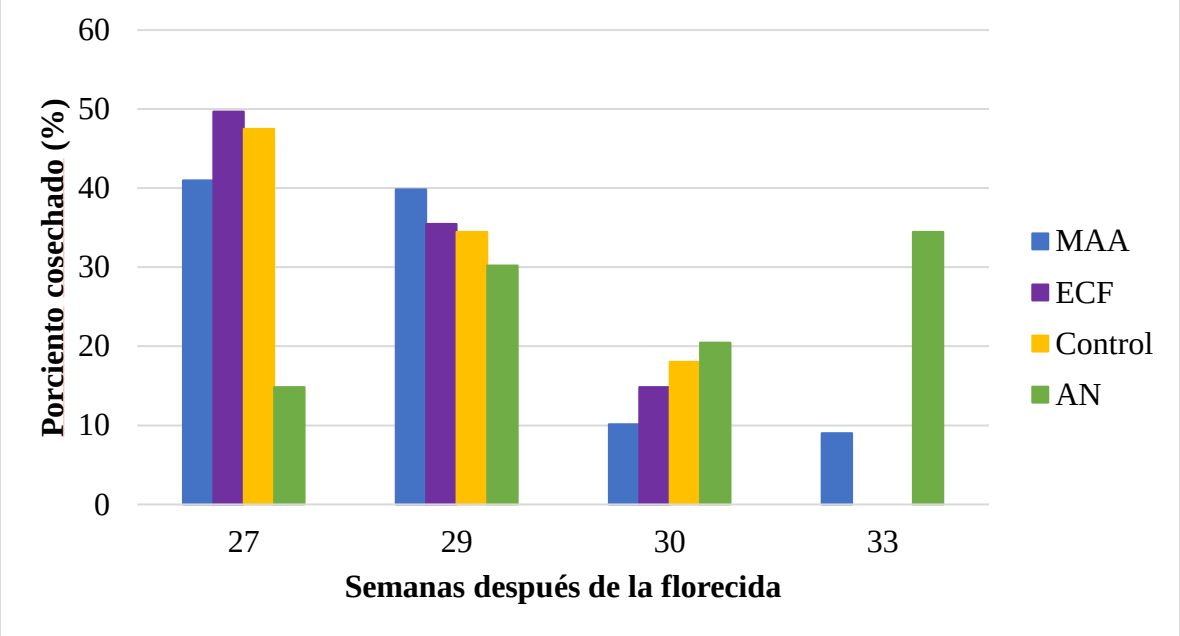

Figura 7. Cosecha por semana en el experimento de bioestimulantes. Mayagüez, Puerto Rico, 2015. Se muestra la cosecha por árbol después de la floración, según el tratamiento. La semana 27 corresponde al 1 de agosto de 2015 y la semana 35 al 6 de septiembre de 2015. MAA= mezcla de aminoácidos libres; ECF = extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae, AN= *Ascophyllum nodosum*.

En el 2014 los bioestimulantes fueron aplicados durante la fase de formación de fruto y en ese experimento también se cosechó el mayor porcentaje de frutas de plantas control al inicio de la temporada de cosecha, seguido por una merma en la cosecha 35-36 SDF. En el 2015 la

aplicación de bioestimulantes empezó durante la floración, y la merma de cosecha en el control ocurrió 33 SDF; es decir, el patrón de distribución de cosecha de frutas en el tiempo fue muy similar en 2014 y 2015 en árboles control (sin bioestimulante) aun cuando los tratamientos se iniciaron en etapas fenológicas diferentes.

En árboles tratados con AN, la distribución de cosecha de fruta en el tiempo también fue similar en 2014 y 2015 (35 y 32% de la fruta cosechada al final de la temporada, respectivamente), mostrando consistencia de efecto de este bioestimulante en esta variable. La distribución de cosecha de frutas en el tiempo fue menos consistente entre 2014 y 2015 en árboles tratados con MAA o con EFC, lo que pudiera indicar una mayor dependencia ambiental en el efecto de estos dos bioestimulantes en pulasán. En el año 2015 la temporada de cosecha fue de los primeros días de agosto hasta fines de septiembre, que fue una duración de 4 semanas menos que en el año 2014 (de los primeros días de agosto hasta fines de octubre).

En la Figura 8, se presenta la precipitación pluvial mensual para el 2014-2015 con relación a floración de los árboles de pulasán (febrero a mayo en 2014 y 2015) y desarrollo de los frutos (junio a principios de agosto). En promedio en el 2014 hubo una precipitación de 2,600 mm, comparado con 2,300 mm en el 2015, es decir, una disminución de 300 mm en la precipitación pluvial del 2015. La precipitación pluvial considerada adecuada para el cultivo de pulasán se encuentra entre los 1,500 y 3,000 mm anuales, de modo que en general la precipitación en 2014 y 2015 estuvo dentro del rango de suficiencia para el cultivo.

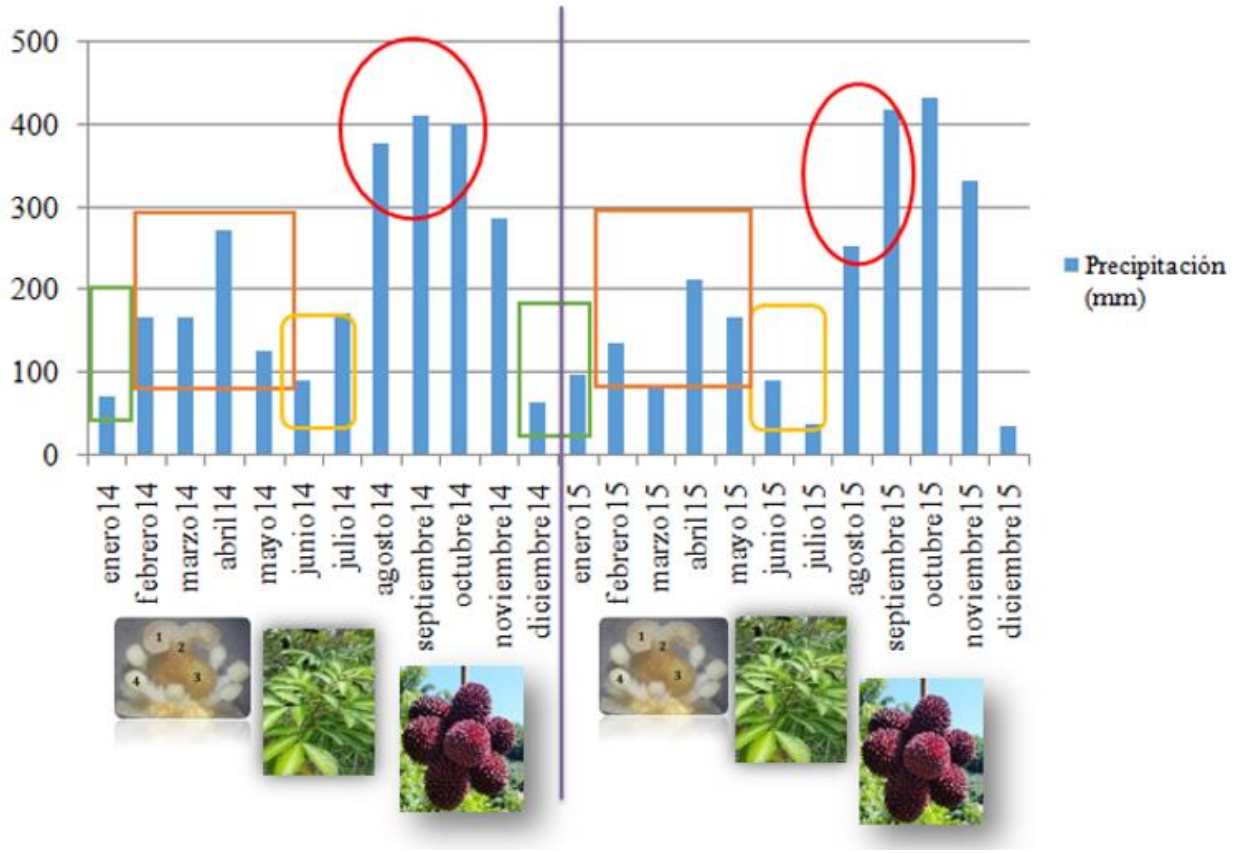

Figura 8. Precipitación pluvial mensual para el 2014-2015 y fenología del cultivo de pulasán (*Nephelium ramboutan-ake*). Mayagüez, Puerto Rico, 2015. Los datos de precipitación pluvial fueron provistos por el Dr. Eric Harmsen, profesor de UPRM, y pueden encontrarse en la página de internet de PRAGWATER.

Sin embargo, además de esa diferencia de casi 12% de precipitación durante el año, la distribución mensual de lluvias también fue diferente en ambos años. En 2014, un mayor volumen de precipitación pluvial en febrero, marzo y abril (floración) y en julio-agosto (etapas finales del desarrollo del fruto) que en 2015 (Figura 8). El manejo general del predio experimental fue similar en 2014 y 2015, por lo que es aparente que las condiciones ambientales, incluyendo la cantidad y distribución de la lluvia, pudo tener influencia en la concentración de la floración y la extensión de la temporada de cosecha. La relación de las condiciones medioambientales con la fisiología,

fenología y productividad del pulasán no ha sido documentada, y deberían ser estudiadas con más detalle en el futuro.

Diámetro ecuatorial promedio de la fruta

Esta variable tuvo homogeneidad y normalidad de varianza. Hubo diferencia significativa en el diámetro promedio de las frutas bajo el tratamiento AN al compararse con el grupo control, las cuales tuvieron un aumento de 5 mm en diámetro (Figura 9). Resultados similares se encontraron en un experimento realizado en arándanos azules (*blueberries*) 'O'Neal' (*Vaccinium corymbosum* L.) se utilizó un extracto de AN a diferentes dosis y se reportó que a una dosis de 420 mL/ha se tuvo el mejor resultado en cuanto al aumento de diámetro ecuatorial, aumentando aproximadamente un 19% en comparación con el grupo control (Loyola y Muñoz, 2011).

Longitud vertical promedio de la fruta

Los resultados de esta variable presentaron homogeneidad y normalidad de varianza. Las frutas de plantas tratadas con AN fueron 4 mm (significativamente) más largas que frutas control (Figura 9). El efecto de alargamiento de la fruta ha sido reportado en otros estudios con frutas como manzana y pera (Bukovac, 1963; Jonkers, 1977; McArtney, 1994; Westwood y Bjornstad, 1968), y en este caso pudiera deberse a la acción de sustancias de tipo hormonal en el extracto de alga, como por ejemplo las citoquininas y giberelinas.

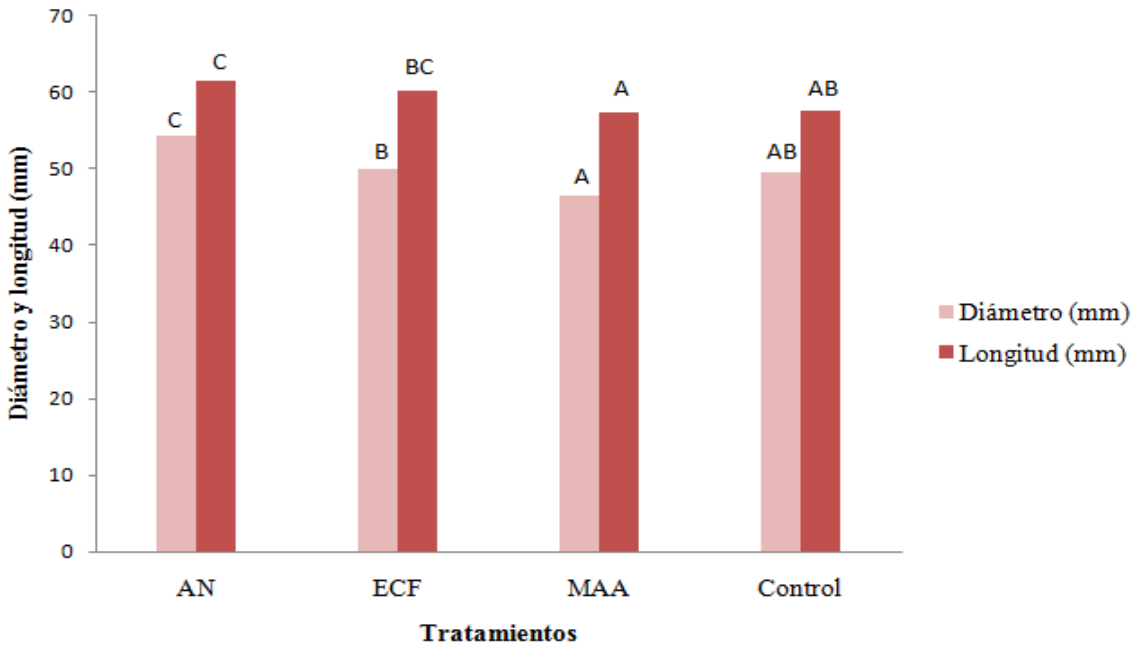

Figura 9. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente en el diámetro y longitud de frutas comerciales de pulasán. Mayagüez, Puerto Rico, 2015. Barras con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey P >0.05). ECF= extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae, MAA= mezcla de aminoácidos, AN= *Ascophyllum nodosum*.

Peso de la fruta intacta o completa

Los resultados de esta variable no cumplieron con los supuestos de homogeneidad y normalidad de varianza, por lo que los datos fueron transformados a mínimos cuadrados generalizados para observar la varianza de los residuales. No hubo diferencia significativa en el peso promedio de la fruta intacta al comparar el grupo control (63 g) con los tratamientos a base de bioestimulantes (Cuadro 6). En el experimento realizado por Olivera-Olivera en el 2013, no encontró diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable, reportando un peso promedio de fruta intacta de 67 g (Olivera-Olivera, 2015), muy similar al de 65 g encontrado en nuestro experimento de 2015.

Peso del pericarpio o cáscara

Los resultados de esta variable no cumplieron con los supuestos de homogeneidad y normalidad de varianza por lo que los datos fueron transformados a mínimos cuadrados generalizados, para observar la varianza de los residuos. No hubo diferencia significativa entre el tratamiento control (41 g) y los tratamientos a base de bioestimulante para esta variable (Cuadro 6). En el experimento realizado por Olivera-Olivera en el 2013, tampoco se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable, reportando un peso promedio del pericarpio de 44 g (Olivera-Olivera, 2015), prácticamente igual que en nuestro experimento (43 g).

Peso de la semilla

Estos resultados cumplieron con los supuestos de homogeneidad y normalidad de varianza. No hubo diferencia significativa en el peso promedio de la semilla entre el grupo control (4.49 g) y los demás tratamientos a base de bioestimulantes (Cuadro 6). En el experimento realizado por Olivera-Olivera en el 2013, tampoco se encontró diferencia significativa para esta variable utilizando los mismos tratamientos. Reportó un peso promedio de la semilla de pulasán de 3 g (Olivera-Olivera, 2015). En nuestro experimento el peso promedio de la semilla fue de 4 g.

Peso de la pulpa o arilo

Los valores registrados para esta variable no cumplieron con los supuestos de homogeneidad y normalidad de varianza por lo que los datos fueron transformados a mínimos cuadrados generalizados para observar la varianza de los residuales. No hubo diferencia significativa en el peso de la pulpa promedio en los tratamientos a base de bioestimulantes al compararse con el grupo control (18 g) (Cuadro 6). En el experimento realizado por Olivera-Olivera en el 2013 no encontró diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable, reportando un peso promedio de la pulpa de pulasán de 20 g (Olivera-Olivera, 2015). En nuestro

experimento, el peso promedio de la pulpa fue 2 g menos que lo reportado por Olivera-Olivera (2015), cuando las aplicaciones fueron realizadas durante la fase de floración.

Concentración total de solidos solubles (°Brix) en la pulpa

Los datos obtenidos para esta variable tuvieron homogeneidad y normalidad de varianza. El análisis de varianza revela que hubo un aumento significativo en el °Brix de las frutas de árboles tratados con MAA y AN. Los aumentos fueron de 4° y 3° Brix respectivamente, en comparación con el grupo control (15 °Brix) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de bioestimulantes aplicados foliarmente durante la florecida, en parámetros selectos de calidad en frutas comerciales de pulasán Mayagüez, Puerto Rico, 2015. *

Tratamientos	**Diámetro (mm)**	**Longitud (mm)**	**Peso (g)**	**Peso pericarpio (g)**	**Peso pulpa (g)**	**Peso semilla (g)**	**Brix (°)**
AN	54.32 c	61.55 c	72.17 b	47.19 b	20.62 b	4.36ab	18.42 b
ECF	49.97 b	60.23 bc	68.32 b	46.76 b	16.88a	4.68 b	17.86ab
MAA	46.57a	57.30a	57.76a	38.65a	15.16a	3.95a	18.82 b
Control	49.67ab	57.67ab	63.32ab	40.50ab	18.33ab	4.49ab	15.07a

*En una columna, valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre ellos (Tukey P >0.05). ECF= extracto de plantas de las familias Caryophyllaceae y Fabaceae, MAA= mezcla de aminoácidos, AN= extracto de *Ascophyllum nodosum*.

Se ha reportado que la absorción de potasio en las frutas de litchi, es mucho mayor que la de fósforo, calcio y magnesio. Siendo el potasio traslocado en conjunto con los azúcares y contribuyendo a la absorción de agua por medio de un potencial osmótico más bajo (Li y Huang, 1995). Considerando que el tratamiento de MAA contiene potasio, esto podría explicar el aumento en °Brix en la pulpa. Los azúcares predominantes en el arilo de la fruta de litchi son la sacarosa, la glucosa y la fructosa. En la variedad ‘Feizixiao’ y otros cultivares La concentración de azúcar

usualmente disminuye según las frutas se acercan a la maduración completa, este fenómeno ocasiona que la fruta tenga un sabor más suave (Huang y Huang, 2005).

Los reguladores de crecimiento tienen efectos variados en el cultivo de litchi. La 6-bencilaminopurina (6-BA) a 400 mg/L insertada en la panícula tres semanas antes de la cosecha ocasionó una disminución de los azúcares reductores durante la maduración, pero no afectó la concentración de sacarosa en la variedad 'Feizixiao' (Wang y Huang, 2001), mientras que ABA a 800 mg/L incrementó la concentración de azúcares reductores (Huang y Huang, 2005).

Por otra parte, el color del pericarpio es producido por una combinación de clorofila II, antocianinas, carotenoides y flavonoides, siendo las antocianinas las responsables del color rojo (Huang y Huang, 2005). La pigmentación roja ocurre en conjunto con la degradación de la clorofila II (Paull *et al*., 1984; Thakur *et al*., 1990). La falta de coloración en algunas variedades cuando están maduras y listas para cosechar ocurre porque la pigmentación del pericarpio queda rezagada por la acumulación de azúcares en el arilo. En este sentido, Wang y colaboradores (2002), indican que la degradación lenta de la clorofila II probablemente impide la formación de antocianinas. En algunos casos esto puede ser contrarrestado con aplicación de otros compuestos, como en la variedad de litchi 'Feizixiao', en la cual se aumentó la degradación de la clorofila II con ABA 100 mg/L y ácido jasmónico a 50 mg/L (Wang y Huang, 2001).

Morales-Payán indicó que una dosis de 4 y 6 mL/L de un bioestimulante a base de aminoácidos y potasio, aumentó la concentración de solidos solubles presentes en el jugo de la fruta de mango (*Mangifera indica*) de 19.5% en frutas provenientes de los árboles en el grupo control a un 22.5% en frutas tratadas (Morales-Payán, 2015). En un estudio realizado en arándanos azules (*blueberries*) (*Vaccinium corymbosum* L.) Loyola y Muñoz (2011) reportaron que a una dosis de 280 mL/ha de AN se tuvo la mayor cantidad total de solidos solubles en la fruta (14°) en

comparación con el control (12°). Además, en un experimento realizado en tomates (*Lycopersicon esculentum*) se documentó que la mayor porción de glicina, un aminoácido, aplicado a las plantas había sido metabolizado en azucares (Maini, 2000). Lo que pudiera relacionarse al aumento en °Brix en nuestro experimento, al aplicar MAA en la fase de florecida.

En el experimento realizado por Olivera-Olivera en el 2013, no encontró diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable, reportando una concentración total de solidos solubles promedio de 20 °Brix en pulpa de frutas de pulasán (Olivera-Olivera, 2015). Para que las frutas de rambután (cultivo muy similar al pulasán) cumpla con los parámetros de exportación las frutas deben tener de entre 18-20 °Brix (Vargas, 2003). Sin embargo, la literatura indica que el pulasán puede alcanzar 29.6 °Brix (Ratna, 2014).

Resumen 2015: Bioestimulantes aplicados durante la floración

El aumento en el diámetro de las frutas a través del tiempo tuvo un patrón exponencial. El aumento en diámetro fue similar en todos los tratamientos hasta las 15 semanas después de la florecida (SDF). Al cosechar, la fruta comercial tuvo mayor diámetro árboles tratados con AN.

Los tratamientos no influyeron significativamente en el porcentaje de retención final de frutas ni en el peso total de frutas por árbol, ni en el peso promedio de una fruta mercadeable, en comparación con el control.

Las frutas provenientes de árboles tratados con AN tuvieron un diámetro ecuatorial promedio y longitud promedio significativamente mayores (en 5 mm y 4 mm, respectivamente) comparados con el diámetro y la longitud de frutas control.

El peso promedio de la fruta intacta, del pericarpio y de la pulpa no fue estadísticamente diferente en las frutas provenientes de árboles tratados con bioestimulantes al compararse con el grupo control.

La concentración total de solidos solubles (°Brix) promedio aumentó significativamente en las frutas provenientes de los árboles tratados con los bioestimulantes MAA y AN, con respecto a frutas provenientes del grupo control.

En los grupos control, MAA y ECF se cosechó la mayor parte de la fruta hasta la semana 29 DF (primera mitad de la temporada), mientras que en el grupo que recibió el tratamiento AN la mayor parte de la cosecha ocurrió a partir de la semana 29 DF (la segunda mitad de la temporada).

Presencia o ausencia del hongo *Aschersonia* sp. durante la cosecha, 2015

Durante la época de cosecha, en el 12.5% de las frutas evaluadas se encontró la presencia de *Aschersonia* sp. (Figura 10). Se han observado varios hongos entomopatógenos asociados a la escama verde. En Florida, Estados Unidos, estos hongos son: *Verticilium lecanii*, *Aschersonia cubensi* y *Nectria diploa.* (Dekle, 2012). A partir de 1900, se comenzó a utilizar este tipo de hongo como biocontrol de la mosca blanca (Aleyrodidae*)* en los huertos de cítricas (*Citrus* sp.) en Florida (Berger, 1921).

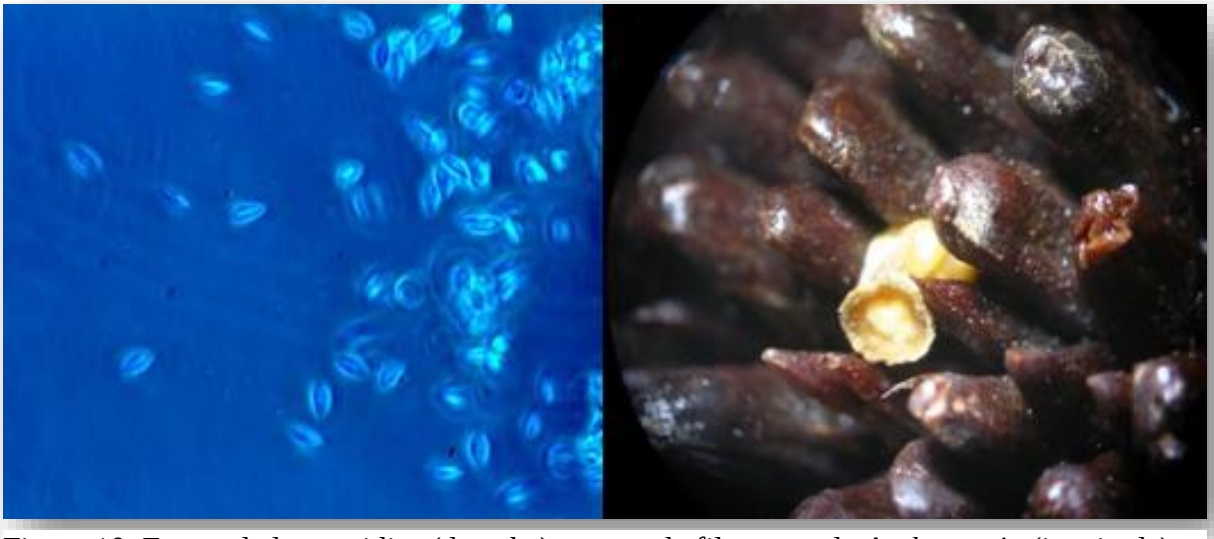

Figura 10. Forma de las conidias (derecha) y masa de filamento de *Aschersonia* (izquierda) (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán).

Presencia o ausencia de fumagina durante la cosecha, 2015

Durante la cosecha el porciento de fumagina fue constante. Un 3% de la totalidad de los árboles evaluados tenía fumagina. *Coccus viridis* excreta melaza, de la cual un grupo de hongos (fumagina) se alimentan. La fumagina ennegrece la hoja y disminuye el potencial de hacer fotosíntesis (Elmer y Brawner, 1975). Esta enfermedad es ocasionada por una asociación de un grupo de hongos, entre ellos el *Capnoium* y hongos pertenecientes al género *Dothideales*, que viven asociados a otros insectos que excretan substancias azucaradas cubriendo en ocasiones la totalidad de la superficie de las hojas, frutas y ramas, y a su vez ocasionando reducción en la cantidad y el número de frutas (Sélia *et al*., 2007).

Evaluación de presencia y abundancia de *Coccus viridis*, 2016

Durante la época de cosecha del 2016, la escama verde se encontró presente en 39% de las frutas comerciables cosechadas. De esas frutas, el 73.5%, el 14.7%, el 8.8% y el 2.9% tuvo un rango de insectos de 1-5, de 6-11, de 30 o más y de 12-17., respectivamente (Figura 11).

La escama verde tiene como hospederos numerosos cultivos de frutas, vegetales y ornamentales. Entre los cultivos hospederos de mayor importancia económica se encuentran el café (*Coffea arábica*), los cítricos (*Citrus* spp.), el aguacate (*Persea americana*) y las orquídeas (Orchidaceae) (Martorell, 1976), todos existentes en las áreas donde se produce pulasán en Puerto Rico. Cuando hay grandes poblaciones de esta plaga, ocurre amarillamiento, defoliación, reducción y pérdida de vigor en la planta (Mau y Kessing, 1992).

En reportes realizados por el Ministerio de Agricultura de Irán (*Bureau of Plant Pest Surveillance and Pest Risk Analysis of Iran*, 2014 y 2015) se destaca la distribución mundial de *C. viridis* y una guía breve para su detección y prevención de entrada en Irán. Este mismo reporte, indica que *C. viridis* se encuentra en Portugal. Mientras que Malumphy (2012) hace referencia a

que la escama verde también se encuentra en Gran Bretaña. En Puerto Rico, de 1984 a 2012 se interceptaron 18 mil adultos de *C. viridis* en los aeropuertos de Carolina, Aguadilla, Ponce y Mayagüez (APHIS PPQ PWUII, 2016). Esta información es relevante, ya que si se desea exportar pulasán al mercado europeo se debe cumplir con las medidas de control para evitar su dispersión.

Figura 11. Fruta de pulasán con escama verde (*Coccus viridis*) (Foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán).

Evaluación post-cosecha del hongo *Lasiodiplodia theobromae*, 2016.

En el 30% de frutas evaluadas se encontró el hongo *Lasiodiplodia theobromae* (Figura 12). En Puerto Rico, el 2014 se reportó por primera vez *Lasiodiplodia theobromae* ocasionado tizón en la inflorescencia y pudrición de la fruta en longan (Serrato-Díaz *et al*., 2014).

Otras enfermedades reportadas en post-cosecha en el rambután (una fruta botánicamente cercana al pulasán) producido fuera de Puerto Rico incluyen la antracnosis ocasionada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, la mancha marrón ocasionada por el hongo *Gliocephalotrichum microchamydosporum* y la pudrición del pedúnculo ocasionada por el hongo *Botryodiplodia theobromae* (Abeyesekere *et al*., 1997; Crane *et al*., 1997; Sheng-Yan *et al*., 2005; Sivakumar *et al*., 1997; Sivakumar *et al*., 2002). Estas enfermedades que afectan al rambután no fueron detectadas en pulasán en esta investigación, pero siendo dos especies frutales estrechamente relacionadas, cabe la posibilidad de que el pulasán también sea afectado por estos hongos, y deben tomarse en cuenta en investigaciones futuras de post-cosecha de pulasán en Puerto Rico.

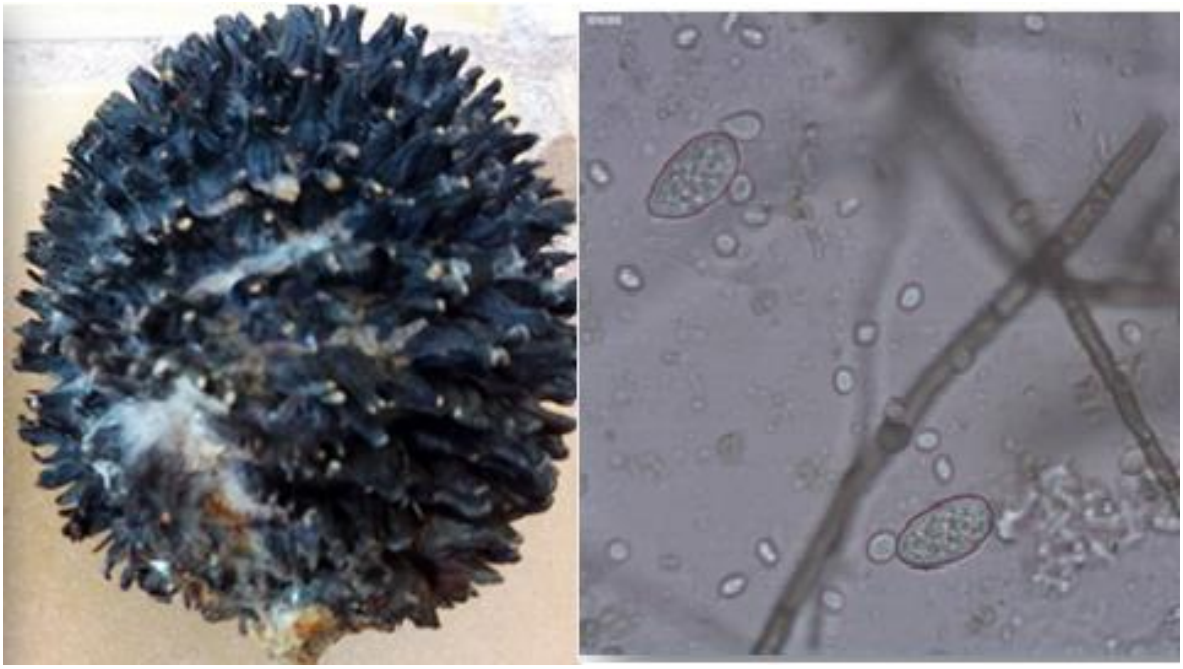

Figura 12. Fruta de pulasán con aspecto momificado, 10 días después de la cosecha (izquierda; foto de José Pablo Morales-Payán). Conidias de *Lasiodiplodia theobromae* (derecha; foto de Zuleyka Rodríguez-Pagán.

Resumen 2015-2016: Presencia de plagas y enfermedades en pulasán

Se encontró la presencia de fumagina en las hojas de pulasán en el predio experimental (3% de incidencia).

Se comprobó la presencia de *L. theobromae* en frutas de pulasán cosechadas en Puerto Rico. El hongo fue detectado en aproximadamente el 30% de las frutas evaluadas en post-cosecha.

Se identificó el insecto plaga *Coccus viridis* en frutas de pulasán. Cerca del 39% de las frutas examinadas en post-cosecha estaban infestadas por *C. viridis*, y de estas aproximadamente el 73% tuvo de 1 a 5 insectos por fruta, el 14.7%, el 8.8% y el 2.9% tuvo un rango de insectos de 6-11, de 30 o más y de 12-17, respectivamente

Se detectó el hongo entomopatógeno *Aschersonia* sp. en el 12.5% de las frutas evaluadas durante la cosecha.

Comparación de resultados en los experimentos con bioestimulantes en 2014 y 2015

Aplicaciones de bioestimulantes durante la fase de formación de frutos (2014)	**Aplicaciones de bioestimulantes durante la florecida (2015)**
La cosecha total promedio aumentó en 20 kg/árbol al utilizar MAA.	La cosecha total promedio para el cultivo de pulasán fue 32 kg/árbol. No hubo diferencia estadística significativa al comparar los tratamientos a base de bioestimulantes con el grupo control.
El peso de frutas mercadeables aumentó en 10.86 kg/árbol y 16.17 kg/ árbol en ECF y MAA, respectivamente.	El peso de frutas mercadeables no fue estadísticamente diferente al comparar las frutas tratadas con bioestimulantes con el grupo control. El promedio de frutas mercadeables fue de 24 kg/árbol.
El peso de frutas no mercadeable aumentó en 3.54 kg/ árbol en los árboles tratados con MAA.	El peso de frutas no mercadeables amentó en 8 kg/árbol en las frutas provenientes de árboles tratados con ECF. Sin embargo, ECF no fue diferente de AN y MAA
El diámetro ecuatorial promedio de las frutas tratadas con formulaciones a base de bioestimulantes aumentó respecto al control. AN y MAA aumentaron el diámetro de las frutas en 5.0 mm y ECF en 4.0 mm.	El diámetro ecuatorial promedio de las frutas provenientes de árboles tratados con AN aumentó en 5 mm.
La longitud promedio de las frutas tratadas con el bioestimulante AN aumentó en 5.0 mm en comparación el grupo control.	La longitud promedio de las frutas provenientes de árboles tratados con AN tuvieron un aumento en 4 mm en comparación con el grupo control. Sin embargo, AN y ECF no fueron diferentes entre sí.
El peso promedio de la fruta intacta, el pericarpio y la pulpa fue afectado positivamente con el uso de bioestimulantes. ➢ El peso promedio de la fruta intacta, aumento al utilizar AN en 21 g, MAA en 16 g y ECF en 11 g. ➢ El peso del pericarpio ocupó el 64% para los tratamientos de AN y ECF. Y el 65% para MAA y 68% para el control.	El peso promedio de la fruta intacta, del pericarpio y de la pulpa no fue afectado positivamente con el uso de bioestimulantes. ➢ El peso promedio de la fruta intacta fue de 65.40 g. ➢ El peso promedio del pericarpio fue de 43.28 g. ➢ El peso promedio de la pulpa fue de 17.75 g ➢ El peso promedio de la semilla fue de 4.37g. ➢ El peso del pericarpio ocupo el 66% del peso de la fruta intacta.

➢ El peso de la pulpa ocupó el 33% para AN, 32% para ECF y MAA y 28% para el grupo control.	➢ El peso de la pulpa ocupo el 27% del peso de la fruta intacta. ➢ El peso de la semilla ocupo el 7%. Del peso de la fruta intacta.
El °Brix promedio para las frutas de pulasán fue de 17 °Brix.	El °Brix promedio aumentó en 4° y 3 ° para las frutas provenientes de los árboles tratados con los bioestimulantes MAA y AN. En comparación el grupo control tuvo en promedio 15°.
La cosecha comenzó 29 SDF (8 de agosto de 2014), y culminó 39 SDF (15 de octubre de 2014). Tuvo una duración de 11 semanas y se realizaron 5 cosechas.	La cosecha comenzó 27 SDF (1 agosto de 2015), y culminó 33 SDF (6 de septiembre de 2015). La cosecha tuvo una duración de 7 semanas. Se realizaron un total de 4 cosechas.
El grupo control concentró el máximo de la cosecha al comienzo de la temporada y tuvo una disminución y un cese de la misma. ECF concentró su cosecha a partir de la mitad de la temporada hasta el final de la misma. AN tuvo un aumento en el porciento de frutas cosechadas a través del tiempo, concentrando el máximo de la cosecha al finalizar la temporada, similar a MAA.	El grupo control concentró el máximo de la cosecha al comienzo de la temporada y tuvo una disminución y un cese de la misma. ECF tuvo el 50% de sus frutas cosechadas al comienzo de la temporada, mientras que se observó una disminución en las semanas siguientes. Esta distribución fue similar para el grupo control y para MAA. Los tratamientos control y ECF, no se cosecharon 33 SDF. AN tuvo una distribución del porciento de frutas cosechadas a través del período de cosecha similar al año anterior, siendo el 35% de las frutas cosechadas al final de la época de cosecha.
Variable no evaluada en este año.	El aumento en el diámetro de las frutas a través del tiempo fue diferente 15 semanas después de la florecida (SDF). El tratamiento AN tuvo un aumento en diámetro de 6 mm, y MAA y ECF en 2 mm. AN fue significativamente mayor cuando se compara con ECF y MAA.
Variable no evaluada en este año.	El porciento de retención de frutas de pulasán fue de 13% a las 24 SDF. Hubo una absición frutal del 78% a las 9 SDF.

Presencia de plagas en pulasán en una finca en las montañas de Mayagüez, 2015 y 2016
En el 12.5% de las frutas evaluadas durante la cosecha se encontró *Aschersonia* sp.
El 3% de los árboles evaluados tenían fumagina.
En el 39% de las frutas evaluadas se encontró *C. viridis*. El 73% de estas frutas tenían entre 1-5 insectos por fruta, el 14.7%, el 8.8% y el 2.9% tuvo un rango de insectos de 6-11, de 30 o más y de 12-17, respectivamente.
En el 30% de las frutas evaluadas se encontró *L. theobromae*.

Consideraciones finales a partir de los resultados de 2014-2016.

El uso de bioestimulantes puede resultar útil para aumentar la producción y/o la calidad de fruta en el cultivo de pulasán, pero esta tesis muestra que es importante tomar en consideración las etapas fenológicas/fisiológicas de aplicación para obtener un resultado u otro según se desee.

Los tratamientos no afectaron significativamente la tasa de retención de fruta, pero sí tuvieron efectos en la distribución temporal de la fruta en condición de cosecha, lo cual pudiera ser útil para la programación de cosechas según la necesidad de oferta al mercado y/o precios históricos de venta en determinadas semanas o meses del año, si se desea manipular el cultivo para que tenga la mayor producción al comienzo o al final de la época de cosecha. Los árboles control en ambos años concentraron la cosecha al inicio de la temporada, por lo que es posible, usando bioestimulantes selectos, extender la temporada de cosecha y potencialmente tener mejores precios, aun cuando la cantidad total de fruta cosechada no sea significativamente diferente que la cosechada en árboles control.

Siendo el peso de las frutas el factor principal que predomina en la venta del pulasán en Puerto Rico, el uso del bioestimulantes MAA durante la época de formación de frutos podría resultar beneficioso para aumentar el peso de la cosecha. Además, el uso de los tres bioestimulantes durante la fase de formación de frutos afectaron positivamente los parámetros del tamaño y peso de fruta individual. Además, el uso de bioestimulantes durante la fase de florecida aumentó la concentración total de solidos solubles (°Brix) de la pulpa, lo que pudiera ser valioso para la venta como fruta fresca y para el procesamiento. El productor o productora decidirá cuál es el bioestimulante que mejor se adapte a sus necesidades. Con un mercado que pague mayor precio por mayor tamaño de fruta, el uso de bioestimulantes como AN pudiera ser beneficioso.

En esta investigación se reporta por primera vez una cuantificación de porcentaje de infestación de *Coccus viridis* en la fruta de pulasán producida en Puerto Rico. Además, se identifica por primera el hongo entomopatógeno *Aschersonia* sp. afectando a *C. viridis* en pulasán en Puerto Rico. Ya que fue la plaga predominante en el huerto experimental y siendo una plaga de consideración cuarentenaria para algunos países importadores de frutas exóticas, deberían considerarse investigaciones que profundicen en su importancia en el cultivo de pulasán en Puerto Rico. Igualmente, debe considerarse el estudio de *Aschersonia* sp., como posible agente de control biológico.

En esta investigación se reporta la presencia de fumagina en el follaje de pulasán. Se desconoce el daño que la fumagina pueda causar a la productividad y/o calidad de frutas de pulasán, por lo que este tema debería estudiarse más extensamente.

Durante este estudio también se identificó por primera vez la presencia de *L. theobromae* en el cultivo de pulasán durante la post-cosecha en Puerto Rico. Es necesario realizar pruebas de patogenicidad de este hongo en el cultivo de pulasán, tanto en pre-cosecha como en post-cosecha, así como la severidad de su daño a la fruta.

REFERENCIAS

Abdel-Mawgoud, A.M.R., Tantaway, A.S., Magda, M. & Hoda, A.M. (2010). Seaweed extract improves growth, yield and quality of different watermelon hybrids. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6:161-168.

Abeyesekere, M., Nettikumara, N.A.L. A., Wilson-Wijeratnam, R.S. & Sivakumar, D. (1997). Studies on pre-harvest treatments for control of post-harvest pathogens of rambutans. In: Proceedings if the Australian Horticulture Conference, Australian Society of Horticulture Science, Sydney, Australia, pages 152-154.

Abubakar, A.R., Ashraf, N. & Ashraf, M. (2012). Effect of plant biostimulants on flowering, fruit drop, yield and return bloom of pomegranate cv. Kandhari Kabuli. The Asian Journal of Horticulture 7:473-477.

Ali, N., Farell, A., Ramsubhag, A. & Jayaraman, J. (2016). The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. Journal of Applied Phycology 28:1353-1362.

Ali, Q., Athar, H. & Ashraf, M. (2008). Modulation of growth, photosynthetic capacity and water relations in salt stressed wheat plants by exogenously applied 24-epibrassinolide. Plant Growth Regulation 56:107-116.

APHIS PPQ PWUII. (*United States Department of Agriculture-Animal and Plant Health Inspection Service-Plant Protection and Quarantine*). (2016). Pest identification. https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/pest-detection/pest-identification/ct_pest_identification. Revisado junio 26, 2016.

APHIS (*United States Department of Agriculture-Animal and Plant Health Inspection Service-Plant Protection and Quarantine*). (2001). Importation of Rambutan Fruit (*Nephelium lappaceum* L.) from Central America and Mexico into the Continental United States. Riverdale, MD. Revisado enero 7, 2017. https://web01.aphis.usda.gov/oxygen_fod/fb_md_ppq.nsf/d259f66c6afbd45e852568a90027bcad/711ffeeeb538ccb785256b600075c73e/$FILE/207RambutanJonesC-2.pdf.

Artsuwan, N. (1979). Effects of ethephon and sodium NAA on rambutan fruit drop. Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Arthur, G.D., Stirk, W.A., Van Staden, J. & P. Scott (2003). Effects of a seaweed concentrate in the growth and yield of three varieties of *Capsicum annuum*. South African Journal of Botany 69:207-211.

Berger, E.W. (1921). Natural enemies of scale insects and whiteflies in Florida. Florida State Plant Breeding Quarterly Bulletin 5:141-154.

Bergey, D.R., Howe, G.A., & Ryan, C.A. (1996). Polypeptide signaling for plant defensive genes exhibits analogies to defense signaling in animals. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 20 October 1996. Pages 12053-12058.

Blunden, G. (1977). Cytokinin activity of seaweed extracts. In: Faulkner DJ, Fenical WH (eds) Marine Natural Products Chemistry. Plenum, New York. Pages 337–344.

Brown, J.W., Peña, J. Vazquez, T. & Baixeras, J. (2002). Description of a new tortricid pest (Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae) of lychee (*Litchi chinensis*) in Florida, with a review of tortricid pests of litchi worldwide. Proc. Entomol. Soc. Wash.104:318-329.

Bukovac, M.J. (1963). Induction of parthenocarpic growth of apple fruits with gibberellins A3 and A4. Botanical Gazette, 124:191-195.

Bureau of Plant Pest Surveillance and Pest Risk Analysis of Iran (2014). Soft green scale. http://www.ppo.ir/LinkClick.aspx?fileticket=vh87%2BtevFz0%3D&tabid=884. Revisado diciembre 24, 2016.

Bureau of Plant Pest Surveillance and Pest Risk Analysis of Iran (2015). List of plant quarantine pests in Iran. https://www.ippc.int/static/media/files/reportingobligation/2015/10/31/pest_list.pdf Revisado diciembre 25, 2016.

Caballero-Pérez, J.F., Arévalo-Galarza, Lourdes, Avendaño-Arrazate, C.H., Cadena-Iñiguez, J., Valdovinos-Ponce, G., & Aguirre-Medina, J.F. (2011). Cambios físicos y bioquímicos durante el desarrollo y senescencia de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) Revista Chapingo. Serie Horticultura 17:31-38.

Campbell, R.J. & Ledesma, N. (2005). Tropical Fruits with Increasing Export Potential in Tropical America. Acta Horticulturae 665: 87-92.

Caplan, F. (1990). Tropical Fruit for the U.S. Market: Marketing problems and solutions. Acta Horticulturae 269:21-28.

CBI (Centre for Promotion of Importation). (2015) Product Factsheet: Fresh Exotic Tropical Fruit in Europe. http://www.cbi.eu/market-information. Revisado Mayo 7, 2016.

Chouliaras, V., Gerascapoulos, D. & Lionakis, S. (1997). Effects of seaweed extract on fruit growth, weight and maturation of 'Hayward' kiwifruit. Acta Horticulturae 444:485-492.

Coombe, B.G. (1976). The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant Physiol. 27:507-28.

Craigie, J.S. (2010). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal Appl. Phycol. 23: 371-393.

Crane, J.C. (1964). Growth substances in fruit setting and development. *Annu. Rev. Plant Physiol*., 15:303-326.

Crane, J.H., Sanford, R.E. & McMillan, R.T. (1997). Control of lychee anthracnose by foliar applications of tebuconzole, mancozeb, and copper hydroxide on 'Mauritus' lychee fruit under south Florida conditions. Proc. Fla.State Hort.Soc. 110:149-152.

Crane, J.H., Zee, F., Bender, G.S., Faber, B., Brunner, B. & Chia, C.L. (2005). Commercial sapindaceous fruit production in the USA. Acta Horticulturae 665:93-104.

Cronje, R.B. & Mostert, P.G. (2010). Evaluation of Maxim® (3, 5, 6-TPA) for Increasing in Yield, Fruit Size and Retention in Litchi, cv. HLH Mauritus, in South Africa. Acta Horticulturae 863:425-432.

Davies, P.J. (2004). Plant Hormones: biosynthesis, signal transduction, action! Springer Science & Business Media. The Netherlands. 802 pages.

De La Cruz Rodriguez, L. (2013). Evaluación de dos bioestimulantes agrícolas en naranja dulce (C*itrus sinensis*) 'Valencia Tardía' en la región montañosa centro-norte de Puerto Rico. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Horticultura. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 78 páginas.

De Menezes-Assis, M., Campostrini, E., Rocha, N., Pio, A., Massi, T. Do Nascimento, L., Castro, R., Torres, A., Nuñez-Vázquez, M., & Teixeira, M. (2006). Brassinosteroid analogue effects on the yield of yellow passion fruit plants (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Science Direct 110:235-240.

Dekle, G.W. & Fasulo, T.R. (2001). Green scale, *Coccus viridis* (green) (Insecta: Hemiptera: Coccidae). University of Florida. http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN43600.pdf. Revisado mayo 8, 2016.

Departamento de Agricultura de Puerto Rico (2015). Estadísticas Ingreso Bruto de la Agricultura de Puerto Rico, Datos Preliminares 2013-2014 Revisado 2015. Revisado el 10 de octubre de 2016 de http://www.agricultura.gobierno.pr/

Díaz-Candelas, C.C. (2013). Effect of exogenous bio-regulators on organically-managed Tahiti lime (*Citrus latifolia* Tanaka) fruit and essential oil productivity and quality. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Horticultura. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 109 páginas.

Du Jardin, P. (2012). The Sciences of Plant Biostimulants-A Bibliographic analysis. Report of Bioestimulants, Ad hoc Study Report. Brussels: European Commission. Available online at: http://hdl.handle.net/2268/169257. Revisado Diciembre 31, 2016.

Elmer, H. S. and O. L. Brawner. (1975). Control of Brown Soft Scale in Central Valley. Citrograph 60:402-403.

Fathy, M.A., Gabr, M.A. and El Shall, S.A. (2010). Effect of Humic Acid Treatments on 'Canino' Apricot Growth, Yield and Fruit Quality. New York Science Journal 3:109-115.

Flores Torres, C. R. (2013). Efectos de bioestimulantes para sistemas orgánicos y sustentables en limón 'Tahití' (*Citrus latifolia* Tanaka). Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Horticultura. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 69 páginas.

Follet, P.A. and Lower, R.A. (2000). Irradiation to ensure quarantine security for *Cryptophlebia* spp. (Lepidoptera:Tortricidae) in sapindaceous fruits from Hawaii. J. Econ. Entomol. 93:1848-1854.

Fuentes Fuster, J. (2012). Efectos de bioestimulantes y coberturas de suelo en el rendimiento de sandía y supresión de malezas en un sistema con manejo orgánico. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Horticultura. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 83 páginas.

Gierbolini, R.E (1975). Soil Survey of the Mayagüez Area of Western Puerto Rico. USDA Soil Conservation Service,; University of Puerto Rico (Mayagüez Campus). Agricultural Experiment Station.

Goenaga, R. (2013). Dry Matter Production and Nutrient Content of Longan Grown on an Acid Ultisol. Experimental Agriculture 49:225-233.

Goenaga, R. & Jenkins, D. (2011). Yield and Fruit Quality Traits of Rambutan Cultivars Grafted onto a Common Rootstock and Grown at Two Locations in Puerto Rico. HortTechnology, 21:136-140.

Gomis, P., Ávila, L., Ruhi, R. and Vilapahi, F. (1987). Fertilización a base de aminoácidos. Fruticultura Profesional 12: 156-157

Greene, D.W. (2010). The development and use of plant bioregulators in tree fruit production. Acta Horticulturae 884: 31-40.

HASS (Hawaii Agricultural Statistics Service). (2017). Hawaii Tropical Specialty Fruits. https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Hawaii/index.php. Revisado enero 7, 2017.

Hankins, S & Hockey, H. (1990). The effect of a liquid seaweed extract from *Ascophyllum nodosum* (Fucales, Phaeophyta) on the two-spotted red spider mite *Tetranychus urticae*. Hydrobiologia: 555-559.

Holden, D. & Ross, D.E. (2003). A commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* suppresses avocado thrips and persea mites in field-grown 'Hass' avocado, a practical field perspective. Acta Horticulturae 1009:137-142.

Huang, H. B. (1995). Advances in fruit physiology of the arillate fruits of litchi and longan. Annual Rev. Hort. Sci 1:107-120.

Huang, H. and Xu, J. (1983). The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* sonn. Sciencia Horticulturae 19: 335-342.

Huang, X. and Huang, H.B. (2005). Lychee and Longan Production in China. Acta Horticulturae 665: 27-36.

Huang, X., Huang, H.B., Xiao, Z. & Gao, A. (2005). Production of Rambutan in China. Acta Horticulturae 665:73-80.

Hüster, T. (2011). Growth and Yields Response of Selected Crops to Treatment with Comcat. University of the Free State. Bloemfontein, Republic of South Africa. Pages 157.

Ibrahim, S.R.M. & Gamal, A.M. (2015). *Litchi chinensis*: medicinal uses, phytochemistry and pharmacology. Journal of Ethnopharmacology 174: 492-513.

Ji, Z.L., Liang, L.F., Liu, J.L. & Wang, G.T. (1992). Studies on the changes of endogenous hormone contents in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruits during development. Journal of South China Agricultural University 13:93-98.

Jonkers, H. (1977). Induction of parthenocarpy in apple and pear with mixtures of growth regulators. Symposium on Growth Regulators in Fruit Production 80:123-128.

Khan, W., Rayirath, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J. & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation 28:386-399.

Kitagawa, H., Matsui, T., Kawada, K. & Agravante, J.U. (1990). Japan as a market of tropical fruit. Acta Horticulturae 269:41-46.

Kosiyanchida, S., Nga, S. & Laksmi, S. (1987). Marketing and handling practices of rambutan. Grading, quality control and standardization of rambutan. Pages 68-74. In: F. Lam, S. Kosiyanchida (eds.). Rambutan Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau. Jakarta, Indonesia. 82 p.

Kothagoda, N. & Rao, A.N. (2012). Fruit Anatomy of Four *Nephelium* Species-With Special Reference to Aril Development. J. Trop. Med. Plants 13(2): 199-212.

Kumar, M., Kumar, R. & Singh, R.P. (2009) Effect of micronutrients and plant growth regulators on fruiting of litchi. International Journal of Agricultural Sciences 5:521-524.

Li, J.G. (2001). Ontogenic studies of fruit development and minimizing cracking in *Litchi chinensis* Sonn. Ph.D. thesis, South China Agricultural University, Guangzhou, China.

Li, J.G. & Huang, H.B. (1995) Physico-chemical properties and peel morphology in relation to fruit cracking susceptibility in litchi fruit. Journal of South China Agric. Univ. 16:84-89.

Lim, T. K. (2012). *Nephelium ramboutan-ake*. Pages 74-79. In: Edible Medicinal and Non–Medicinal Plants. Volume 2. Springer Verlag. The Netherlands.

Liu, M., Chaverri, P. & Hodge, K. (2006) A taxonomic revision of the insect biocontrol fungus *Aschersonia aleyrodis*, its allies with white stromata and their Hypocrella sexual states. Mycological research 110:537-544.

Loyola, N. & Muñoz, C. (2011). Effect of the Biostimulant Foliar Addition of Marine Algae on cv. O'Neal Blueberries Production. Journal of Agricultural Science and Technology B1: 1059-1074.

Lye, T., Lamski, S., Maspol, P. & Yong, S.K. (1987). Commercial Rambutan Cultivars in ASEAN. Pages 9-15. In: F. Lam and S. Kosiyanchida (eds.). Rambutan Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau. Jakarta, Indonesia. 82 p.

Mancilla, G. M., & Mauricio, G. (2000). Evaluación de cuatro programas de bioestimulantes (Crop Plus, Auxym+ Retsul, Naturbox Algium, y Frutaliv) y su efecto en rendimiento y tamaño final de kiwis (*Actinidia deliciosa* A. Chev. cv. Hayward). Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Américas, Santiago, Chile. 75 páginas.

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, Programa de Horticultura. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 153 páginas.

Martorell, L.F. (1976). Annotated food plant catalog of the insects of Puerto Rico. University of Puerto Rico. Agricultural Experiment Station (pp. 303).

Mau, RF. & J.L. Kessing (2007). Crop Knowledge Master: *Coccus viridis* (Green). University of Hawaii. http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/c_viridi.htm. Revisado febrero 22, 2016.

McArtney, S.J. (1994). Exogenous gibberellin affects biennial bearing and the fruit shape of 'Braeburn' apple. HortScience:343-346.

McMillan, Jr., R.T. (1994a). Diseases of *Litchi chinensis* in south Florida. Proc. Florida State Hort. Soc. 107:360-362.

McMillan, Jr., R.T. (1994b). Epidemiology and control of anthracnose of lychee. Proc. Florida .State Hort. Soc. 107:345-346.

Medina, G.S. & Cabrera, I. (1994). Notas sobre los insectos más importantes de la guanábana, *Annona muricata* L., el níspero, *Manilkara zapota* (L.) P. Van Royen, y la quenepa, *Melicoccus bijugatus* Jacq. In: Memorias del foro sobre cultivo, producción y procesamiento de guanaba, níspero y quenepa. 17 June 1994, Ponce, Puerto Rico.

Melkamu, M., Seyoum, T. & Woldetsadik, K. (2008). Effects of pre-and post-harvest treatments on changes in sugar content of tomato. African Journal of Biotechnology 7:1139-1144.

Menzel, C.M. & Waite, G.K. (2005). Fruit Set, Development and Maturation: A. En Huang, H. (Ed.), Litchi and Longan: Botany, Production and Uses (pp. 115-136). Queensland, Australia.

Morales-Payán, J.P. (2016). Deterioro postcosecha de frutas de pulasán (*Nepehlium ramboutan-ake*). Resúmenes de la Reunión Científica de la SOPCA, Corozal, Puerto Rico. Página 44.

Morales-Payán, J.P. (2015). Response of 'Banilejo' mango to foliar applications of a biostimulant based on free amino acids and potassium. Acta Horticulturae 1075:121-125.

Morales-Payán, J.P. (2013). Effects of an agricultural extract of the brown alga, *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae), on mango, *Mangifera indica* (Anacardiaceae), grown for transplants in the nursery. Life: The excitement of Biology 1(2):111-117.

Morales-Payán, J.P. (2010a). Exploring the Unexplored in the Caribbean: Traditional and Emerging Fruit Crops in Puerto Rico, the Dominican Republic and Haiti. Journal of the American Pomological Society 64:14-23.

Morales-Payán, J.P. (2010b). Enhancing growth of mango in nursery, using selected bioregulators. Proc. Caribbean Food Crops Society 46:189-191.

Morales-Payán, J.P & Candelas, C.D. (2014). Increasing organic avocado fruit yield using *Ascophyllum nodosum* biostimulant and fertilization. Acta Horticulturae 1042:121-124.

Morales-Payán, J.P. & Norrie, J. (2010). Effects of foliar applications of an extract of the brown alga *Ascophyllum nodosum* on avocado (*Persea americana*) transplant growth and thrips infestation. Proc. Plant Growth Regulation Society of America 38:122-125.

Morales-Payán, J.P. & Stall, W. (2004). Passion fruit (*Passiflora edulis*) transplant production is affected by selected biostimulants. Proc. Florida State Hort. Soc. 117:224-227.

Morales-Payán, J. P., & Stall, W. M. (2003a). Response of 'Criolla Dominicana' table grape (*Vitis vinifera*) to nitroguaiaicol, brassinolide, and acetylthioproline. Plant Growth Regulation Soc. of America 31:88.

Morales-Payán, J.P. & Stall, W. (2003b). Papaya (*Carica papaya*) response to foliar treatments with organic complexes of peptides and amino acids. Proc. Florida State Hort. Soc. 116:30-32.

Morton, J. (1987). Fruits of Warm Climates. Published by J. F. Morton and Distributed by Creative Resource Systems, Inc., Winterville, N.C. USA. Pages 265-266.

Morton, J. (1971). Exotic Plants. Golden Books, USA. 164 pages.

Norrie, J. and Keathley, J.P. (2006). Beneficts of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. Acta Horticulturae 727:243-248.

Olivera-Olivera, V. (2015). Evaluación de bioestimulantes y prácticas orgánicas de manejo de malezas en la productividad y calidad de la fruta de pulasan [*Nephelim ramboutan-ake* (Labillardière) Leenhouts]. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Horticultura. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 78 páginas.

Palanisamy, U., Hwee Ming, C., Masilamani, T., Subramaniam, T., Liai, L. & Radhakrishnan, A. (2007). Rind of the rambutan, *Nephelium lappaceum*, a potential source of natural antioxidants. Food Chemistry 109:54-63.

Paull, R. and Duarte, O. (2012). Tropical Fruits 2nd Edition. Vol II: pp. 139-160.

Paull, R.E., Chen, N.J., Deputy, J., Huang, H.B., Cheng, G.W. & Gao, F.F. (1984). Litchi growth and compositional changes during fruit development. Journal of the American Society for Horticultural Science 109:817-821.

Poerwanto, R. (2005). Rambutan and Longan Production in Indonesia. Acta Hort. 665:81-86.

Ratna, N., Hartana, A., Chikmawati, T. & Dorly, D. (2016). Pulasan [(*Nephelium ramboutan-ake* (Labill.)Leenh] fruit trees: variations in flower morphology, and associated differences in pollination type. International Journal of Plant Biology 7:6149.

Ratna, N. (2014). Morphological and Agronomical Character Variation of Kapulasan *(Nephelium ramboutan-ake*) Fruit of Bogor, West Java. Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS 11(1):339.

Rivero, J., & Brunner, B. (2007). Árboles frutales exóticos y poco conocidos en Puerto Rico (páginas 294-296). La Editorial de la Univ. de Puerto Rico. San Juan, PR. 358 páginas.

Rossman, A.Y., Schoch, C.L., Farr, D.F, Nishijima, K., Keith, L. & Goenaga, R. (2010). *Dolabra nepheliae* on rambutan and lychee represents a novel lineage of phytopathogenic Euritiomucentes. Mycosciences 51:300-309.

Salakpetch, S. (2005). Rambutan Production in Thailand. Acta Horticulturae 665:67-72.

Sélia, M., Apponloni, C.R., Parreira, P.S., Arruda, P.H. & Nascimento, V.F. (2007). Elementary chemical analysis in leaves infected by fumagina by X-Ray fluorescence technique. Brazilian Archives of Biology and Technology 50:851-860.

Serrato-Díaz, L.M., Rivera-Vargas, L.I., Goenaga, R. & French-Monar, R.D. (2014). First Report of *Lasiodiplodia theobromae* Causing Inflorescence Blight and Fruit Rot of Longan (*Dimocarpus longan* L.) in Puerto Rico. APS Journal 98(2):279.

Shafi, R. & Al-daihan, S. (2014). Antimicrobial activity of *Litchi chinensis* and *Nephelium lappaceum* aqueous seed extracts against some pathogenic bacterial strains. Journal of King Saud University-Science 26:79-82.

Sheng-Yang, W., Pin-Fun, C. & Shang-Tzen, C. (2005). Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi. Bioresource Technology 96:813-818.

Singh, G. (2004). Plant Systematics: An Integrated Approach. Enfield, New Hampshire, USA. Science Publishers. pp. 438–440.

Singh, U.S. & Lal, R.K. (1980). Influence of growth regulators on setting, retention and weight of fruits in two cultivars of litchi. Scientia Horticulturae 12:321-326.

Sivakumar, D. Wilson-Wiheratnam, R.S., Wijesundera, R.L.C. & Abeyesekere, M. (1997). Post-harvest disease of rambután (*Nephelium lappaceum*) in the Western Providence. J. National.Science Council of.Sri Lanka 25:225-229.

Sivakumar, D., Wilson-Wijeratnam, R.S., Wijesundera, R.L.C. & Abeyesekere, M. (2002). Control of postharvest diseases of rambután using cinnamaldehyde. Crop Protection 21: 847-852.

Stern, R.A., Kigel, J., Tomer, E. & Gazit, S. (1995). 'Mauritus' Lychee Fruit Development and Reduced Abscission after Treatment with the Auxin 2,4,5-TP. J. American Society Hort. Science 120:65-70.

Stern, R.A. & Gazit, S. (1999). The synthetic auxin 3, 5, 6- TPA reduces fruit drop and increases yield in 'Kaimana' litchi. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 74:203-205.

Stirk, W.A., Arthur, G.D., Lourens, A.F., Novák, O., Strand, M. & van Staden, J. (2004). Changes in cytokinin and auxin concentrations in seaweed concentrates when stored at an elevated temperature. J. Appl Phycol. 16:31–39.

Thakur, S., Kumar, R. Brabmachari, V.S. & Sharma, R.K. (1990). Effect of different growth regulators on fruit-set, retention and size of litchi. Indian J. of Horticulture 47:305-306.

Tindall, H.D. (1994). Sapindaceous fruits: Botany and horticulture. Hort.Rev. 16:143-195.

Vargas, A. (2003). Descripción Morfológica y Nutricional del Fruto de Rambután (*Nephelium lappaceum).* Agronomía Mesoamericana 14:201:206.

Vargas, M. & Quesada, P. (1996). Caracterización cualitativa y cuantitativa de algunos genotipos de mamón chino (*Nephelium lappaceum*) en la zona Sur de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit 29:41-49

Vega-Almodovar, M, J. P. Morales-Payán, S. Martínez Garrastazu, L. Flores, & J. Toro. 2009. Fruit attributes of 'Cabezona' pineapple as affected by applications of an *Ascophyllum nodosum* extract. Proc. Plant Growth Regulation Soc. America Ann. Meeting 36:150-152.

Wang, H.C., Huang, X.M. & Huang, H.B. (2001). Litchi fruit maturation studies: changes in abscisic acid (ABA) and 1-aminocyclopropane-1carboxylic acid (ACC) and the effect of cytokinin and ethylene on coloration in cv. Feizixiao. Acta Horticulturae 558:267-272.

Wang, H.C., Huang, X.M. & Huang, H.B. (2002). A study of the causative factors retarding pigmentation in the fruit of 'Feizixiao' litchi. Acta Horticulturae Sinica 29: 408-412.

Wang, H.C., Wei, B.W., Gao, F.F. & Huang, H.B. (2000). Litchi fruit skin studies: skin structure and cell division in relation to fruit cracking. J. South China Agric. Univ. 21:10-13.

Wang, Z.Y., Wang, Q., Chong, K., Wang, F., Wang, L., Bai, M. & Jia, C. (2006). The brassinosteroid signal transduction pathway. Cell Research 16:427-434.

Watson, L. & Dallwitz, M.J. (2007). Sapindaceae Juss. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. http://delta-intkey.com/angio/. Revisado Mayo 1, 2017.

Westwood, M. N. & Bjornstad, H. O. (1968) Effects of Gibberellin A on fruit shape and subsequent seed dormancy of apple. HortScience 3:19-20.

Wong, K.C. (2000). Longan Production in Asia. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.

Yi, G.J., Wang, X.B. & He, H.Q. (2002). The litchi industry status in China and its export strategies. J. Fruit Sci. 19:188-190.

Yuan, R.C. & Huang, H.B. (1988). Litchi fruit abscission: its patterns, effect of shading and relation to endogenous abscisic acid. Scientia Horticulturae 36:281-292.

Zahidul, M., Braun, G., Norrie, J. & Hodges, M. (2014). *Ascophyllum* extract application can promote plant growth and root yield carrot associated with increased root-zone soil microbial activity. Canadian Journal of Plant Science 94:337-348.

Zee, F. T., Chan Jr. H.T., &Yen, C.R. (1998). Lychee, longan, rambutan and pulasan. Tropical and subtropical fruits. Agscience, Aburndale, USA.