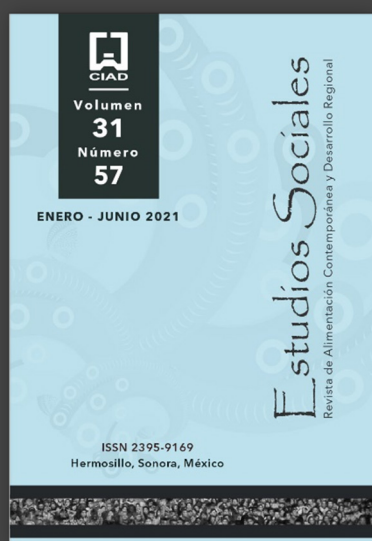


Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 31, Número 57. Enero – Junio 2021

Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169



La cadena productiva de guanábana:
una opción para el desarrollo económico en Compostela, Nayarit

Soursop productive chain:
An Economic Development Option for Compostela, Nayarit

DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v31i57.1048>
e211048

José María Anaya-Dyck*

<https://orcid.org/0000-0002-4475-4045>

Miguel Ángel Hernández-Oñate*

<https://orcid.org/0000-0001-5857-2608>

Julio César Tafolla-Arellano**

<https://orcid.org/0000-0001-5225-8028>

Reginaldo Báez-Sañudo*

<https://orcid.org/0000-0001-6197-2792>

Porfirio Gutiérrez-Martínez***

<https://orcid.org/0000-0001-8967-413X>

Martín Ernesto Tiznado-Hernández****

<https://orcid.org/0000-0002-2612-9000>

Fecha de recepción: 15 de octubre de 2020.

Fecha de envío a evaluación: 17 de noviembre de 2020.

Fecha de aceptación: 03 de diciembre de 2020.

*Estudiante de Doctorado. Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México.

**Departamento de Ciencias Básicas, Laboratorio de Biotecnología y Biología Molecular.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

***Laboratorio Integral de Investigación en Alimentación-Biotecnología de Alimentos. Instituto Tecnológico de Tepic. México.

****Autor para correspondencia: Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. México. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas, No. 46.

Col. La Victoria. C. P. 83304, Hermosillo, Sonora. Tel: 662 2892400.

Dirección: tiznado@ciad.mx

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.

Hermosillo, Sonora, México.



Resumen / Abstract

Objetivo: Caracterizar la cadena productiva de guanábana en el municipio de Compostela, Nayarit, México y describir las áreas de oportunidad y sus riesgos para proponer un orden de intervención de esa cadena productiva que establezca los puntos críticos de control que deben implementarse para impulsar la comercialización de guanábana mexicana en el mercado internacional. **Metodología:** Partiendo de fuentes de información directas e indirectas, se construyó una base metodológica que consta de cinco fases diseñadas para calcular el OI óptimo. **Resultados:** La Cadena Productiva de Guanábana de Compostela se compone de tres eslabones primarios: producción, procesamiento y comercialización, compuestos por actores que cumplen labores específicas. Se identificaron puntos débiles de alto riesgo, así como los Puntos de Control Críticos en la Cadena Productiva de la Guanábana. Con base en el análisis de relevancia de cada Punto Crítico de Control se elaboró un Orden de Intervención diseñado para configurar a la Cadena Productiva de la Guanábana como una opción de desarrollo regional exitosa. **Limitaciones:** La información disponible del sistema productivo y poscosecha de la guanábana es relativamente escasa. Generar este tipo de información representa un área de oportunidad que requiere el acercamiento con los actores que conforman la cadena. **Conclusiones:** La presencia de guanábana de Compostela en mercados internacionales de alto valor se ve limitada por riesgos presentes en su cadena productiva. La naturaleza perecedera del fruto destaca como el riesgo principal y se agrava por riesgos fitosanitarios, mala coordinación entre eslabones, técnicas de manejo desactualizadas e infraestructura de almacenamiento y transporte deficiente. Se estima que implementar el Orden de Intervención incrementaría las ganancias de la Cadena Productiva de la Guanábana al menos 175 % en un corto a mediano plazo.

Palabras clave: desarrollo regional; guanábana; cadena productiva; eslabón; riesgo; punto crítico de control; orden de intervención.

Objective: Characterize Compostela's Soursop Production Chain, describe the risks that represent areas of opportunity, and propose an Intervention Order that settled the critical control points that must be implemented to promote Mexican soursop on international markets. **Methodology:** The approach to calculate the optimal intervention order for the Soursop Production Chain was designed based on direct and indirect information sources and consisted of five phases. **Results:** Compostela's SPC is made up of three primary links: production, processing, and marketing, involving actors for each specific task. High-risk weak points and Critical Control Points were identified. Implementing these Critical Control Points would significantly improve the Soursop Production Chain's revenue. An intervention order designed to configure the Soursop Production Chain as a successful regional development option was built based on the relevance analysis of each Critical Control Point. **Limitations:** Available information regarding soursop production and post-harvest is relatively scarce. Gathering this type of information represents an area of opportunity that requires consulting the actors that make up the chain. **Conclusions:** Compostela's soursop presence in international high value markets is limited by risks in the Soursop Production Chain. This fruit's perishable nature stands out as the main risk, which is aggravated by phytosanitary risks, poor interlink coordination, outdated handling techniques, and poor storage and transportation infrastructure. A conservative estimate suggests that by implementing this Intervention Order, Soursop Production Chains's profits would increase at least 175 % in a short to medium term.

Key words: regional development; soursop; productive chain; link; risk; critical control point; intervention order.

Introducción

En el municipio de Compostela, en la costa sur de Nayarit, México, el cultivo de guanábana se ha establecido como pilar de la agricultura por su aporte al desarrollo económico regional. México es el principal productor de guanábana a nivel mundial (Sanusi et al., 2018). Compostela representa 66 % de la superficie productora de guanábana nacional (véase Figura 1.A) y destaca entre los estados con mayor rendimiento por hectárea en el país (véase Figura 1.B). Es el principal productor de guanábana del país y del mundo (véase Figura 1.C) (

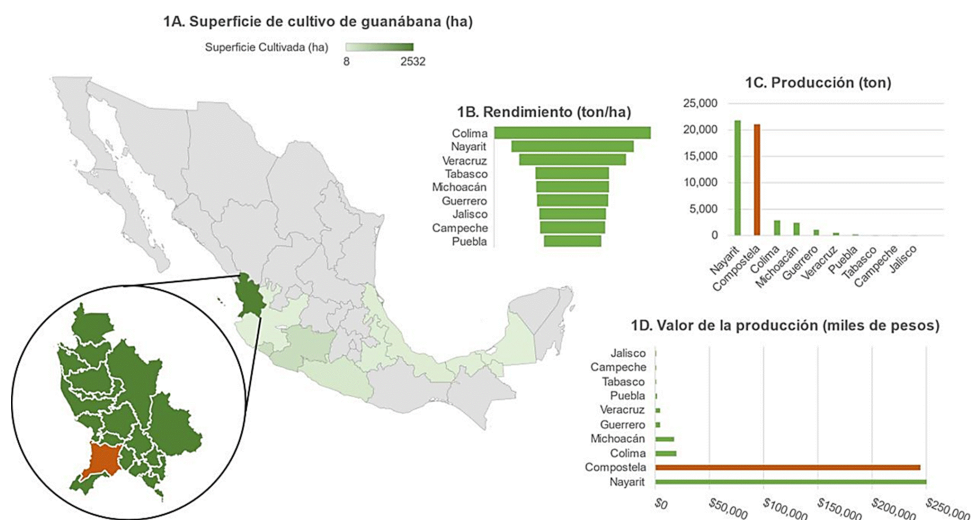


Figura 1. Relevancia de guanábana de Compostela en el contexto nacional.

Fuente: SIAP 2018.

El desempeño de la cadena productiva de guanábana (CPG) es uno de los indicadores de desarrollo económico más importantes de Compostela. Las 21,130 toneladas cosechadas en 2018 representaron el 81 % del valor total de la producción nacional de guanábana con una derrama económica de más de 244 millones de pesos anuales (véase Figura 1.D). El cultivo genera ganancias equiparables al mango, cultivo con el valor de producción más alto del municipio. Una hectárea sembrada con guanábana genera una producción con valor de alrededor 38 mil pesos más al año que una de mango (véase Figura 2) (SIAP, 2020).

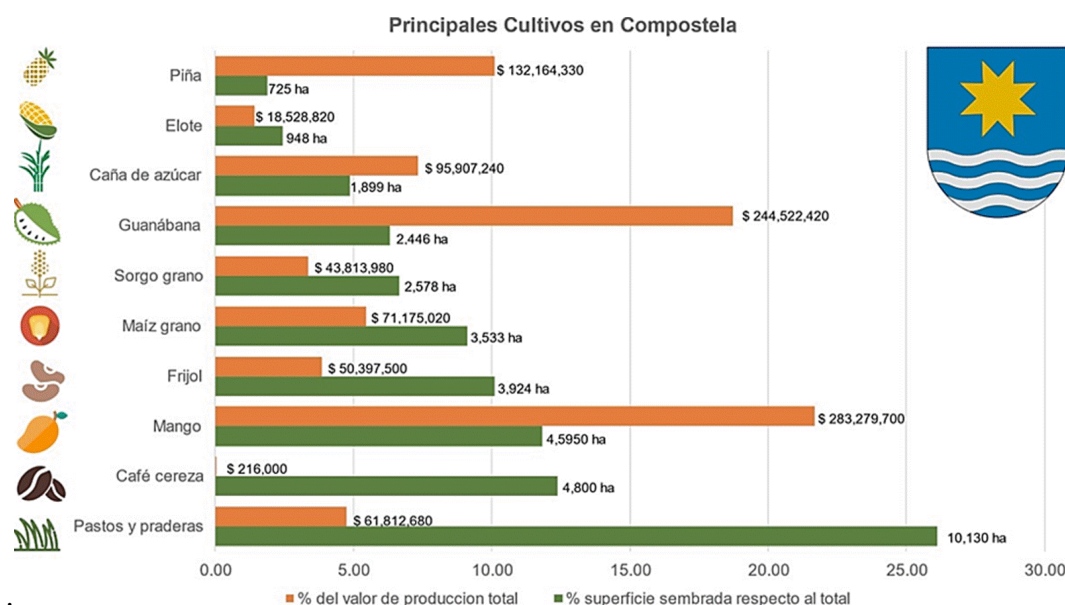


Figura 2. Producción de varios productos incluyendo guanábana en Compostela. Destaca la importancia de la guanábana respecto a otras especies en Compostela. Fuente SIAP 2018.

El objetivo principal de la CPG es proveer productos de calidad esperada a precios competitivos. Sin embargo, las técnicas de manejo del cultivo no se han actualizado en décadas. El mercado internacional y los acelerados procesos de apertura comercial exigen innovaciones a la CPG. Producir guanábana de alta calidad con una vida poscosecha que permita comercializarla requiere, entre otras cosas, tecnificar el cultivo e implementar estrategias de manejo de frutos altamente perecederos.



Compostela aprovecha solo el 12 % de la superficie con potencial agroecológico para cultivar guanábana. Cuenta con 17,668 hectáreas más que reúnen las condiciones óptimas para su desarrollo (Hernández, Nolasco y Cruz, 2017). El Comité Sistema Producto Guanábana de Nayarit, S. C., indica que, a pesar de que Compostela cuenta con las condiciones climáticas que privilegian el cultivo de guanábana, este presenta carencias desde el proceso de producción. Gran parte de la capacidad de producción se desaprovecha debido a problemas de manejo causados por insuficiencia de paquetes tecnológicos integrados, recursos económicos y procesos de valor agregado (Cayeros, Robles y Jiménez, 2017).

Hacer frente a los desafíos que enfrenta la CPG requiere establecer puntos críticos de control (PCC)¹ en base a un análisis profundo de la misma. El presente trabajo caracteriza la CPG de Compostela para identificar los riesgos presentes en la cadena, desde la producción primaria al mercado. Se sugieren líneas de acción para cada eslabón de la cadena con base al análisis de la oferta tecnológica, determinando los PCC que impulsarían la competitividad y su rentabilidad en el corto plazo.

Metodología

Se propone un orden de intervención (OI) de la CPG de Compostela mediante la implementación sistemática de PCC. Esto requirió de un panel de expertos, que caracterizó la CPG, describió sus eslabones, identificó las limitantes para producir y distribuir frutos con buena calidad y estudio las posibles soluciones. Para un análisis holístico se recopiló información de fuentes directas e indirectas,² se realizó una revisión de literatura amplia enfocada en la situación actual del cultivo. La metodología para crear un OI de la cadena en base al análisis y síntesis de estos datos se dividió en cinco fases (véase Figura suplemental 1).

En la primera fase se caracterizó la CPG a través de un modelo que delimita sus eslabones y señala interacciones entre actores que los conforman. En la segunda fase, cada miembro completó la hoja de identificación de riesgos³ adaptada de Rojas, 2019 (véase Figura suplemental 2). Para valorar la significancia de cada riesgo se aplicó el instrumento cuantificador de severidad y probabilidad de ocurrencia⁴ adaptado de Rojas, 2019 (véase Figura suplemental 3), con enfoque en los riesgos que requieren atención inmediata o especializada. En la tercera fase, se cotejó en una

reunión del panel de expertos para lograr un consenso sobre los riesgos más urgentes para la CPG y se discutieron las soluciones planteadas. La cuarta fase consistió en evaluar los posibles PCC. Para ello se utilizó el modelo de árbol de decisiones del Códex Alimentarius con ligeras adecuaciones⁵ (véase Figura suplemental 4) (FAO, 2002). Durante la quinta fase se analizaron los PCC para proponer un OI de la cadena, elaborado conforme a su relevancia. Con este fin se diseñó un instrumento que evalúa los PCC de acuerdo con cuatro criterios⁶ en escala del 1 al 5 (véase Figura suplemental 5). Se estimaron los cuatro criterios de cada PCC sumando un punto a aquellos PCC que abordaron más de un riesgo.

Para estimar la relevancia (R) de los PCC, el resultado de la suma de los cuatro criterios se multiplicó por la significancia del riesgo que resuelven.⁷ Se calculó el porcentaje de relevancia ($\%R$) de cada PCC, donde el 100 % representa un PCC con un puntaje de cinco en los cuatro criterios de relevancia y resuelva riesgos múltiples.⁸ El OI propuesto se basa en el arreglo jerárquico de los PCC según su porcentaje de relevancia. Por último, la base de datos se actualizó con la información generada a fin de crear una fuente de consulta para la toma de decisiones informadas. La metodología descrita puede servir como plataforma para otros proyectos de investigación dirigidos a diferentes frutales y cultivos agro industriales.

Resultados y discusión

Caracterización de la cadena productiva de guanábana de Compostela

La CPG se compone de tres eslabones principales interconectados: producción, procesamiento y comercialización. Cada eslabón requiere una serie de acciones concretas que implican prácticas de manejo y control fitosanitario. Estas acciones dependen de la intervención de múltiples actores sociales⁹ (Gomes de Castro y Valle, 2002) encargados de realizar diversas operaciones específicas (véase Figura 3). La coordinación eficiente entre los grupos de actores que integran las cadenas productivas es esencial para el éxito de las mismas (Gomes de Castro y Valle, 2002). No obstante, en Compostela se ha observado una desarticulación en la CPG, en donde cada actor cumple su rol específico, pero existe poca coordinación y

cooperación entre ellos. Es decir, los productores tienen poco acceso a las oportunidades de comercialización y los intermediarios no se involucran en el proceso de producción agrícola (Cayeros et al., 2017).

Cadena productiva de la guanábana en Compostela Nayarit

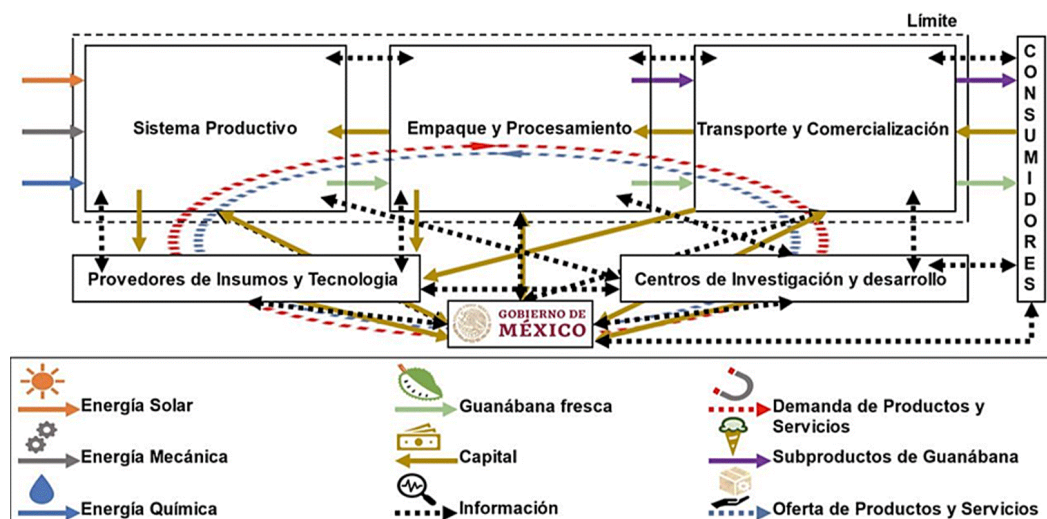


Figura 3. Esquema que muestra los tres mayores eslabones y sus relaciones, tanto entre sí como con los diferentes actores que participan en la cadena productiva de guanábana en Compostela.

Fuente: elaboración propia basada en Piedragil, 2017 y Gomes de Castro, 2002.

Sistema productivo

El sistema productivo es el primer eslabón de la cadena encargado de reunir frutos frescos de buena calidad que los siguientes eslabones llevarán a los consumidores. Se rige por la naturaleza biológica del cultivo, conforme a la secuencia de desarrollo del árbol y sus frutos. Se subdivide en cuatro etapas iniciando con la selección del lugar de siembra y finaliza con la cosecha del fruto.

1. Selección y planeación del lugar de siembra

El sistema productivo inicia con la selección y planeación del lugar de siembra, que debe considerar los requerimientos climáticos y edáficos del cultivo. Las condiciones edafoclimáticas imperantes en Compostela han favorecido el cultivo de guanábana. Situada entre los paralelos 20°51' y 21°23' de latitud norte a 860 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), Compostela, capta aproximadamente 1,060 mm de precipitación media anual y recibe más de cuatro mil horas de luz solar anuales (Clima Compostela, 2020). El clima que impera en Compostela es tropical, cálido y húmedo.¹⁰ La fisiografía de Compostela dominada por sierras¹¹ limita el establecimiento de una amplia gama de cultivos, mientras que el impacto sobre el cultivo de guanábana es mínimo, ya que se desarrolla bien bajo diversas condiciones edáficas (Márquez, 2009). La tierra es fértil y rica en materia orgánica¹² (Ayuntamiento Compostela, 2017).

La guanábana prefiere suelos de, al menos, 1.20 m. de profundidad y una pendiente no mayor al 50 %, de texturas medias como los francos o los franco-arenosos (SEPH, 2010). El área de siembra debe diseñarse de acuerdo con las prácticas de manejo¹³ que piensan realizarse y a varios factores que dependen del terreno.¹⁴ En Compostela, la guanábana se cultiva en baja densidad de siembra sin utilizar sistemas de riego ya que las condiciones climáticas de la región permiten depender del régimen de lluvias de temporal e invertir poco en labores de mantenimiento y aun así obtener buenos rendimientos (véase Figura 1B) (Piedragil, 2017).

2. Selección de material vegetativo

La selección de material vegetativo es el paso más importante para definir la calidad y productividad de un frutal (Benkeblia, Tennant, Jawandha y Gill 2011; Jiménez, Balois, Alia, Juárez y Sumaya 2016). En Compostela se acostumbra comprar árboles de guanábana en viveros familiares de la comunidad, donde los propagan sin seleccionar cultivares. Germinan semillas recolectadas directamente de frutos y venden los árboles cuando tienen alrededor de 50 cm. Generalmente desconocen



las características de productividad y sanidad de árboles progenitores (Piedragil, 2017). Utilizar variedades adaptadas a condiciones de cultivo y canales de mercado particulares influye ampliamente en la calidad poscosecha de los frutos (Jiménez, Bello, Juárez, Balois, Alia, 2017).

3. Establecimiento del cultivo

El establecimiento del cultivo inicia con la siembra de árboles y culmina cuando estos comienzan el proceso de diferenciación floral. Al igual que fases anteriores, el establecimiento del cultivo es una fase no productiva. Constituye una inversión a largo plazo, un gasto diferido amortizable durante la fase productiva. El buen desarrollo de los árboles requiere labrar y limpiar el terreno y si se planea utilizar un sistema de riego, esta es la etapa más oportuna para instalarlo.

A partir de la siembra, inician procesos de mantenimiento como la fertilización y el control de plagas, enfermedades y malezas, que deben realizarse adecuada, oportuna y periódicamente hasta el cierre del cultivo. Durante los primeros años de desarrollo, los árboles crecen rápidamente. La fructificación, en este periodo, es poca o nula ya que en su metabolismo predominan procesos de alargamiento del tallo y raíces e incremento de la sección transversal. En Compostela, la fase no productiva dura alrededor de cuatro años si se utilizan métodos de labranza tradicionales (Piedragil, 2017).

4. Fase productiva

La fase productiva es un periodo crítico que inicia cuando las primeras flores polinizadas logran formar frutos. Se debe tener cuidados especiales durante esta etapa puesto que el nivel de producción depende de ello. Las condiciones edafoclimáticas y el manejo determinan tanto el inicio como el comportamiento de la fase productiva (Piedragil, 2017). Conseguir frutos de calidad óptima es posible siempre y cuando el régimen de mantenimiento sea adecuado. El ciclo de fructificación dura entre 120-180 días desde la floración¹⁵ hasta formar frutos cosechables. El desarrollo del fruto y sus semillas inicia con la fertilización de los

ovarios de la flor. Las flores polinizadas fusionan sus múltiples ovarios en una baya compuesta¹⁶ y las flores no polinizadas se desprenden del árbol. Una fertilización parcial genera frutos pequeños y malformados.

El grado de madurez en que se cosecha influye significativamente en el comportamiento poscosecha de la guanábana. Evitar pérdidas requiere que el cosechador reconozca las características particulares que presenta la guanábana en punto de madurez fisiológica.¹⁷ La guanábana fisiológicamente madura es capaz de continuar la maduración organoléptica fuera de la planta, mientras que frutos cosechados antes de alcanzarla presentan alteraciones del proceso de maduración que comprometen su calidad.

Empaque y procesamiento

La poscosecha inicia cuando el fruto se separa del árbol abarcando el segundo y tercer eslabón de la CPG y engloba todas las actividades realizadas para preservar la calidad de los productos. El pico climatérico, el aumento en azúcares solubles y el desarrollo de sabores y aromas característicos de la guanábana, ocurre durante esta etapa del proceso agroindustrial. El segundo eslabón de la CPG se ocupa de empacar frutos frescos y del procesamiento en subproductos. La guanábana de Compostela se vende mayormente como producto fresco¹⁸ y solo está disponible por temporadas. El almacenamiento busca prolongar la vida útil de la guanábana fresca aumentando así su disponibilidad. Ampliar la ventana de oferta mejora los ingresos de la CPG y permite un comercio más ordenado. El almacenamiento exitoso preserva la calidad del fruto hasta su consumo, requiere considerar los factores fisiológicos y fitosanitarios que afectan su poscosecha.

Transporte y comercialización

El último eslabón de la CPG comprende el transporte a diferentes puntos de venta y las estrategias de comercialización. Se deben asegurar vías y medios de transporte capaces de mantener el cuidado en su manejo del producto para preservar la calidad. El traslado hacia los centros de acopio se realiza regularmente en tracto camiones a



granel o en cajas. El 90 % de la producción se destina al consumo nacional, pero no se distribuye uniformemente en el país. Se consume principalmente dentro del municipio y localidades cercanas. Su precio, en puestos familiares establecidos a orillas de la carretera, es relativamente bajo.¹⁹ En mercados y fruterías de otros municipios de Nayarit su precio fluctúa entre 24 y 26 pesos por kilo (SIAP, 2020) y también se comercializa a estados cercanos.²⁰

Puntos débiles de la cadena productiva de guanábana de Compostela

Se detectaron varias limitantes para el progreso de la CPG que se agruparon en nueve categorías según su naturaleza específica (véase Figura suplemental 7). Cada año los productores de Compostela pierden alrededor de tres toneladas de guanábana por hectárea (Cayeros et al., 2017). Buena parte de los riesgos que ocasionan estas pérdidas son de tipo cultural; abarcando cinco de las siete categorías de riesgos significativos. Esto se atribuye al fuerte arraigo a métodos de cultivo tradicionales y falta de intercambio de información. Esta merma representa una pérdida de al menos 110 millones de pesos anuales. A continuación, se describen las ocho categorías de peligros de alto riesgo que requieren atención especializada e inmediata:

1. Problemas fitosanitarios

En México, los problemas fitosanitarios destacan como uno de los desafíos con mayor impacto para la CPG ya que la guanábana es susceptible al ataque de una gran variedad de plagas y enfermedades que perjudican la ontogenia del cultivo y el fruto. Este grupo de problemas de origen biológico aqueja todos los eslabones, Vidal et al. (2014) atribuyen 50 % de las pérdidas económicas de la CPG a la alta incidencia de enfermedades fúngicas y otro 40 % al ataque de insectos. Pueden surgir desde que se adquiere el material vegetativo hasta que el fruto llega al consumidor, afectando la CPG independientemente del punto en que surjan. Los problemas fitosanitarios comprometen la calidad de la guanábana y son un obstáculo para comercializar frutos frescos en el mercado internacional. Se clasifican

como riesgos altamente significativos por tener una probabilidad de ocurrencia alta y consecuencias críticas. La información respecto a plagas y enfermedades de guanábana es escasa.²¹ En este trabajo solo se discuten los riesgos fitosanitarios considerados más graves.²²

La antracnosis²³ se considera la enfermedad de mayor importancia para la CPG de Compostela. Las heridas que ocasiona en tallos, ramas, hojas, flores y frutos exponen los tejidos internos a las inclemencias del clima y otros riesgos fitosanitarios. Disminuye la cantidad y calidad de los frutos además de perturbar su desarrollo y crecimiento.²⁴ Puede reducir el rendimiento del cultivo hasta un 90 % (Pinto et al., 2005; Hernández et al., 2013). Esta enfermedad se propaga fácilmente en temporadas de lluvia.²⁵

La severidad de los daños causados por insectos depende de la propia naturaleza de la especie fitófaga y de la susceptibilidad y etapa de desarrollo del cultivo. Las plagas que más aquejan al cultivo de guanábana son el complejo de insectos barrenadores.²⁶ El barrenador de la semilla, *B. cubensis*,²⁷ destaca como la mayor amenaza para la CPG, afectando alrededor del 72 % de la guanábana nayarita (Cayeros et al., 2017). Los insectos xilófagos son capaces de perjudicar el cultivo desde sus primeros brotes. Se alimentan de la madera de ramas y tallos causando la sintomatología conocida como muerte descendente.²⁸ Recientemente, se detectaron plagas en Compostela, que no se habían observado anteriormente. La cochinilla rosada del hibisco (*M. hirsutus*),²⁹ originaria del sureste de Asia, destaca como el insecto con mayor número de ejemplares en Compostela.³⁰ La amenaza que representa advierte la necesidad de implementar medidas de control fitosanitario capaces de prevenir la infiltración de especies foráneas.

2. Prácticas de manejo del cultivo ineficientes

Las deficiencias en el manejo del cultivo es otra problemática que puede surgir desde las primeras etapas de la CPG. Es un conjunto de problemas de tipo cultural que se atribuye al fuerte arraigo a prácticas de manejo tradicionales prevalente en Compostela. Los actores de la CPG no utilizan técnicas más eficientes debido a la falta de actualización en la oferta tecnológica disponible y la inversión económica insuficiente. Modificar ligeramente el manejo del cultivo podría evitar gran parte de



las pérdidas relacionadas a problemas fitosanitarios. En Compostela, tradicionalmente se cultiva la guanábana con una densidad de siembra baja (280 plantas por hectárea), generando rendimientos de entre seis y ocho toneladas por hectárea sin utilizar sistema de riego³¹ y con pocas labores de mantenimiento³² (véase Figura 1B). Sin mantenimiento, los árboles crecen rodeados de hojarasca y frutos caídos, exponiéndose a un ambiente cálido, húmedo y poco ventilado que representa un riesgo para la propagación de enfermedades.

3. Dependencia de la Polinización Natural

La polinización natural ineficiente es un riesgo biológico importante para la CPG de Compostela y depender exclusivamente en este método es un riesgo de tipo cultural. La guanábana se poliniza naturalmente por la acción de escarabajos³³ y en Compostela no se acostumbra polinizar manualmente. La naturaleza y comportamiento de los coleópteros es determinante para el desarrollo de frutos. Cuando la población de escarabajos escasea, la polinización disminuye.³⁴

Los escarabajos son polinizadores ineficientes, su cuerpo liso dificulta la adhesión y transporte del polen lo que afecta directamente el cuajado de la fruta y la productividad de los huertos. Al polinizar las flores, los coleópteros, provocan heridas con su aparato masticatorio que inducen la formación de frutos defectuosos. Los escarabajos también causan problemas como daños físicos a los árboles y heterogeneidad fenotípica en frutos. El traslape fenológico de flor, frutos en desarrollo y frutos maduros observado en la guanábana nayarita resulta de la alta variación genética en plantaciones propagadas por semillas provenientes de la polinización natural cruzada³⁵ (Hernández et al., 2017). La polinización natural afecta toda la CPG, ya que los consumidores prefieren productos de alta calidad, uniformes y con un suministro constante o estacional.

4. Naturaleza perecedera del fruto

La corta vida poscosecha de la guanábana es un riesgo biológico grave para la CPG. Una vez separados del árbol los frutos continúan respirando y transpirando

normalmente, pero son incapaces de reemplazar el agua, azúcares y otros metabolitos que mantienen su homeostasis. Deben sobrevivir utilizando sus propias reservas y la velocidad en que las pierden es un factor de gran importancia en su vida poscosecha. Existen diversos factores fisiológicos que inducen la senescencia temprana en guanábana. Su patrón respiratorio muestra una tasa de respiración muy alta durante el climaterio. La gradual pérdida de agua por transpiración disminuye el peso de los frutos y provoca consigo la pérdida de turgencia y elasticidad. La guanábana produce abundante etileno.³⁶ La presencia de enzimas como polifenol oxidasa (PPO) y peroxidasa (POD) ocasionan pardeamientos y la pectina metilesterasa (PME) cataliza la degradación de la pared celular (Jiménez et al., 2017). El efecto combinado de estos factores fisiológicos incide en la calidad de los frutos, acelerando primero el advenimiento de madurez de consumo y después la senescencia. En su senescencia, la guanábana pierde aceleradamente los atributos deseables para consumidores cambiando su apariencia perceptiblemente.

5. Manejo deficiente de fruto fresco

El deterioro rápido de frutos de guanábana se acelera por la falta de cuidados. El desapego a las buenas prácticas de manejo de frutos frescos es una problemática cultural que inicia con la cosecha y afecta eslabones subsecuentes. La guanábana es un fruto difícil de manipular.³⁷ La cosecha a primeras horas de la mañana disminuye su exposición al calor, pero no se practica regularmente. Cuando su piel se rasga la pulpa queda expuesta al medio ambiente, se oxida rápidamente y toma un aspecto desagradable. La vulnerabilidad de los frutos aumenta cuando se transportan en tractocamiones a granel, donde la posibilidad sufrir impactos es alta. Son pocos los productores con medios de transporte e instalaciones de acopio acondicionados para manejar grandes volúmenes de guanábana. Este tipo de descuidos explica la pérdida de entre el 25 y 35 % de la producción (Ramírez, 2008; Jiménez et al., 2017).

La falta de recursos económicos propicia el uso de vehículos que exponen los frutos al sol, el viento y altas temperaturas, acelerando su senescencia. Datos de la FAO (2003) indican que 13°C es su temperatura de almacenamiento ideal,³⁸ logrando una vida de anaquel de entre 7 y 14 días (López, 2003). El uso de sistemas



de refrigeración también implica riesgos, la guanábana es muy susceptible a bajas temperaturas, presentando síntomas de daño por frío³⁹ a menos de 18°C.

6. Limitantes en la exportación de guanábana fresca

La comercialización de frutos exóticos es muy lucrativa en Estados Unidos y la Unión Europea, donde un gran sector de la población se integra de consumidores conscientes interesados en su salud nutricional, dispuesto a pagar altos precios para incorporar a su dieta frutos con alto valor nutricional y propiedades curativas. En estos mercados, la popularidad de la guanábana aumentó recientemente debido a la difusión de las diversas propiedades medicinales que se le atribuyen. Esto ha atraído la atención de países productores de guanábana latinoamericanos, que a pesar de producir menos que México se han colocado como proveedores importantes a nivel internacional.⁴⁰

Exportar frutos frescos a Estados Unidos incrementaría significativamente los ingresos percibidos por la CPG de Compostela. Lamentablemente, por razones de seguridad fitosanitaria México aún no cuenta con permiso para introducir guanábana fresca a territorio americano. A esto se suma una campaña publicitaria insuficiente. Existe muy poco material en medios de comunicación que promueva la guanábana mexicana. Esta problemática mantiene limitado el comercio de guanábana a mercados y centrales de abastos cercanos a la comunidad productora.

7. Elaboración y venta de subproductos insuficiente

La CPG de Compostela se enfoca, casi exclusivamente, en proveer frutos frescos al mercado. El 48 % de los productores de la CPG se limita a la venta de fruto fresco sin ningún proceso de transformación. Los resultados de una encuesta aplicada al 16 % de los productores de guanábana de Compostela, destacan la convicción prevalente de que se requiere generar productos con valor agregado para beneficiar socioeconómicamente a los productores y sus familias (Cayeros et al., 2017). La escasez de subproductos a base de guanábana implica una pérdida económica considerable para la CPG, ya que limita el comercio con diferentes regiones y tipos

de consumidores. Esta problemática de tipo cultural se debe parcialmente al desconocimiento de las propiedades y el potencial económico de los subproductos de guanábana.⁴¹

8. Distribución inequitativa de ganancias

La venta de frutos de guanábana en centrales de abastos y supermercados genera ganancias muy superiores al costo de producción. Lamentablemente, el flujo de capital que aportan los consumidores no se distribuye equitativamente entre los eslabones de la cadena. Los intermediarios y dueños de puntos de venta retienen gran parte de las ganancias (Piedragil, 2017). El sistema productivo es el eslabón de la CPG que requiere más tiempo, atención e inversión de recursos económicos. No obstante, con la venta de frutos, los productores regularmente solo consiguen recuperar los costos de producción. Este problema de tipo cultural genera sobre costos al consumidor final⁴² (Tierra Fértil, 2014).

Puntos débiles de menor riesgo

Entre los puntos débiles de menor riesgo se halla la heterogeneidad fenotípica⁴³ en guanábana y la eliminación de insectos benéficos⁴⁴ por el uso de plaguicidas. Se encontró que ambos son consecuencia de riesgos altamente peligrosos. No se buscaron PCC para abordarlos ya que no requieren atención inmediata y PCC que abordan problemas altamente peligrosos podrían minimizar o eliminar estos riesgos menores (véase Figura suplemental 7).

Principales puntos críticos de control y orden de intervención

Las soluciones con potencial se discutieron en una asamblea del panel de expertos, se evaluó cada una con el árbol de decisiones. Se identificaron 15 que la CPG debe establecer como PCC para reducir o eliminar riesgos. El OI se diseñó en base a la

efectividad, potencial de desarrollo, plazo y dificultad de implementación de los 15 PCC, priorizando PCC con mayor facilidad de implementar, y mayor impacto para la CPG (véase Figura 4).



Figura 4. Orden de intervención propuesto y porcentaje de relevancia de cada punto crítico de control en la cadena productiva de guanábana en Compostela.

Fuente: elaboración propia.

Podas de saneamiento

Las podas de saneamiento ocupan el primer lugar del OI, con el porcentaje de relevancia más alto (80 %). La poda es una labor cultural de mantenimiento que aborda dos problemáticas importantes: control fitosanitario y manejo del cultivo. Este PCC es fácil de implementar, los instrumentos necesarios son asequibles y solo requiere capacitación básica. La poda mejora la aeración, penetración de luz solar y limpieza de los huertos; permiten la detección oportuna de infestaciones capaces de dañar al árbol y sus frutos. Eliminar las partes afectadas controla fuentes donde pueden crecer fitopatógenos previniendo infecciones fúngicas graves como la antracnosis y la muerte descendente de ramas (Prior et al., 1992; Prusky, 2008;

Hernández et al., 2013). Esta práctica es altamente redituable y puede implementarse inmediatamente. Árboles de talla menor permiten cosechar cómodamente, disminuyendo la cantidad de golpes que sufren los frutos (Reyes, Aceves, Caamal y Alamilla, 2018). Se recomienda podar en épocas de lluvia escasa, cuando los suelos se encuentren completamente secos, antes del inicio de la floración, para incrementar su eficiencia (Hernández, Gómez, y Agustín, 2013). Se estima que este PCC aumentaría por lo menos 30 % la productividad de la CPG.

Embolsado de frutos

En segundo lugar, con 78 % de relevancia se colocó el embolsado de frutos, el método de control más efectivo para el barrenador de la semilla (*B. cubensis*), la plaga que más afecta la guanábana. Esta práctica económica, rápida y sencilla, logra un control del 98 al 100 % del barrenador de la semilla cuando se realiza durante etapas tempranas de desarrollo⁴⁵ (Hernández et al., 2014; 2008). Previene enfermedades fúngicas que utilizan heridas creadas por *B. cubensis* para ingresar al fruto. Se ha evaluado una gran variedad de materiales de embolsado que probaron ser más efectivos que insecticidas de uso común. Sin embargo, cada material conlleva una problemática propia.⁴⁶ Se estima que el embolsado aumentaría alrededor de 70 % la producción de la CPG de Compostela.

Asesoría, apoyo técnico y apropiación social de la ciencia

En tercer lugar, del OI, con 76 % de relevancia, se propone el fomento gubernamental de esta industria mediante apoyos económicos, asesoría técnica y difusión de información. Optimizar la dinámica de la CPG requiere fomentar la comunicación entre los eslabones y actores que la integran por lo que implementar programas de apropiación social de la ciencia podría ser clave para potenciar su desarrollo. El trabajo conjunto entre actores de la CPG y dependencias gubernamentales⁴⁷ es vital para generar y difundir información técnica entre los productores, comercializadores, industria e instituciones de investigación. Los programas de capacitación en el manejo del cultivo, control fitosanitario y



estrategias de conservación son una medida efectiva para optimizar el rendimiento de las cadenas productivas.

Los programas de apropiación social de la ciencia buscan que los valores e intereses públicos reflejen resultados alcanzados mediante el desarrollo cooperativo de tecnologías que permitan solucionar la problemática actual. Esto se logra por medio del acceso a la transferencia de nuevas tecnologías, artículos y manuales que impulsen la innovación. Los conocimientos generados por la investigación de frontera contemplan nuevos paradigmas, enfoques, tendencias y planteamientos que al hacerse de dominio público facultan a los ciudadanos con información para tomar decisiones en el uso de tecnologías y productos científicos (Estebanez, 2010). Este tipo de programas pueden implementarse a mediano plazo, pero requieren la coordinación efectiva entre gobierno, dependencias, centros de investigación, actores de la CPG y una importante inversión de recursos humanos y capital.

Crear bancos de germoplasma *in situ* de guanábana en Compostela es un proyecto biotecnológico con potencial, ya que esta zona presenta una amplia variedad genética (Ortiz, 2015). La micropropagación de cultivos es rápida, eficiente y altamente redituable a corto plazo. Busca reproducir líneas progenitoras sobresalientes⁴⁸ a fin de mejorar los rasgos agronómicos del cultivo e incrementar las ganancias de la cadena productiva de la guanábana.

El enfoque de las investigaciones de frontera en guanábana se centra en el estudio de su cutícula⁴⁹ debido a que se relaciona con los riesgos de mayor impacto (corta vida de anaquel, problemas fitosanitarios, daño por frío). Actualmente, se estudia la estructura y composición química de la cutícula, la identificación de los genes involucrados en la biosíntesis de sus componentes y la relación que tiene con la fisiología del fruto.⁵⁰ Bajo este contexto, la secuenciación del transcriptoma de exocarpo de guanábana podría establecer las bases para un programa de mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares para el desarrollo de variedades de guanábanas con vida de anaquel extendida (Berumen, Hernández y Tiznado, 2019).

Prácticas culturales

El cuarto y quinto lugar de este OI lo ocupan actividades de manejo del cultivo tradicionales que se han descuidado, a pesar de ser efectivas para el control de plagas y enfermedades cuando se realizan de manera periódica. La eliminación de frutos caídos y aquellos con síntomas de infección que aún se encuentran adheridos al árbol obtuvo un 72 % de relevancia y la remoción de hojarasca y maleza acumulada bajo el árbol y alrededor de la base de las ramas principales se colocó en sexto lugar con 68 %. La implementación de este par de prácticas culturales es sencilla, económica y redituable. Ambas contribuyen a eliminar fuentes de inóculo y prevenir infecciones como la muerte descendente de ramas (Hernández et al., 2014). Adoptar estas prácticas podría mejorar la rentabilidad de la CPG en Compostela.⁵¹

Polinización artificial

En sexto lugar, con 60 % de relevancia, se sugiere polinizar manualmente.⁵² Este PCC evita depender de insectos polinizadores y es una excelente alternativa para aumentar la productividad de la CPG.⁵³ Cuando se conoce la técnica, esta labor es relativamente sencilla y puede implementarse a corto plazo. Implementarla a mayor escala en Compostela tiene gran potencial de desarrollo, ya que es altamente efectiva en países con climas similares como Brasil (Pinto de Lemos, 2014).

Control de temperatura en poscosecha estricto

Regular la temperatura para preservar los frutos se sitúa en séptimo lugar, con 58 % de relevancia. La temperatura estándar sugerida para almacenar guanábanas es de 15°C, ya que en estas condiciones se logra retrasar tres días el proceso de maduración⁵⁴ (Jiménez, et al., 2017)⁵⁵ Este PCC es altamente redituable para la CPG ya que al conservar la calidad de los frutos se facilita la venta.



Elaboración de subproductos

La elaboración de subproductos en base a guanábana ocupa el octavo lugar de OI con 57 % de relevancia. Todo proceso de industrialización de guanábana inicia con el despulpado.⁵⁶ Esta práctica previene mermas, permite almacenar el producto y extender significativamente el plazo de tiempo para su venta, aprovechando así el cien por ciento de la producción. Esto facilita la espera al aumento de precio de venta, permitiendo el comercio especulativo con industrias que elaboran productos como helados, repostería, yogures y bebidas. Asimismo, fomenta la exportación ya que estos productos no deben cumplir medidas fitosanitarias tan estrictas como el fruto fresco. Sin embargo, a largo plazo mantener el costo de almacenamiento podría resultar no redituable y no todas las familias de productores pueden costear el uso de congeladores.⁵⁷

La pulpa no es el único tejido de guanábana con potencial de comercialización. Conocer las propiedades medicinales de la guanábana facilitaría su promoción y evitaría el desperdicio de partes subutilizadas como semillas y hojas.⁵⁸ La venta de estos tejidos remanentes es altamente redituable y tiene gran potencial en mercados internacionales de alto valor. Mientras que en Compostela buena parte de las semillas y hojas de guanábana se desecha, proveedores de más de 20 países ofertan estos productos en línea.⁵⁹ La guanábana mexicana no tiene presencia en estos sitios de internet eliminando consigo la oportunidad de competir en mercados de alto valor. Se estima que si el resto de los productores implementara este PCC la CPG de Compostela incrementaría sus ingresos en al menos quince por ciento.

Certificación de frutos frescos

Certificar que los frutos están libres de plagas y enfermedades ocupa el noveno lugar del OI. Este PCC tiene una relevancia del 54 %. Su implementación facultaría la exportación de guanábana fresca mexicana a mercados de alto valor como el de Estados Unidos,⁶⁰ pero usualmente requieren la validación de numerosas autoridades fitosanitarias nacionales e internacionales. México aún no cuenta con el permiso para exportar guanábana a Estados Unidos, pero el 2 de mayo del 2019, después de un análisis de plagas y gestión de riesgos, el Servicio de Inspección de

Salud Animal y Vegetal (APHIS) emitió un comunicado que reconsidera la propuesta del gobierno mexicano para importar 200 toneladas de guanábana.⁶¹

El comunicado estipula que la importación de guanábana fresca a Estados Unidos solo se realizará bajo condiciones específicas.⁶² Dicho comunicado se sometió a un periodo de escrutinio; recibió comentarios hasta el 1 de julio de 2019. Actualmente, se espera la decisión final de la APHIS y se pronostica que gracias al nuevo T-MEC la exportación de productos agrícolas a Estados Unidos y Canadá se mantendrá libre de aranceles (APHIS, 2020a).

Uso de injertos

En décimo lugar, con 26 % de relevancia, se encuentra el uso de injertos. Este método de propagación, realizado por técnicos especializados, es muy efectivo ya que permite fijar características de los progenitores o replicar cualidades de cepas provenientes de otras regiones. Consiste en unir dos plantas para que continúen su desarrollo como una sola.⁶³ El beneficio económico del uso de injertos es difícil de calcular y solo se perciben a largo plazo.

Control biológico

El control biológico de plagas, con 45 % de relevancia se sitúa en el lugar once. Consiste en liberar enemigos naturales (depredadores o parásitos) de la plaga en cuestión para eliminar la infestación. El control biológico representa una alternativa natural a los métodos de control químico sin sus efectos secundarios perjudiciales, por lo que se considera significativamente redituable. Al igual que otros PCC, este método de control fitosanitario debe realizarse con precaución, ya que es posible provocar desequilibrios en el ecosistema capaces de interferir con la productividad de la CPG. En guanábana, el control biológico ha resultado altamente eficaz para combatir la cochinilla rosada del hibisco. Se conocen 26 especies parasitoides y 46 depredadoras para esta plaga.⁶⁴ En el caso de *B. cubensis*, aún no se ha encontrado un parásito o depredador asociado,⁶⁵ pero podría experimentarse con enemigos naturales de especies similares como *B. maculicollis*.



Uso de recubrimientos en postcosecha

El doceavo lugar del OI de la CPG, con una relevancia del 44 %, es la aplicación de recubrimientos a frutos durante la poscosecha. La tecnología de recubrimientos extiende la vida de anaquel, previene infecciones fúngicas y puede implementarse a corto plazo. Los recubrimientos pueden obtenerse en tiendas de agroquímicos y las diluciones se preparan a baja concentración.

El quitosano es un biopolímero relativamente económico que ha demostrado alta efectividad para retrasar la descomposición de frutos mediante múltiples mecanismos de acción. Su aplicación durante la poscosecha de guanábana resulta redituable porque ayuda a controlar infecciones fúngicas de gran impacto como *C. gloeosporioides* y *R. stolonifer* sin afectar parámetros de calidad⁶⁶ (Ramos, González, Montalvo, Miranda, y Gutiérrez., 2018; Ramos et al., 2020). Otro recubrimiento que ha mostrado efectividad es la mezcla de cera con 1 metilciclopropeno (1-MCP). Su aplicación conjunta inhibe la acción del etileno retrasando la maduración y pérdida de firmeza de los frutos, prolongando así su vida poscosecha (Coêlho de Lima y Alves, 2011; Jiménez et al., 2017).

Incorporación al programa de precios de garantía

Establecer precios de garantía justos que contrarresten los efectos nocivos que tiene el intermediarismo en la CPG ocupa el treceavo lugar de este OI, con 42 % de relevancia. Este PCC aborda la problemática de distribución inequitativa de las ganancias. El Programa de precios de garantía⁶⁷ establece el valor mínimo de adquisición para productos del campo y aplica a productores que cumplen ciertas características. El programa del gobierno federal está a cargo de Seguridad Alimentaria Mexicana.⁶⁸ Actualmente, este programa se encuentra vigente, pero aún no contempla a la guanábana y su implementación podría demorarse de corto a mediano plazo dependiendo del proceso de registro (Arámbula, 2020).

Control químico

En el lugar catorce se encuentran los métodos de control químico con una relevancia del 41 %. Los plaguicidas sirven para repeler, prevenir o controlar cualquier plaga, maleza o enfermedad, que se manifieste en cualquier eslabón de la CPG. Son resultado del trabajo conjunto del laboratorio y el campo.⁶⁹ Cada agroquímico tiene una composición diferente y su uso requiere un consumo responsable que considere las ventajas y desventajas específicas de cada producto. Son muy populares entre agricultores por su facilidad de uso y la efectividad inicial inmediata, con un control de infestaciones cercano al cien por ciento en la primera aplicación. Sin embargo, son causa de controversia debido a numerosos reportes de efectos secundarios serios, que en ocasiones no se perciben hasta tiempo después.⁷⁰ En Compostela, se han aplicado, con buenos resultados, insecticidas como malatión, dimetoato y cipermetrina para controlar infestaciones de *B. cubensis* (Hernández et al., 2014).

Los plaguicidas pierden efectividad después de la primera aplicación.⁷¹ Su uso repetido provoca el desarrollo gradual de mecanismos de tolerancia⁷² en los insectos que trata de eliminar. Satisfacer las necesidades del mercado aumenta cada vez más el costo de fabricación de plaguicidas.

Tecnología de empaques

El uso de tecnologías de empaque y procesamiento se colocó en el lugar quince con 27 % de relevancia. La comercialización de frutos de guanábana se beneficiaría con el uso de empaques adecuados. La composición de los materiales de empaque influye en la preservación de los frutos. Idealmente esta barrera los protege de factores internos como los gases que se producen durante el proceso metabólico de maduración y externos como daños físicos y posible contaminación química durante su transporte y almacenamiento.



Las cajas de plástico con una esponja de cuatro centímetros de espesor al fondo protegen al fruto durante el traslado. Los frutos deben colocarse en las cajas inmediatamente después de ser cosechados, sin sobresaturarlas a fin de evitar impactos entre ellos (Hernández et al., 2017). El uso empaques de poliestireno resulta efectivo por sus propiedades aislantes debido a su composición de más de 95 % de aire. Se recomienda empaquetar la guanábana individualmente en bandejas de poliestireno y revestirlas con una película de polietileno flexible. A una temperatura de entre 12 y 14 °C esta práctica mantiene la calidad de los frutos hasta por 22 días (Jiménez et al., 2017; Silva et al., 2001). Para usar estos empaques se requiere capital para adquirirlos y capacitar al personal en contacto con los frutos. Este tipo de tecnologías para el manejo poscosecha es redituable y su implementación podría realizarse en un plazo de seis meses a un año.

Conclusiones

La CPG genera una derrama económica cercana a los 250 millones de pesos anuales en Compostela. Con la mayor producción de guanábana en el mundo y tiene potencial de colocarse como el principal exportador a nivel internacional. La supervisión disciplinada de PCC de carácter preventivo podría solucionar problemas desde su origen y detectar situaciones adversas a tiempo para administrar PCC de tipo correctivo. Futuros esfuerzos de investigación de frontera deben enfocarse en el desarrollar tecnologías que den solución a riesgos múltiples, como el análisis de la cutícula del fruto. La base de datos generada puede servir como punto de partida para otros proyectos de investigación dirigidos a diferentes cultivos y frutas tropicales, así como en la elaboración de manuales específicos para diferentes actividades o eslabones de la CPG.

Un cálculo conservador indica que de implementarse el OI con los PCC sugeridos, la CPG aumentaría sus ganancias al menos 175 % en un corto a mediano plazo. Para el municipio de Compostela, esto implica una derrama económica de alrededor de 1,062.00 millones de pesos anuales con posibilidad de incrementar aún más mediante la mejora continua de la CPG, lo cual contribuiría positivamente al desarrollo económico de la región.

Notas al pie:

¹ PCC es cualquier fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (FAO, 2002). En este escrito, este concepto se amplía a cualquier fase en los eslabones de la cadena productiva (CP) en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro que obstaculice la comercialización del producto.

² Fuentes indirectas: bases de datos, artículos, tesis, revistas, noticias, casos de éxito, manuales de manejo y control fitosanitario, instrumentos para analizar cadenas productivas y propuestas de innovación comercial. Fuentes directas: entrevistas y observaciones realizadas durante visitas a huertos y puntos de venta.

³ Instrumento que registra los diferentes puntos débiles que presenta la CPG en cada etapa. Clasifica los riesgos según su origen (biológico, físico, químico o cultural) e identifica las condiciones que los propician, la etapa donde se presentan por primera vez, etapas directamente afectadas, actores involucrados y posibles soluciones.

⁴ La probabilidad de incidencia se evaluó con la siguiente escala: nulo (1), poco probable (2), ocasional (3), probable (4) y frecuente (5); y la severidad o grado de impacto a la calidad como: negligible (1), bajo (2), mediano (3), alto (4) y crítico (5). Para determinar la significancia (Sig) de cada riesgo se multiplicó el valor de la probabilidad de ocurrencia (P) por su grado de severidad (S) [Sig=S*P]. Los riesgos con valores superiores a 10 se categorizaron como riesgos con alta capacidad para provocar efectos negativos y los valores menores a 10 como riesgos poco significativos.

⁵ Instrumento compuesto de seis preguntas secuenciales que permiten un examen objetivo de la oferta tecnológica para precisar cuáles soluciones deben implementarse en una CP. Siguiendo esta secuencia lógica se descartan soluciones para riesgos que permiten que el producto llegue al consumidor o no son efectivas para prevenir la contaminación del producto.

⁶ Efectividad (C1), potencial de desarrollo (C2), plazo (C3) y dificultad de implementación (C4)

⁷ $[R = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) *]$

⁸ $(R_{max}) [\%R = (R * 100)/R_{max}]$

⁹ Productores, intermediarios, transportistas y proveedores de insumos, tecnología, asesoría técnica o apoyo económico.

¹⁰ Temperatura media anual de 22.9°C que solo varía 5.8°C durante el año (Inafed, 2020; climate-data.org,2020).

¹¹ El 79 % del territorio presenta un relieve accidentado o semiaccidentado (Ayuntamiento Compostela, 2017)

¹² En el 70 % de los suelos de la región predomina una mezcla de feozem háplico y regosol éutrico. El feozem forma una cubierta superficial rica en humus, mientras que los depósitos de regosol aportan roca, arena y sedimentos

¹³ La densidad de siembra y el sistema de riego afectan el comportamiento y rendimiento del cultivo, así como la incidencia de plagas y enfermedades (Hernández, Gómez, López y Castañeda 2013).

¹⁴ Como pendiente, calidad del suelo y disponibilidad de agua.

¹⁵ Las flores de guanábana son hermafroditas y se distribuyen principalmente en el tronco y axilas de ramas gruesas. En árboles jóvenes se presentan en forma solitaria y en árboles mayores a seis años se agrupan en cojines florales.

¹⁶ De forma oval cónica, parecida a un corazón.

¹⁷ Los frutos alcanzan su tamaño máximo y se encuentran maduros fisiológicamente alrededor de 160 días después de la antesis. El cambio en la tonalidad de la epidermis, de verde oscuro a verde más claro (mate), y la pérdida de rigidez de los rudimentos estilares son indicadores de que se encuentran aptos para la cosecha (Worrell, Carrington y Huber 1994). Otro índice de madurez es un contenido de sólidos solubles totales mayor a 7° Brix en el jugo extraído de la pulpa (Jiménez et al., 2016).

¹⁸ El 48 % de los productores venden los frutos sin aplicar ningún proceso de transformación (Cayeros et al., 2017). Buena parte de la guanábana cosechada en Compostela se envía al centro de acopio y empaque del municipio Las Varas, donde pasa por un proceso de clasificación manual en el que se retira la fruta defectuosa, tierna o en mal estado, se seleccionan según su grado de madurez y se empacan en cajas que se envían al mercado (Piedragil, 2017).

¹⁹ En diciembre del 2019, un kilo de guanábana fresca costaba 15 pesos (Véase Figura suplemental 6).

²⁰ Jalisco, Ciudad de México, Puebla y Michoacán (Solís, 2019).

²¹ Gran parte de los datos disponibles no se enfocan específicamente en este cultivo, provienen de otros países o requieren actualizarse.

²² El desarrollo a profundidad de las particularidades específicas de cada plaga o enfermedad va más allá del objetivo de este trabajo, pero el lector interesado podrá encontrar más información al respecto en la revisión de Hernández et al. (2014).

²³ El agente causal de esta infección es el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

²⁴ Los frutos que se infectan durante etapas de desarrollo tempranas se secan y permanecen adheridos al árbol, convirtiéndose en fuentes de propagación del patógeno. En frutos maduros, la infección se manifiesta como pequeñas manchas de color negro en el exocarpo que eventualmente se unen formando áreas necróticas agrietadas. Al podrirse la pulpa subyacente se torna oscura y se seca, adquiriendo una consistencia corchosa.

²⁵ Las salpicaduras diseminan sus conidios y la humedad relativa alta facilita la infección.

²⁶ (*Bephratelloides cubensis*, *Cerconota anonella*, *Oenomaus ortygnus*, *Optatus palmaris*, *Talponia batesi* Heinrich). La infestación de estos insectos puede afectar hasta el 90 % de la producción (Hernández, Gómez y Orozco, 2014).

²⁷ Las hembras de esta especie ovipositan sobre frutos jóvenes en fase de “cepillo”, insertando sus huevos en semillas inmaduras. Las larvas se desarrollan dentro de la semilla, alimentándose de su endospermo hasta formar pupas. Después de la metamorfosis, *B. cubensis* adulto eclosiona de su pupa y barreña la semilla, la pulpa y el exocarpo del fruto para llegar al exterior. Aunque los orificios de uno a dos milímetros de diámetro resultantes en la piel del fruto no representan un daño físico significativo, repercuten directamente al rendimiento del fruto. Al perder sus barreras naturales se expone a una mayor pérdida de agua y partes de la pulpa se oxidan debido a la interacción directa con el medio ambiente. Estos agujeros facilitan el acceso de hongos patógenos e insectos como hormigas o coleópteros pequeños (Hernández et al., 2014). Los daños ocasionados por *B. cubensis* comprometen la calidad del fruto y aceleran su descomposición.

²⁸ En 2010, se encontraron árboles con muerte descendente en el 15 % de los huertos de guanábana del ejido Altavista en Compostela. En huertos afectados se registraron daños entre el 40 a 100 % de los árboles muestreados. Los árboles infestados presentan lesiones hasta en el 60 % de sus ramas (Hernández, Gómez, López y Castañeda, 2018).

²⁹ *M. hirsutus* succiona la savia de tejidos vasculares provocando deformaciones en hojas, tallos, ramas, flores y frutos.

³⁰ Presente con un alto índice de ejemplares en ocho huertos de guanábana del municipio según el inventario de insectos asociados a guanábana publicado recientemente por Cham et al. (2019).

³¹ El riego por temporal predomina en la mayoría de los huertos del municipio. El 70 % de los productores no tiene interés en el uso de sistemas de riego tecnificado, como el riego por goteo. Consideran que, en parcelas con características como las suyas, el alto costo de implementación sería poco redituable (Cayeros et al., 2017).

³² Algunos productores suelen aplicar fertilizantes dos veces al año durante épocas de lluvia (Piedragil, 2017), pero raramente realizan análisis foliar o de suelo para identificar las necesidades del cultivo. Es común que los productores realicen podas de formación en árboles jóvenes, pero una vez que comienzan a producir, regularmente los dejan crecer libremente. Las podas de saneamiento, diseñadas para evitar la propagación de enfermedades como la muerte descendente, solo se realizan esporádicamente.

³³ La cantarofilia es un síndrome floral biótico que se manifiesta en el tono amarillo de los pétalos de guanábana, detectable por el sentido visual poco desarrollado de escarabajos; y por los compuestos atrayentes rastreables a través de distancias largas que liberan.

³⁴ La problemática se agudiza por insecticidas y herbicidas aplicados para combatir plagas que también merman poblaciones de insectos polinizadores.

³⁵ Estas plantas son heterogéneas en cuanto a su crecimiento, floración, producción y susceptibilidad a plagas y enfermedades (Pinto et al., 2005). Este método de propagación impide conocer las características de sanidad y productividad de los progenitores, facilitando el desarrollo de características fenotípicas que no convienen al agronegocio.

³⁶ Fitohormona que acelera el proceso de maduración de frutos (Jiménez et al., 2017)



³⁷ La guanábana es un fruto frágil, de gran tamaño y forma irregular (Castillo, Varela, Pérez y Pelayo, 2005). Se lesionan fácilmente cuando se golpean, manifestando manchas marrones que estropean su estética.

³⁸ Experimentos más recientes reportan un retraso de tres días en la maduración cuando se almacenaron a 15°C (Silva et al., 2001; Jiménez et al., 2017).

³⁹ El daño por frío se manifiesta en el endurecimiento de la fruta y el desarrollo de un color café parduzco o negro en su corazón que se extiende gradualmente de la pulpa hacia la cáscara (Castillo et al., 2005). En casos de daño interno severo, las manchas pueden apreciarse como hundimientos distribuidos irregularmente en la piel del fruto. Temperaturas consideradas óptimas entre 12 y 14°C provocan síntomas de daño por frío en solo seis días de almacenamiento (Alves, 1997; Silva et al., 2001).

⁴⁰ Semanalmente, Florida recibe entre 1.8 y 5.5 toneladas de guanábana fresca proveniente de Granada, una pequeña isla del Caribe (Sever, 2018). Paralelamente, en Europa se reciben semanalmente cargamentos de guanábana ecuatoriana. Compañías productoras y procesadoras de guanábana ecuatorianas participan en ferias agrícolas europeas, donde divulgan eficazmente las bondades de sus productos, posicionando a Ecuador como el principal proveedor de guanábana en la Unión Europea (Den Herder, 2018).

⁴¹ Cerca de la mitad de los productores desconoce las propiedades medicinales de la guanábana, e ignoran que la comercialización de otras partes del árbol es rentable (Cayeros et al., 2017, p. 34).

⁴² En diciembre de 2019, el kilo de guanábana en cadenas comerciales del país se vendía a un precio 4.5 veces más alto que el ofertado en Compostela (Walmart, 2019).

⁴³ La heterogeneidad fenotípica de guanábana es el resultado de la interacción genotipo ambiente que se manifiesta notablemente en la variedad en tamaño y forma de los frutos y en la asincronía observada en la floración de árboles y maduración de frutos. A pesar de ser un problema prevalente, el impacto sobre la calidad del fruto no es grave. La heterogeneidad fenotípica se debe a su vez a malas prácticas de manejo y otros problemas naturales.

⁴⁴ La eliminación de insectos benéficos por el uso de plaguicidas es un problema medianamente severo que ocurre regularmente. La pérdida de insectos polinizadores resulta del uso de plaguicidas, por tanto, es posible disminuir este riesgo implementando métodos de control alternativos.

⁴⁵ Frutos menores a 3.1 cm de diámetro.

⁴⁶ Quemaduras y frutos de menor tamaño cuando se embolsan en plástico o infestaciones leves por piojo harinoso en frutos cubiertos con tela (Hernández-Fuentes et al., 2008).

⁴⁷ Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Nayarit e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

⁴⁸ Mejor adaptados al ambiente de la región, resistentes a plagas y enfermedades, mejores parámetros de calidad y larga vida de anaquel. La información disponible respecto a la variabilidad genética de variedades comerciales es escasa ya que el estudio de frutos a nivel molecular requiere de insumos e instalaciones muy costosas.

⁴⁹ La cutícula es la cubierta exterior del fruto; funciona como barrera protectora contra los efectos negativos de la radiación solar, reduce la pérdida de agua, protege contra el ataque de hongos, provee soporte mecánico, regula los cambios de temperatura y participa en la interacción con insectos (Tafolla et al., 2013).

⁵⁰ En el grupo de trabajo del Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. se realizó la secuenciación masiva del exocarpo del fruto de guanábana. Actualmente están terminando la anotación del transcriptoma del exocarpo de guanábana y el análisis de expresión diferencial de los genes participando en la biosíntesis de los componentes cuticulares. Se espera que este recurso genético se convierta en la plataforma que propicie el diseño de protocolos para la creación de variedades de guanábana con características organolépticas, nutricionales, medicinales y fisiológicas mejoradas.

⁵¹ En el colegio de Postgraduados Campus Campeche, un manejo tecnificado del cultivo que incluye prácticas como la siembra en alta densidad, podas de formación, programas de fertilización y riego por goteo logra rendimientos de 28 t/ha después del octavo año. Con una producción cinco veces mayor a la de métodos de cultivo convencionales se generó hasta 663,873 pesos de utilidad por hectárea (Reyes et al., 2018).

⁵² Los granos de polen se depositan directamente sobre el estigma utilizando un pincel. Se realiza durante las primeras horas del día, cuando la humedad relativa es alta, para prevenir la deshidratación del polen (Cavalcante, 2000).

⁵³ La polinización artificial incrementa de dos a cuatro veces el número de frutas por planta. Permite la formación adecuada de frutos, bien llenados y con un peso mayor que los polinizados naturalmente (Cavalcante, 2000; Queiroz y Medrado, 1994; Queiroz y Medrado, 1995; de Lemos, 2014).

⁵⁴ Sin embargo, existen reportes de daño por frío a temperaturas de entre 4 y 18°C (Jiménez et al., 2017).

⁵⁵ La temperatura ideal de almacenamiento para guanábanas de tono verde oscuro está entre los 20 y los 26°C. Por otro lado, las cosechadas con tono verde claro deben almacenarse de 16 a 18°C, y ajustar la temperatura a 12 y 14°C una vez adquirida una textura firme cambiante (Castillo et al., 2005).

⁵⁶ El despulpado consiste en la extracción manual de la pulpa y su congelación inmediata.

⁵⁷ Actualmente, el 52 % de los productores del municipio realiza el despulpado (Cayeros, 2017).

⁵⁸ Sus hojas se utilizan para elaborar medicinas, suplementos alimenticios, aceites esenciales e infusiones y a partir de sus semillas se elaboran insecticidas alternativos.

⁵⁹ Un paquete con cien semillas alcanza precios de hasta 13 dólares en portales de internet como eBay (eBay, 2020).

⁶⁰ En Estados Unidos el precio de la guanábana frecuentemente rebasa los 1,000 pesos por kilo (eBay, 2020). En este país no existe la producción comercial de guanábana, pero si la importan desde Granada, las Islas Marianas, Guam, Micronesia y Palau (APHIS, 2020b).



⁶¹ Consideran que, con ese volumen de importación, la población de Estados Unidos se beneficiaría del consumo de guanábana mexicana sin impactar negativamente la economía del país.

⁶² Primera, la guanábana fresca se importaría únicamente en envíos comerciales. Segunda, previo a su importación, los frutos tendrían que someterse a inspecciones por parte de la organización de protección fitosanitaria mexicana y recibir tratamientos fitosanitarios. Tercera, se requieren inspecciones en el puerto donde la fruta de guanábana ingresa a los Estados Unidos continentales. Cuarta, México tendría que emitir un certificado fitosanitario que establezca que el envío fue inspeccionado y encontrado libre de plagas cuarentenarias antes de la importación. Quinta, México debe entrar en un plan de trabajo operativo con APHIS detallando los procedimientos diarios que tomará el país para implementar medidas de protección (APHIS, 2020a).

⁶³ Los injertos se componen de una parte inferior denominada patrón, con un sistema radicular que debe estar bien adaptado al tipo de suelo y condiciones climáticas de la zona de cultivo, y la copa o parte superior que produce frutos con características deseables (Sánchez y Escobar, 2000).

⁶⁴ Cuando las infestaciones de cochinilla son altas, usualmente se utiliza el depredador *Cryptolaemus montrouzieri*, y cuando la población es baja se recomienda la liberación de *Anagyrus kamali*, un parasitoide con predilección por la cochinilla rosada (Hernández et al., 2013).

⁶⁵ En ambiente de laboratorio, *B. cubensis* se controló al 100 % con el hongo *Paecilomyces lilacinus* pero no se ha probado *in situ* (Hernández et al., 2014).

⁶⁶ El tratamiento con quitosano disminuye la pérdida de peso, mantiene la firmeza de los frutos e induce las defensas contra patógenos reduciendo hasta 85 % la infección por antracnosis (Ramos, González, Montalvo, Miranda y Gutiérrez, 2020).

⁶⁷ El programa de precios de garantía permite a los productores recibir un precio adecuado a cambio de sus productos frescos además de garantizar la disponibilidad de alimentos para la canasta básica. Bajo este esquema, los centros de acopio designados reciben y pagan el precio de garantía vigente, asumiendo los gastos de almacenaje, conservación, flete y venta de la guanábana y son responsables de vender a precio de mercado sin afectar al consumidor final, absorbiendo solo el diferencial entre el precio de garantía y el precio de mercado para sufragar gastos logísticos y administrativos. Este modelo sostiene que el pequeño y mediano productor tendrán una garantía de precio que les ayudará a incrementar su ingreso y la producción contribuyendo a la seguridad alimentaria y el desarrollo regional.

⁶⁸ Organismo dependiente de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

⁶⁹ Generalmente administrado desde centros de investigación, donde se estudia el comportamiento de los pesticidas desde la perspectiva agrícola, ambiental y de salud.

⁷⁰ En Compostela se aplicaba regularmente malatión activo debido al estudio de Peña y Nagel (1998), que registró un control del 99.6 % de *B. cubensis* y 50 % menos semillas infestadas respecto al testigo. Sin embargo, 26 años más tarde se observó que provoca síntomas de toxicidad en guanábana no reportados anteriormente (Hernández et al., 2014).

LA CADENA PRODUCTIVA DE GUANÁBANA:
UNA OPCIÓN PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO EN COMPOSTELA, NAYARIT
ANAYA-DYCK, HERNÁNDEZ-OÑATE, TAFOLLA-ARELLANO, BÁEZ-SAÑUDO, GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, TIZNADO-
HERNÁNDEZ



⁷¹ En la primera aplicación el dimetoato alcanzo un 99.25 % de control del barrenador de la semilla y la cipermetrina 99.2 %. En una segunda aplicación utilizando la misma dosis la efectividad se redujo a 94.1 % y 82.17 % respectivamente (Hernández et al., 2014).

⁷² Los mecanismos de resistencia son adaptaciones heredables en la estructura genética de las plagas.

Figuras suplementales

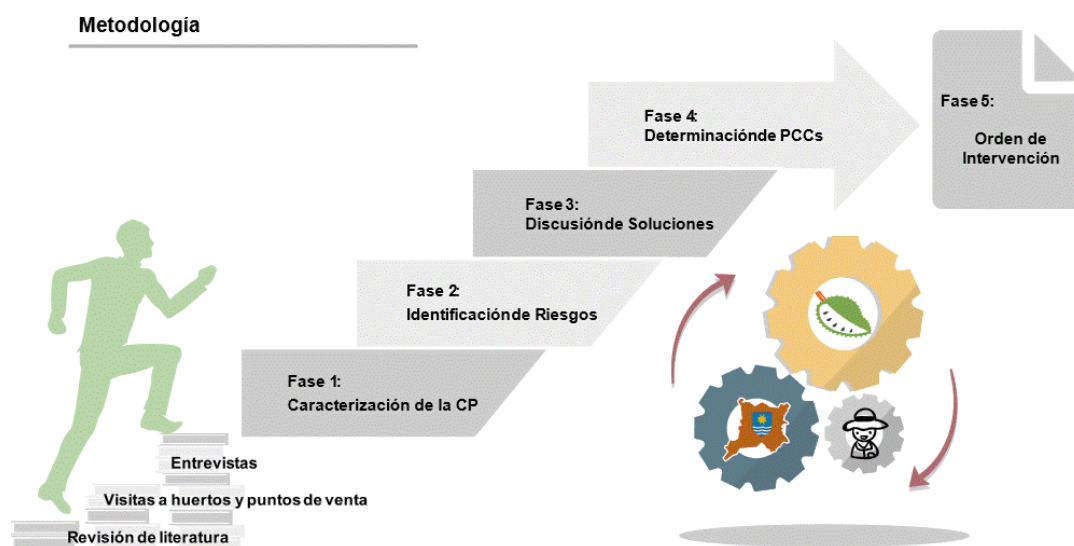


Figura suplemental. 1 Proceso para calcular el orden de intervención óptimo.

Formato de identificación de Riesgos

Peligro	Tipo*	Primera etapa afectada	Fases directamente afectadas	Causas	severidad	Probabilidad	SxP**	Soluciones	Actores involucrados
Botrenador de las semillas	biológico	Sistema Productivo	Sistema Productivo, Empaque y Almacenamiento, Transporte y Comercialización	plagas, descuido del cultivo	5	4	20	control químico: dimetato, cipermetrina	Productores, investigadores, dependencias de gobierno, proveedores de insumos
Antracnosis	biológico	Sistema Productivo	Sistema Productivo, Empaque y Almacenamiento, Transporte y Comercialización	condiciones de humedad, descuido del cultivo, fuentes de inoculo	5	4	20	aplicación de quitosano en poscosecha, recolección de hojas secas y frutos caídos	productores, proveedores de insumos, centros de investigación, dependencias de gobierno
fruto altamente perecedero	biológico	Empaque y Procesamiento	Sistema de empaque y almacenamiento	altos índices en tasa de respiración y producción de etileno	5	5	25	aplicación de quitosano y 1-MCP en poscosecha, Regular temperatura en equipo de refrigeración adecuado	Productores, Personal que empaque, almacena, transporta frutos, centros de investigación

Fecha: 12/12/2019

Nombre: [Redacted]

Figura suplemental 2. Ejemplo de hoja de identificación de riesgos. Adaptado de (Rojas., 2019).

LA CADENA PRODUCTIVA DE GUANÁBANA:
UNA OPCIÓN PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO EN COMPOSTELA, NAYARIT
 ANAYA-DYCK, HERNÁNDEZ-OÑATE, TAFOLLA-ARELLANO, BÁEZ-SAÑUDO, GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, TIZNADO-
 HERNÁNDEZ

Cuantificación de Riesgos

Impacto / Severidad del Riesgo	Critico	5	5	10	15	20	25	Rango de significancia: (Exposición)	
	Alto	4	4	8	12	16	20		≥ 10 Riesgos Significativos
	Medio	3	3	6	9	12	15		
	Bajo	2	2	4	6	8	10		
	Negligible	1	1	2	3	4	5		≤ 10 Riesgos no Significativos
	Riesgo		1	2	3	4	5		
			Probabilidad casi nula	Poco probable	Ocasional	Probable	Frecuente		
	Probabilidad de Ocurrencia del Riesgo								

Figura suplemental 3. Instrumento cuantificador de significancia. Adaptado de (Rojas., 2019).

Secuencia de decisiones para identificar los Puntos Críticos de Control

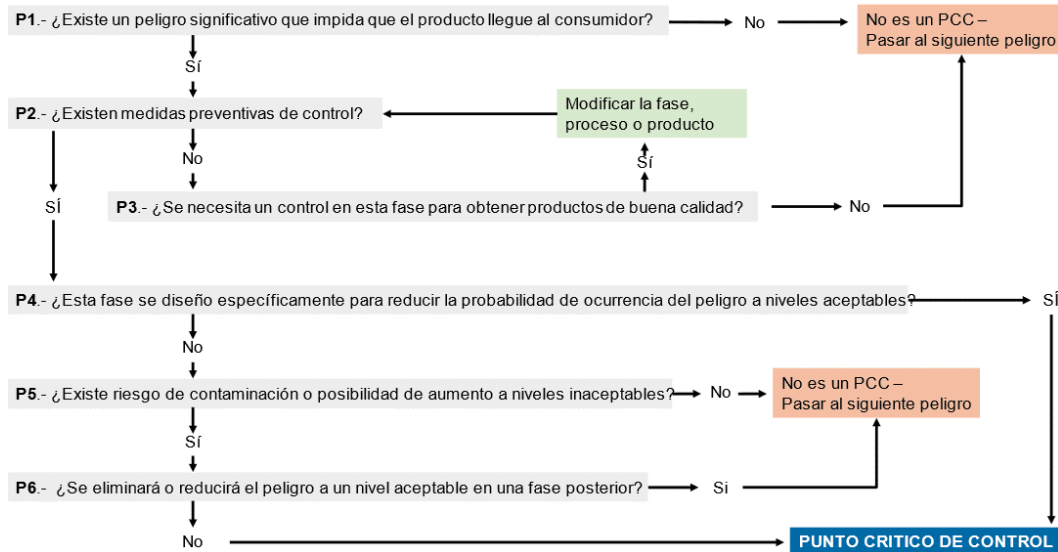


Figura suplemental 4. Árbol de Decisiones. Adaptado de (FAO, 2002).





 <p>Rango</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Extremadamente Difícil de Implementar 2 Difícil de Implementar 3 Posible de Implementar 4 Fácil de Implementar 5 Extremadamente Fácil de Implementar <p>Dificultad de Implementación</p>	 <p>Rango</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 No Efectivo 2 Muy Poco Efectivo 3 Poco Efectivo 4 Significativamente Efectivo 5 Altamente Efectivo <p>Efectividad</p>
 <p>Rango</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 No Redituable 2 Poco Redituable 3 Redituable 4 Significativamente Redituable 5 Extremadamente Redituable <p>Potencial de Desarrollo</p>	 <p>Rango</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Plazo Muy Largo: Mayor a 5 años 2 Largo Plazo: 3 a 5 años 3 Mediano Plazo: 1 a 3 años 4 Corto Plazo: 6 meses a 1 año 5 Plazo inmediato: 0 a 6 meses <p>Plazo de Implementación</p>

Figura suplemental 5. Criterios para evaluar PCCs.



Figura suplemental 6. Venta de guanábana fresca en puesto a orilla de la carretera del municipio de Compostela.

LA CADENA PRODUCTIVA DE GUANÁBANA:
UNA OPCIÓN PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO EN COMPOSTELA, NAYARIT
 ANAYA-DYCK, HERNÁNDEZ-OÑATE, TAFOLLA-ARELLANO, BÁEZ-SAÑUDO, GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, TIZNADO-
 HERNÁNDEZ

Peligro	Primera etapa afectada/ Fases directamente afectadas	Causas	Actores Involucrados	SxP**
Heterogeneidad fenotípica (épocas de floración, frutos, tamaño, maduración, etc.) 	Floración en fase productiva/ Empaque y procesamiento, Transporte y comercialización, Consumidores.	Ausencia de sistemas de selección de cultivos	Productores, proveedores de insumos, capacitación, crédito y financiamiento (públicos y privados), centros de investigación	2x4= 8
Problemas Fitosanitarios (Complejo de Barrenadores, Cochinilla Rosada del Hibisco, Enfermedades Fúngicas, etc.) 	Sistema productivo/ toda la cadena productiva	Condiciones climáticas/ambientales favorables para su desarrollo y propagación. Mantenimiento mínimo en los huertos.	Productores, proveedores de insumos, capacitación, crédito y financiamiento (públicos y privados)	5x4= 20
Eliminación de insectos benéficos por aplicación de plaguicidas  	Sistema productivo	Eliminación plagas	Productores y proveedores de insumos	3x3= 9
Prácticas de Manejo de Cultivo Ineficientes (cultivo en baja densidad de siembra, poca fertilización, poco mantenimiento de los cultivos) 	Sistema productivo/ transporte y comercialización	Desinformación, arraigo a tradiciones	Productores, proveedores de insumos, capacitación, crédito y financiamiento (públicos y privados, gobierno, centros de investigación)	4x5= 20
Dependenciade la Polinización Natural 	Sistema productivo/ Toda la cadena productiva	Desinformación, falta de asesoría técnica, recursos deficientes	Productores, proveedores de insumos, capacitación, crédito y financiamiento (públicos y privados)	3x5= 15
NaturalezaPerecedera del Fruto 	Empaque y procesamiento/ transporte y comercialización	Fruto climatérico, alta tasa de respiración y producción de etileno	Productores, proveedores de insumos, capacitación, crédito y financiamiento (públicos y privados, gobierno, centros de investigación)	4x5= 20
Manejo Deficiente del Fruto Fresco (Golpes, daño por frío) 	Cosecha /Empaque y procesamiento transporte y comercialización	Pocos cuidados en transporte y almacenamiento	Transportistas y comerciantes	3x4= 12
Limitantes en la Exportación de Guanábana fresca  	Transporte comercialización y	Falta de difusión del producto, autorización de aduanas internacionales	Organizaciones y dependencias gubernamentales nacionales e internacionales	3x4= 12
Distribución inequitativa de las ganancias generadas por la venta del producto  	Sistema Productivo/oda la cadena productiva	Visión neoliberalista en el mercado, intermediarismo, Productores desinformados y poco organizados	Gobierno, centros de investigación y desarrollo, productores, proveedores de insumos y tecnología, consumidores, intermediarios, sociedad en general	5x3= 15

Figura suplemental 7. Riesgos en la CPG de Compostela. El logotipo de riesgo biológico hace alusión a un riesgo del tipo biológico. El conjunto de personas representa un riesgo cultural. La balanza simboliza un problema legislativo.



Referencias

- Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS, 2020a). APHIS Seeks Comment on the Pest Risk Analysis for Fresh Soursop Fruit Imports from Mexico Into the Continental United States. Recuperado de https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa_by_date/2019/sa-05/mexico-soursop-fruit
- Animal and Plant Health Inspection Service APHIS (2020b). Soursop Commodity Summary: Approved Countries. Recuperado de https://epermits.aphis.usda.gov/manual/index.cfm?action=commSummCountryP&COMMOD_ID=326&dspNavBar=1
- Arámbula, V. M. (2020). Acuerdo por el que se dan a conocer las reglas de operación del programa de precios de garantía a productos alimentarios básicos a cargo de seguridad alimentaria mexicana. *Diario Oficial de la Federación* 24/2/2020 SEGALMEX. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5587270&fecha=24/02/2020
- Ayuntamiento Compostela 2017-2021. Plan Municipal de Desarrollo Compostela (2017). Recuperado de <http://e-compostela.gob.mx/pdf/PDMCompostela2017-2021.pdf>
- Benkeblia, N., Tennant, D. P. F., Jawandha, S. K. y Gill, P. S. (2011). Preharvest and Harvest Factors Influencing the Postharvest Quality of Tropical and Subtropical Fruits. *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, (1) 112-141. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857093622.112>
- Berumen-Varela, G., Hernández-Oñate, M. A. y Tiznado-Hernández, M. E. (2019). Utilization of Biotechnological Tools in Soursop (*Annona muricata* L.). *Scientia Horticulturae*, 245 (Octubre, 2018), 269-273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.028>
- Castillo-Ánimas, D., Varela-Hernández, G., Pérez-Salvador, B. R. y Pelayo-Zaldívar, C. (2005). Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1), 51-57. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/609/60912502008.pdf>
- Cavalcante, T. R. (2000). *Polinização Manual e Natural da Graviroleira (Annona muricata L.)*. (Tesis de Maestría). Brasil, Universidad Federal de Viçosa. doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000100002>
- Cayeros, S. E., Robles, F. J. y Jiménez, A. (2017). Guanábana en el municipio de Compostela, Nayarit. *EDUCATECONCIENCIA*, 13(14), 27-36. Recuperado de <https://192.100.162.123:8080/bitstream/123456789/1442/1/GuanabanaenelmunicipioCompostelaNayaritpdf>

- Cham, A. K., Luna-Esquivel, G., Robles-Bermúdez, A., Ríos-Velasco, C., Coronado-Blanco, J. M. y Cambero-Campos, O. J. (2019). Insects Associated with the Soursop (*Annona muricata* L.) Crop in Nayarit, Mexico. *Florida Entomologist*, 102(2), 359. doi: <https://doi.org/10.1653/024.102.0211>
- Clima Compostela: Temperatura, Climograma y Tabla climática. (2020). Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/nayarit/compostela-57677/>
- Coêlho de Lima, M. A. y Alves, R. E. (2011). Soursop (*Annona muricata* L.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 4. Cambridge, Woodhead Publishing Limited. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857092618.363>
- Den Herder, K. (2018). Buenas expectativas para la exportación de guanábana fresca de Ecuador. Recuperado de <https://www.freshplaza.es/article/9041530/buenas-expectativas-para-la-exportacion-de-guanabana-fresca-de-ecuador/>
- eBay. (2020). *Guanabana*. Recuperado de https://www.ebay.com/sch/i.html_from=R40&_trksid=p2380057.m570.l1313&_nkw=guanabana+&_sacat=0
- Estebanez, M. E. (2010). Apropiación social de la ciencia y la tecnología. *Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas* (RIPS), 9(2), 41-54. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317259398_Apropiacion_social_de_la_cien_cia_y_la_tecnologia
- Food and Agricultural Organization (FAO, 2002). *Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC)*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/w8088s/w8088s00.htm>
- Gomes de Castro, A. M. y Valle, S. M. (2001). Análisis prospectivo de cadenas productivas agropecuarias. México: INIFAP. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=FAOBO.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002418>
- Hernández-Fuentes, L. M., Bautista-Martínez, N., Carrillo-Sánchez, J. L., Sánchez-Arroyo, H., Urías-López, M. A. y Salas Araiza, M. D. (2008). Control del barrenador de las semillas, *Bephratelloides cubensis* Ashmead (*Hymenoptera: Eurytomidae*) en guanábana, *Annona muricata* L. (*Annonales: Annonaceae*). *Acta Zoológica Mexicana*, 24(1), 199-206. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372008000100010&script=sci_arttext
- Hernández-Fuentes, L. M., Gómez-Jaimes, R., López-Martínez, V. y Castañeda-Vildozola, A. (2018). Xylophagous insects associated with soursop (*Annona muricata* L.) 1 branches, affected by *Lasiodiplodia theobromae* Pat2. *Southwestern Entomologist*, 43(2), 543-546. <https://doi.org/10.3958/059.043.0228>

- Hernández-Fuentes, L. M., Gómez-Jaimes, R. y Andrés-Agustín, J. (2013). *Importancia, plagas insectiles y enfermedades fungosas del cultivo del guanábano Libro Técnico Núm. 1*. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. p.p. 87 Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/270452891_importancia_plagas_insectiles_y_enfermedades_fungosas_del_cultivo_de_guanabana
- Hernández-Fuentes, L. M., Gómez-Jaimes, R., y Orozco-Santos, M. (2014). El barrenador de las semillas *Bephratelloides cubensis* y su manejo en el cultivo de guanábana. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México: *INIFAP*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/270882946_El_barrenador_de_las_semillas_Bephratelloides_cubensis_y_su_manejo
- Hernández-Fuentes, L. M., Nolasco-González, Y. y Cruz-Gutiérrez, J. E. (2017). Selección y caracterización de guanábana y recomendaciones para su manejo agronómico. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México: *INIFAP* doi: <https://10.1149/1.2408913>
- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED, 2020). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Compostela-Estado de Nayarit*. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM18nayarit/municipios/18004a.html>
- Jiménez-Zurita, J. O., Balois-Morales, R., Alia-tejacal, I., Juárez-lópez, P. y Sumaya, M. T. (2016). Caracterización de frutos de guanabana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(6), 1261-1270. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000601261
- Jiménez-Zurita, J. O., Bello-Lara, J. E., Juárez-López, P., Balois-Morales, R., Jiménez-Ruíz, E. I., Alia-Tejacal, I., ... (2017). Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1155. doi: <https://10.29312/remexca.v8i5.115>
- López, A. (2003). *Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas Del campo al mercado*. Capítulo 3 (pp. 103-137). Recuperado de <http://www.fao.org/3/y4893s/y4893s06.htm#bm06> doi: <https://10.31819/9783865278012-007>
- Márquez, C. J. (2009). Caracterización fisiológica, físicoquímica, reológica, nutracéutica, estructural y sensorial de la guanábana (*Annona muricata* L. cv. Elita). Doctorado en Ciencia, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/11052171.pdf>

- Ortiz-López, J. A. (2015). Caracterización agromorfológica e identificación de zonas potenciales de conservación y producción de guanábana (*Annona muricata*) y chirimoya (*Annona cherimola*) en fincas de agricultores y condiciones ex situ en Costa Rica Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2953E/A2953E.PDF>
- Piedragil, C. G. (2017) “Guanábana, introducción exitosa al mercado de un cultivo no tradicional” en (comp.) *40 casos de éxito*. Ciudad de México, SAGARPA. Recuperado de <https://docplayer.es/60107321-Guanabana-introduccion-exitosa-al-mercado-de-un-cultivo-no-tradicional.html>
- Pinto, A. C., Cordeiro, M. C. R., De Andrade, S. R. M., Ferreira, F. R., De C. Filgueiras, H., Alves, R. E. y Kinpara, D. I. (2005). Fruits for the Future 5: *Annona* species. *University of International Southampton, Centre for Underutilized Crops*. Southampton, UK. Doi: https://doi.org/ISBN_0854327851
- Pinto de Lemos, E. E. (2014). A produção de anonáceas no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36, 86-93. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500009>
- Ramos-Guerrero, A., González-Estrada, R., Romanazzi, G., Landi, L. y Gutiérrez-Martínez, P. (2020). Effects of chitosan in the control of postharvest anthracnose of soursop (*annona muricata*) fruit. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(1), 99-108. Recuperado de <http://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/527/222>
- Ramos-Guerrero, A., González-Estrada, R. R., Montalvo-González, E., Miranda-Castro, S. P. y Gutiérrez-Martínez, P. (2018). Effect of the application of inducers on soursop fruit (*Annona muricata* L.): Postharvest disease control, physiological behaviour and activation of defense systems. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(12), 1019-1025. doi: <http://10.9755/ejfa.2018.v30.i12.1883>
- Reyes-Montero, J. A., Aceves-Navarro, E., Caamal-Velazquez, J. H. y Alamilla-Magaña, J. C. (2018). Producción de guanábana (*Annona muricata* L.) en alta densidad de plantación, como alternativa para productores con superficies reducidas. *Agroproductividad*, 11(9), 37-42. doi:<https://doi.org/10.32854/agrop.v11i9.1212>
- Rojas, R. (2019). Manual del curso Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). Saltillo, Coahuila, México: *Universidad Autónoma de Nuevo León* Recuperado de <https://www.facebook.com/UANLAgronomia/photos/a.120851411324810/3271849412891645/>



- Sánchez, L. A., & Escobar Torrez, W. Fruticultura Colombiana Guanábano (2000). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Subgerencia de Investigación División Producción Cultivos Sección Nacional de Frutícolas. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=cidab.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000397>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020). Anuario estadístico de la producción agrícola. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sever, D. (2018). Estados Unidos: las importaciones de guanábana siguen avanzando. *Fresh Plaza*. Recuperado de <https://www.freshplaza.es/article/9027433/estados-unidos-las-importaciones-de-guanabana-siguen-avanzando/>
- Sociedad Española de Productos Humicos, S. A. (2010). Cultivo de la guanábana-recomendaciones para solucionar problemas de floración, cuajado y aborto de flores. pp. 1-15. Recuperado de https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/046---11.05.10---Cultivo-de-la-Guana--769-bana.pdf
- Solís, M. A. (2019). *Colima, segundo lugar nacional en cultivo de guanábana*. Recuperado de <https://www.inforural.com.mx/colima-segundo-lugar-nacional-en-cultivo-de-guana-bana/>
- Tafolla-Arellano, J. C., González-León, A., Tiznado-Hernández, M. E., García, L. Z., Báez-Sañudo, R., García, L. Z. y Báez-Sañudo, R. (2013). Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en Plantas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(1), 3-12. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000100001
- Tierra Fértil (2014). “Coyotaje” una carga pesada para el campo de México. Recuperado de <https://www.tierrafertil.com.mx/coyotaje-una-carga-pesada-para-el-campo-de-mexico/>
- Vidal-Hernández, L., Moctezuma, H. L., Vidal-Martínez, N. A., Bello, R. R., Castillo-Rocha, D. G. y Chiquito-Contreras, R. G. (2014). La situación de las annonaceae en México: principales plagas, enfermedades y su control. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 44-54. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500005>
- Walmart (2019). *Guanábana por Kilo*. Recuperado de <https://super.walmart.com.mx/frutas/guanabana-por-kilo/000000000003381?gclid=Cj0KCQiA->
- Worrell, D. B., Carrington, C. M.S. y Huber, D. J. (1994). Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 57(1-2), 7-15. doi: [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90030-2](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90030-2)