

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TEMA**

**Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia de la enfermedad  
de la mancha anillada (*Papaya ringspot virus-P*, PRSV-P) en papaya  
(*Carica papaya* L.) en condiciones de invernadero**

**AUTOR**

**Rafael Andrés Massuh Coello**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de**

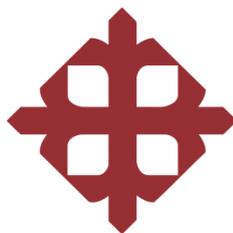
**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TUTOR**

**Ing. Lenin Paz Carrasco, Ph. D.**

**Guayaquil, Ecuador**

**Marzo del 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad **Rafael Andrés Massuh Coello**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agropecuaria**.

**TUTOR**

---

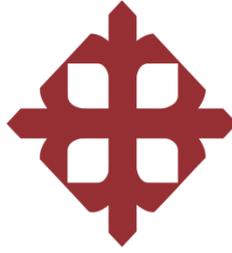
**Ing. Lenin Paz Carrasco, Ph. D.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.**

**Guayaquil, 5 de marzo 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Massuh Coello, Rafael Andres**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia de la enfermedad de la mancha anillada (*Papaya ringspot virus-P*, PRSV-P) en papaya (*Carica papaya* L.) en condiciones de invernadero**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

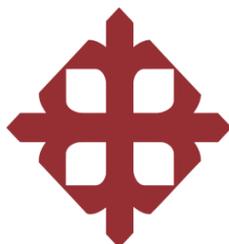
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 5 de marzo 2018**

**EL AUTOR**

---

**Rafael Andrés Massuh Coello**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

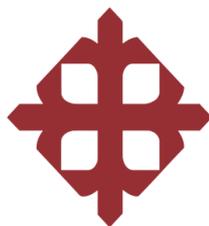
Yo, Rafael Andrés Massuh Coello, autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia de la enfermedad de la mancha anillada (*Papaya ringspot virus-P*, PRSV-P) en papaya (*Carica papaya* L.) en condiciones de invernadero, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.**

**Guayaquil, 5 de marzo 2018**

**EL AUTOR**

---

**Massuh Coello Rafael Andrés**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN URKUND**

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación “Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia de la enfermedad de la mancha anillada (*Papaya ringspot virus-P, PRSV-P*) en papaya (*Carica papaya L.*) en condiciones de invernadero.”, presentado por el estudiante **Rafael Andrés Massuh Coello**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	<a href="#">TT UTE B 2017 Massuh Coello Rafael.pdf</a> (D35843664)
Presentado	2018-02-22 20:41 (+01:00)
Presentado por	ute.fetd@gmail.com
Recibido	alfonso.kuffo.ucsg@analysis.urkund.com
Mensaje	TT UTE B 2017 Massuh Coello <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
0% de estas 16 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.	

Fuente: URKUND-Usuario Kuffó García, 2018

Certifican,

---

**Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.**  
Director Carreras Agropecuarias  
UCSG-FETD

---

**Ing. Alfonso Kuffó García, M. Sc.**  
Revisor - URKUND

## **AGRADECIMIENTOS**

La culminación de un trabajo de titulación es haber terminado un trabajo que tomo mucho esfuerzo y tiempo invertido. Sin embargo, esta investigación no se hubiera podido llevar a cabo sin la ayuda de las personas que citare a continuación, muchas de ellas siempre fueron un soporte constante en momentos de estrés y angustia.

Mis padres, pues sin ellos no hubiera podido haber estudiado en esta universidad, gracias a su sacrificio constante pude formarme profesionalmente sin problemas y estuvieron a mi lado en los buenos y malos momentos de mi vida universitaria.

En particular, agradezco a mi tutor el Docente Dr. C. Lenin Páz, quien estuvo conmigo en todo momento guiándome y dándome consejos para que el presente trabajo fuera excelente. Al director del ITT, Dr. C. Ángel Llerena Hidalgo, por haberme facilitado los laboratorios y el invernadero cuando fueron requeridos, dando ánimo para poder realizar una correcta investigación. Y al final, pero no menos importante a todos los Docentes y amigos de las Carreras Agropecuarias que me apoyaron a lo largo de mi vida estudiantil.

## DEDICATORIA

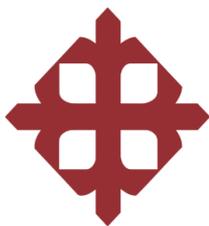
Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional y personal.

A mi madre, por estar siempre presente apoyándome hasta el final en todos los aspectos de mi vida. A mi padre, por su preocupación constante y su confianza que me ayudan diariamente a cumplir mis metas.

Le dedico este logro a mi familia, docentes y amigos que de una u otra estuvieron conmigo hasta el final de mi carrera universitaria y fueron importantes para alcanzar mis objetivos.

*“La gloria de la jardinería: las manos en la tierra, la cabeza en el sol, el corazón con la naturaleza. Alimentar a un jardín es alimentar, no sólo en el cuerpo, sino el alma.”*

Alfred Austin



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Lenin Paz Carrasco. Ph. D**  
TUTOR

---

**Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D**  
DIRECTOR DE CARRERA

---

**Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.**  
COORDINADOR DEL ÁREA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**Ing. Lenin Paz Carrasco, Ph. D.**  
TUTOR

## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1	Objetivos.....	16
1.1.1	Objetivo general.....	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	16
1.2	Hipótesis.....	16
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1	Papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	17
2.1.1	Generalidades de la papaya.....	17
2.1.2	Taxonomía.....	17
2.1.3	Producción de papaya en Ecuador.....	18
2.2	Papaya ringspot virus.....	18
2.2.1	Generalidades del virus.....	18
2.2.2	Taxonomía del PRSV.....	19
2.2.3	Origen y distribución del PRSV-P.....	19
2.2.4	Características del PRSV-P.....	19
2.2.5	Epidemiología.....	20
2.2.6	Síntomas del PRSV-P.....	20
2.3	Manejo de la enfermedad de la mancha anillada.....	21
2.3.1	Control del PRSV-P.....	21
2.3.2	Rango de hospederos.....	22
2.4	El ozono.....	22
2.4.1	Generalidades del ozono.....	22
2.4.2	El ozono en la agricultura y el bienestar.....	22
2.4.3	El ozono como desinfectante.....	23
2.4.4	Producción de ozono.....	24
2.4.5	Características físicas y químicas del ozono.....	25
2.4.6	Riego con agua ozonizada.....	25
<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>27</b>
3.1	Zona de estudio.....	27
3.2	Establecimiento del semillero.....	27
3.3	Trasplante.....	27

3.4 Materiales .....	28
3.4.1 Material biológico.....	28
3.4.2 Material técnico. ....	28
3.4.3 Material Tecnológico. ....	28
3.5 Tamaño y/o número de plantas para evaluación .....	28
3.6 Variables a estudiar .....	29
3.7 Análisis estadístico .....	29
3.8 Metodología.....	29
3.8.1 Procesamiento de la muestra .....	29
3.8.2 Inoculación. ....	29
3.8.3 Tratamientos.....	29
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>5 DISCUSION.....</b>	<b>33</b>
<b>6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>
6.1 Conclusiones.....	35
6.2 Recomendaciones .....	35
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Aspersión de ozono antes de la inoculación.....	16
<b>Tabla 2.</b> Aspersión de ozono después de la inoculación.....	17

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Fisiología Vegetal de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El objetivo fue determinar el efecto de la aplicación del ozono antes y después de la inoculación mecánica con el PRSV-P en plantas sanas de papaya. Los tratamientos de dosis de ozono consistieron de 2, 3, 4 y 5 ppm. Los tratamientos testigos se relacionaron a plantas de papaya con aspersión con agua y sin aspersión. Los datos se analizaron con la prueba de probabilidad de  $X^2$  e indica que, estadísticamente el ozono no llegó a ejercer un efecto sobre el PRSV-P al manifestar significancia estadística favorable por el número de plantas enfermas obtenidas a los 20 días después de la inoculación con el virus. Actualmente, se continúa con la investigación para determinar que dosis y frecuencias permiten afectar la estabilidad de las partículas virales del PRSV-P.

**Palabras claves:** Ozono, papaya, Papaya ringspot virus, transmisión mecánica.

## ABSTRACT

The present research was carried out in the laboratory and greenhouse of Plant Physiology of the Faculty of Technical Education for Development of the Catholic University of Santiago de Guayaquil. The objective was to determine the effect of ozone application before and after mechanical inoculation with PRSV-P in healthy papaya plants. The ozone dose treatments consisted of 2, 3, 4 and 5 ppm. The control treatments were related to papaya plants with sprinkling with water and without sprinkling. The data was analyzed with the probability test of  $\chi^2$  and indicates that, statistically, ozone did not exert an effect on PRSV-P because it showed favorable statistical significance due to the number of diseased plants obtained 20 days after inoculation with the virus. Currently, research continues to determine which doses and frequencies allow to affect the stability of the viral particles of PRSV-P.

**Key words:** Ozone, papaya, Papaya ringspot virus, mechanical transmission.

## 1 INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es un cultivo que se encuentra distribuido en regiones tropicales y subtropicales, su adaptación a estas condiciones climáticas permite que su producción y productividad sea aceptables y su fruta alcancen estándares de calidad para su exportación.

Las exportaciones de papaya han tenido un crecimiento promedio anual desde el 2009 hasta el 2014 de 2.99 % en el valor FOB exportado, mientras que a nivel de toneladas ha presentado un decrecimiento de 3.91 % debido a factores abióticos, bióticos y económicos que han afectado la producción de esta fruta.

El cultivo de la papaya muestra susceptibilidad al *Papaya ringspot virus* P (PRSV-P) un virus devastador que limita la producción de esta caricácea a nivel mundial. El PRSV-P se lo encuentra en todas las áreas agrícolas del Litoral ecuatoriano donde se siembra papaya causando pérdidas de hasta el 60% originando una fruta indeseable para su consumo y exportación (Proecuador 2015).

El PRSV-P tuvo su origen en la India y su introducción a las Américas se derivó de las expediciones y comercio. Este virus es transmitido de forma no persistente por varias especies de áfidos siendo este el principal mecanismo de transmisión del PRSV; aunque este virus, puede ser transmitido experimentalmente por procedimientos mecánicos.

Una de las formas de controlar la acción del virus en la planta es el desarrollo de cultivos con resistencia genética derivada del patógeno debido a que el control direccionado al insecto vector es dificultoso por la versatilidad de transmitir el virus.

Es necesario explorar otras alternativas de manejo para mitigar el impacto negativo del PRSV-P. Motivo por el cual, se requiere realizar una investigación para medir el efecto del ozono sobre la supresión del virus en la planta. El ozono es una molécula aprobada para su uso por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos de Norteamérica (FDA-USA) para el manejo y cuidado de alimentos contra microorganismos e incluso en la potabilización del agua y en otros casos, en procesos de esterilización de sustratos orgánicos.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

- Evaluar el efecto del ozono en la supresión del PRSV-P en plantas de papaya para encontrar una alternativa de control económica y sostenible.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Determinar dosis de aspersion del ozono para determinar su efecto supresor sobre la manifestación de los síntomas del PRSV-P en condiciones de infección controlada.
- Comparar el efecto de los tratamientos aplicados en la incidencia de la enfermedad.

## **1.2 Hipótesis**

¿La molécula del ozono tiene un efecto directo sobre el virus expresado en la supresión de los síntomas de la enfermedad?

¿Dosis del ozono ejercieron un efecto de control sobre el virus manifestado por la supresión de los síntomas de la enfermedad?

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Papaya (*Carica papaya*)

#### 2.1.1 Generalidades de la papaya.

La papaya es una fruta que se considera originaria de Centro América. Es una planta herbácea arborescente, de rápido crecimiento, de tallo recto y cilíndrico (Barrera, 2008, p.1).

Este cultivo para su desarrollo se requiere que la temperatura media anual este entre 20 a 25 °C y, con una precipitación promedio de 1 500 mm. La planta se adapta bien a suelos fértiles, blandos, profundos y permeables con pH 5.5 a 7 (Conabio, 2011, p. 96).

Relatos del siglo XVIII de viajeros y botánicos indican que las semillas de papaya fueron llevadas del Caribe hasta las Molucas (Indonesia) e India. Es a partir de las Molucas y Filipinas que se distribuyó al continente asiático y Pacífico Sur (Diaz, 2002, p. 3).

#### 2.1.2 Taxonomía.

La clasificación taxonómica de la papaya se detalla a continuación (Productor, 2018):

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Familia:</b>	Caricáceas
<b>Orden:</b>	Parietales
<b>Género:</b>	<i>Carica</i>
<b>Especie:</b>	<i>Carica papaya</i> (Productor, 2018)

### **2.1.3 Producción de papaya en Ecuador**

La producción de papaya en Ecuador es en todo el año, siendo el ambiente cálido el más idóneo para la producción de ésta caricácea (PROECUADOR, 2015, p. 1). Las provincias de Guayas, Manabí, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Santa Elena son las más representativas y según el Sinagap (2017) la superficie sembrada con esta fruta fue de 1 608 ha.

En el 2016 el Ecuador exportó 1 286 toneladas de papaya lo que representó un ingreso de divisas 1 395 millones de USD Los principales mercados son: en primer lugar, el Reino Unido, países bajos, Bélgica, Alemania, Canadá, Perú, España y Colombia (Banco Central del Ecuador, BCE, 2015, p.6).

## **2.2 Papaya ringspot virus**

### **2.2.1 Generalidades del virus.**

Las enfermedades producidas por virus son factores limitantes en las producciones de papaya en la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales del mundo, ocasionando pérdidas de cosecha de 90 %. Los síntomas más comunes son el mosaico generalizado en la planta y la presencia de manchas de morfología anular en los frutos (Paz, 1995, p. 10).

La especie *Papaya ringspot virus* para la variante papaya (PRSV-P), es la más agresiva y la que limita significativamente la producción de la fruta. Esta especie viral puede llegar a afectar en el ciclo normal de la fase vegetativa cuando se da infecciones tempranas provocando el desarrollo de frutos con morfología atípica y con casos de pérdida de la dulzura del mesocarpio (DANE, 2016, p.2).

### **2.2.2 Taxonomía del PRSV.**

El agente causal de la enfermedad de la mancha anillada de la denomina *Papaya ringspot virus* (PRSV) el cual pertenece al género *Potyvirus*, en la familia *Potyviridae*. El variante W (PRSV-W) infecta cucurbitáceas y la variante P (PRSV-P) infecta caricáceas, cucurbitáceas y chenopodiáceas (Peña, 2008, p.1).

### **2.2.3 Origen y distribución del PRSV-P.**

Se señala al continente asiático como centro de origen del PRSV específicamente en la región que abarca la India y Sri Lanka. Esta hipótesis se sustenta en la diversidad genética observada entre secuencias de aislados hindúes del PRSV-P. Aislados de México son de importancia epidemiológica en el continente americano. Esto se lo relaciona porque tres de los cuatro géneros botánicos de la familia *Caricaceae*, son nativos de América Tropical (Mederos, 2014, p. 8).

El virus es transmitido de manera no persistente por varias especies de áfidos; su eficiencia aumenta cuando estos insectos entran en un periodo de ayuno. No hay evidencia de transmisión por semilla; pero si se ha logrado de manera experimental por procedimientos mecánicos transmitir a este virus (Portal, 2010, p. 72; Pérez, 2011, p. 8).

### **2.2.4 Características del PRSV-P.**

El PRSV-P es un parásito obligado molecular de morfología filamentosa, flexuosa sin envoltura de 720 – 850nm de longitud por 12-15 nm de diámetro. Tiene simetría helicoidal. El virus induce inclusiones celulares cilíndricas e inclusiones amorfas en el citoplasma de la célula hospedera (Torres, 2000, p. 26).

El genoma de PRSV de ARN de cadena simple de sentido positivo de 10326 nucleótidos con una proteína VPg ligada en la terminación 5' y una

de una cola poli A en la terminación 3' del genoma (Gonsalvez, 2008, p. 269).

### **2.2.5 Epidemiología.**

Epidemiológicamente, la transmisión del PRSV-P por áfidos es de principal importancia que la transmisión mecánica. Experimentalmente se ha logrado que 20 especies de áfidos transmitan este virus. Las especies más sobresalientes son: *Myzus persicae*, *Aphis coreopsidis*, *A. craccivora*, *A. fabae*, *A. gossypii* y *Toxoptera citricidus*. Los hospederos alternos del virus como es el caso de las cucurbitáceas no son importantes para la dispersión del virus su importancia, está cuando la infección se da entre plantas de papaya. Sin embargo, la dispersión lenta de la enfermedad dependerá exclusivamente que las poblaciones de papaya se encuentren sumamente bajas. Además, hay un desconocimiento si las prácticas de cultivo puedan favorecer a la transmisión del virus principalmente aquellas donde se ejerza actividades manuales en las plantas de papaya (CABI, 2017; Ailé de la Caridad Vicente Álvarez, 2010, p. 6; Torres, 2000, p. 26).

### **2.2.6 Síntomas del PRSV-P.**

Las plantas enfermas presentan síntomas variados. Inicialmente se observan clorosis y moteados en las hojas más nuevas acompañado de clareamiento de las nervaduras. Posteriormente se presentan mosaicos y vejigas en las hojas, lo que da un aspecto rugoso o encarrujado a la lámina foliar (Redondo, 2003, p. 5).

Cuando la infección es severa se produce la deformación y reducción de la lámina foliar hasta alcanzar la filiformidad. En la zona superior del tallo y los pecíolos se forman manchas de apariencia aceitosa. En la superficie de los frutos afectados se producen manchas en forma de anillos concéntricos, que en casos severos pueden provocar ligera deformación y reducción del tamaño de estos. El mosaico formado en las hojas de plantas de papaya

infectadas con el PRSV está asociado con la disminución de pigmentos fotosintéticos (Cabrera, 2012, p. 9).

La presencia y severidad de los síntomas debido al virus depende de diversos factores ambientales que, en caso de presentarse, pueden aumentar o atenuar la severidad. La susceptibilidad de plántulas inoculadas con PRSV-P aumenta si se someten a periodos cortos de oscuridad, debido al decremento del contenido de carbohidratos en la hoja, los cuales pueden interferir con el establecimiento del virus en las células. Así mismo, la temperatura se considera determinante para el desarrollo de la enfermedad (Ordaz-Pérez D, 2017, p. 578).

## **2.3 Manejo de la enfermedad de la mancha anillada**

### **2.3.1 Control del PRSV-P.**

Uso de cortinas o barreras vivas de caña de azúcar, maíz y plátano cada cuatro líneas de papaya esto ayudará a que el pulgón durante su inserción de prueba en la barrera limpie su estilete antes de proceder entrar al cultivo de papaya. Erradicar plantas con síntomas y con desarrollo pobre (Colonial, 2013, p. 13). El empleo de plantas de papaya inoculadas con cepas atenuadas del virus es una estrategia que puede ser empleada (University, 2004).

Las aspersiones de insecticidas sobre poblaciones de áfidos en papaya no ejercerán efecto alguno por el tipo de transmisión del virus; más bien el uso de aceites puede ser una práctica alternativa para que interfiere en la adquisición y transmisión del virus (Universidad del Valle de Guatemala, 1995, p. 3).

Se cree que la malla de polipropileno evita que los áfidos aterricen, prueben y contaminen con PRSV-P las plántulas de papaya antes de abandonar el semillero y ser trasplantadas, lo que retrasa el inóculo inicial y

las plantas tienen más chances de sobrevivir en el campo (Elías Hernández-Castro, 2005, p. 60).

### **2.3.2 Rango de hospederos.**

Se tiene conocimiento que las especies botánicas que corresponden a la familia: *Caricaceae*, *Cucurbitaceae*, *Fabaceae*, *Euphorbiaceae* y *Chenopodiaceae* son hospederos para el PRSV-P (SAGARPA, 2012, p. 35; Agrocalidad, 2015, p. 4).

## **2.4 El ozono**

### **2.4.1 Generalidades del ozono.**

El ozono es un gas incoloro e inestable de tres átomos de oxígeno, además, es un oxidante fuerte, muy fácil de producir, pero a la vez muy frágil y fácil de destruir. Muy pronto se descubrió que el ozono era un componente natural del aire (IDEAM, 2014, p. 2).

Su descubrimiento se atribuye a los químicos Charles Fabry y Henri Buisson. En 1840, Christian Friedrich Schönbein lo denominó ozono, a partir del verbo griego ozein que significa tener olor, debido al olor que se percibe durante las tormentas eléctricas. En 1865, Jacques-Louis Soret determinó su fórmula, confirmada por Schönbein en 1867 (Alvarez, 2013, p. 4).

El Ozono es una variedad alotrópica del oxígeno, muy conocido por su presencia en la estratosfera, donde se forma por la acción de los rayos Ultravioletas del sol, los cuales absorbe en gran medida, evitando de este modo su acción perjudicial sobre los seres vivos. El Ozono posee un poder oxigenante mayor que el del oxígeno normal, y por ello mejora el proceso respiratorio a nivel celular (Villapudua, 2010, p. 2).

### **2.4.2 El ozono en la agricultura y el bienestar.**

Las principales aplicaciones del ozono en la agricultura son la inyección de agua ozonizada en el riego y los tratamientos foliares por

pulverización. El ozono, la forma más activa de oxígeno, convierte el agua en desinfectante natural que elimina de manera fácil y eficaz virus, bacterias, hongos, algas, esporas y demás microorganismos (Ecoticias, 2015, p.1).

Nos encontramos con todo tipo de industrias alimentarias en las que es necesaria la esterilización del proceso. Un método seguro y económico sería el empleo de ozono. Se puede decir que debido a su mínima toxicidad y fácil eliminación no deja residuo alguno tras su aplicación, su utilización sería de gran eficacia en las cámaras de frío (Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria, 2007, p. 30).

El ozono retrasa la maduración de las frutas en un 20-30 %, por lo que permite almacenar las frutas por más tiempo y así exportarlas de una manera más fácil. Por su acción deshodorizante el ozono elimina malos olores y gases etilénicos que son producidos por la mayoría de especies, en el caso de los cítricos, esto impide que se transmitan sabores de una especie a otra (Hidro Water, 2010, p. 7).

#### **2.4.3 El ozono como desinfectante.**

El ozono es reconocido por la comunidad científica internacional como uno de los más poderosos oxidantes de la naturaleza. Este efecto puede ser atribuido a su alta capacidad de oxidación. Dado que ninguna bacteria anaerobia, virus, protozoos u hongo puede vivir en una atmósfera con alta concentración de oxígeno, todas las enfermedades causadas por estos agentes patógenos son potencialmente curables mediante la acción del ozono (Ilzarbe, 2006, p. 4).

El ozono es el mejor desinfectante, atacando a todo tipo de microorganismos, bacterias, virus, protozoos, e inhibiendo su crecimiento. Utilizado como biocida en el agua, no solo desinfecta el agua, sino que ataca también a las algas que pueden formarse, reduciendo así su crecimiento y

manteniendo el agua expuesta a la luz en condiciones apropiadas para el baño (Sánchez, Saldaña, 2005, p. 99).

El ozono, dado su alto poder oxidante y su descomposición espontánea a oxígeno, se ha convertido en un agente potencial para la seguridad microbiológica y la calidad de estos productos. En Cuba, el Centro de Investigaciones del Ozono (CIO) y el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) trabajan en la colaboración para proveer la base científico-técnica fundamental y contribuir a la sostenibilidad y competitividad de la cadena productiva de frutos como la fruta bomba, el plátano y el banano (Venta, 2010, p. 3).

El ozono destruye las bacterias, hongos y virus por una oxidación progresiva de los componentes celulares. El mecanismo de acción indica la oxidación de la pared celular y la membrana citoplasmática, por lo tanto, la diferencia de sensibilidad al ozono de las bacterias debe estar relacionada con las diferentes estructuras y composición de la pared celular (Cruz–Broche, 2010, p. 5).

Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono - nitrógeno, lo que da lugar a una despolimerización, de especial interés en el caso de desactivación de todo tipo de virus (Cosemar Ozono, 2016, p.5).

#### **2.4.4 Producción de ozono.**

El Ozono (O<sub>3</sub>) es una molécula relativamente inestable compuesta de tres átomos de oxígeno (O). A pesar de que sólo representa una fracción muy pequeña de la atmósfera, el ozono es indispensable para la vida en la Tierra (NASA, 2001, p. 1).

El ozono estratosférico está disminuyendo en todo el mundo debido en parte a actividades humanas. Los científicos saben ya que las grandes pérdidas polares de ozono son el resultado directo de los efectos de sustancias químicas producidas por el hombre. Sin embargo, la comunidad científica aún no sabe cuánto de la disminución de ozono en las latitudes medias es el resultado de actividades humanas, y cuanto es debido a las fluctuaciones de los ciclos naturales (NASA, 2001, p. 1).

#### **2.4.5 Características físicas y químicas del ozono.**

El ozono gaseoso es incoloro con un tono ligeramente azulado y tiene un característico olor acre que puede resultar irritante. En la Naturaleza se le suele encontrar como resultado de las descargas eléctricas producidas en las tormentas y en las capas altas de la atmósfera, particularmente en la troposfera, como consecuencia de la acción de los rayos ultravioleta sobre las moléculas de dioxígeno (Chicón, 2001, p. 1).

La acción del ozono sobre los virus requiere un residual necesario para garantizar la eliminación del 99.99 % entre 3 y 5 veces más altos que los necesarios para las bacterias. Lo mismo podríamos decir de los tiempos de contacto, y por tanto de las cantidades aportadas de ozono para un mismo caudal de agua infectada. Lo que sí podemos afirmar rotundamente es que el ozono, a igualdad de residuales, es mucho más activo que el cloro (Bringman, 2010, p. 4).

#### **2.4.6 Riego con agua ozonizada.**

La ozonización en el riego hace años que, tanto en cultivos intensivos, o de invernadero, como en extensivo, o campo abierto. El agua ozonizada se utiliza en todo tipo de cultivos, tanto convencionales como ecológicos, aplicándose a regadíos por aspersión, goteo o riego superficial. Utilizando

Ozono se puede cultivar de forma totalmente ecológica, sin perjudicar la rentabilidad de la explotación (Top ozono, 2015, p. 6).

La producción del ozono se da por medio de una maquina llamada "ozonificador" mediante un sistema de inyección vénturi, el ozono es introducido en la corriente de agua donde se produce la mezcla de ambos. Elimina todo tipo microorganismos, no deja residuos ya que el Ozono al descomponerse se convierte en Oxígeno, aportando por tanto mayor cantidad del mismo a las raíces y a su vez oxigena la tierra mejorando las condiciones de inmunidad de la misma a cualquier tipo de contagio (Inter Ozono, 2011, p. 2).

Se han realizado estudios que comprobaron que regar con agua ozonificada mejora el crecimiento y da vigor a las plantas. De hecho, existen publicados diversos ensayos que informan de que el ozono en el agua de riego puede reducir la aparición de insectos y enfermedades, mejorar la penetración del agua, y reducir el uso de fertilizantes (Calvo, 2013, p. 10-11).

### **3 MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Zona de estudio.**

El material enfermo infectado con el PRSV-P se colectó en una plantación comercial de papaya localizado en la parroquia San Juan del Morro, cantón Playas (2°38'05"S ; 80°19'33"O), provincia del Guayas. Las muestras colectadas se conservaron en fundas de papel para su traslado a la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. En el Laboratorio de Fisiología Vegetal las muestras se los mantuvieron en una refrigeradora a 4 °C hasta su procesamiento.

#### **3.2 Establecimiento del semillero.**

Semillas de papaya criolla se cosecharon de frutos maduros con apariencia sana sin daño visibles por el PRSV-P. Las semillas se lavaron con agua hasta eliminar el mucílago y la sarcotesta y facilitar de esta manera la germinación de las semillas. Posteriormente, las semillas se sometieron a un proceso de secado natural al ambiente. Luego de este proceso, las semillas se sembraron en cubetas germinadoras que contenían turba. Los semilleros se los mantuvieron en un invernadero a temperatura ambiente, Los semilleros recibieron los cuidados necesarios de riego, fertilización y protección a insectos plaga y enfermedades.

#### **3.3 Trasplante.**

A los 20 días después de la germinación, las plántulas de papaya se trasplantaron en fundas de polietileno de color negro de 15x10 cm. Estas plantas recibieron el manejo agronómico y los cuidados necesarios en el invernadero antes citado con temperatura normal del ambiente.

### **3.4 Materiales**

#### **3.4.1 Material biológico.**

- Hojas de papaya infectadas con PRSV-P
- Plantas sanas de papaya

#### **3.4.2 Material técnico.**

- Vaso de precipitación
- Cotonetes
- Hielera de plumafon
- Fundas de polietileno
- Licuadora
- Tamiz
- Hielo
- Gasa
- Acta de laboratorio
- Lápiz

#### **3.4.3 Material Tecnológico.**

- Computadora portátil
- Teléfono móvil
- Equipo ozonizador

### **3.5 Tamaño y/o número de plantas para evaluación**

Se utilizó la ecuación para determinar el número de plantas a evaluar por tratamiento en estudio. Se consideró un error prefijado de 0.05 para un nivel de tipificación estadística de 0.05. Se consideró un coeficiente de variación de 0.25 como estimador de la varianza poblacional.

$$n = (Z_{\alpha/2})^2 \sigma^2 / E^2$$

Donde:

$\sigma^2$  = varianza

$Z = 1.96\sigma\bar{y}$

### **3.6 Variables a estudiar**

De acuerdo a la naturaleza del experimento se consideró la variable planta sana y planta enferma.

### **3.7 Análisis estadístico**

Se utilizó el análisis de datos categóricos mediante tablas de contingencia, para efecto se utilizó la probabilidad Chi cuadrado para el nivel de significancia de 0.05; como un criterio de decisión para la aceptación o rechazo de la presencia o ausencia de la enfermedad como efecto de aplicación del ozono.

### **3.8 Metodología**

#### **3.8.1 Procesamiento de la muestra**

Utilizando agua destilada estéril y fría a una proporción de 1:10 (p/v) se homogenizó el tejido enfermo en una licuadora. Posteriormente, este homogenizado se tamizó y el producto de ella se lo mantuvo en un vaso de precipitación bajo hielo.

#### **3.8.2 Inoculación.**

Al filtrado obtenido se adicionó una cantidad subjetiva de acuerdo al volumen del inóculo carborundum 600 mesh procediendo inmediatamente a mezclarlo. Finalmente, con un hisopo de algodón se lo humedeció con el inóculo así preparado y se procedió inmediatamente a frotar todas las hojas de la planta de papaya sanas.

#### **3.8.3 Tratamientos.**

Los tratamientos en estudio de acuerdo al momento de inocular el virus y de ozonificar se detallan a continuación:

- Ozonificación de las plantas de papaya con 2 ppm + inoculación con PRSVP.
- Ozonificación de las plantas de papaya con 3 ppm + inoculación con PRSVP.
- Ozonificación de las plantas de papaya con 4 ppm + inoculación con PRSVP.
- Ozonificación de las plantas de papaya con 5 ppm + inoculación con PRSVP.
- Inoculación con el PRSV-P + ozonificación de la planta con 2 ppm.
- Inoculación con el PRSV-P + ozonificación de la planta con 3 ppm.
- Inoculación con el PRSV-P + ozonificación de la planta con 4 ppm.
- Inoculación con el PRSV-P + ozonificación de la planta con 5 ppm.
- Testigo plantas inoculadas con el PRSV-P.
- Testigo plantas asperjadas con agua destilada estéril.
- Testigo absoluto.

Después de la inoculación de las plantas se mantuvieron por una semana a 22 °C en el Laboratorio de Fisiología Vegetal. Posterior a este tiempo las plantas se trasladaron al invernadero antes indicado para ser evaluadas periódicamente.

## 4 RESULTADOS

En la Tabla 1, los resultados se refieren a que hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $X^2= 3.20$ ). El mayor número de plantas (4) que no llegaron a expresar los síntomas del PRSV-P; correspondieron, a los tratamientos de agua ozonificada con 2 y 4 ppm aplicados antes de la inoculación del virus. Este resultado también es concordante con el mismo número de plantas (4) con síntomas de la enfermedad.

El mayor número de plantas (7) con síntomas del PRSV-P fue con el tratamiento 5 ppm seguido del tratamiento 3 ppm (5 plantas). Respecto, al tratamiento 5 ppm sólo una planta no manifestó síntomas de infección.

**Tabla 1. Aspersión de agua ozonificada en diferentes (ppm) antes de la inoculación con el PRSV-P a plantas sanas de papaya.**

TRATAMIENTOS	EXPRESION DE SINTÓMAS	
	SI	NO
O <sub>3</sub> 2ppm + PRSV-P	4	4
O <sub>3</sub> 3ppm + PRSV-P	5	3
O <sub>3</sub> 4ppm + PRSV-P	4	4
O <sub>3</sub> 5ppm + PRSV-P	7	1

$X^2= 3.20$

**Fuente:** El Autor

En la Tabla 2, los resultados indican diferencias estadísticas entre tratamientos. La aplicación de las diversas dosis de ppm (2, 3, 4 y 5) después de la inoculación con el PRSV-P resultó con mayor número de plantas enfermas (6, 6, 7 y 6 respectivamente en su orden de tratamientos). El número de plantas sin síntomas fue de 2, 2, 1 y 2 para los mismos tratamientos indicados en su orden.

**Tabla 2. Aspersión de agua ozonificada en diferentes (ppm) después de la inoculación con el PRSV-P a plantas sanas de papaya.**

TRATAMIENTOS	EXPRESION DE SINTÓMAS	
	SI	NO
PRSV-P + O <sub>3</sub> 2ppm	6	2
PRSV-P + O <sub>3</sub> 3ppm	6	2
PRSV-P + O <sub>3</sub> 4ppm	7	1
PRSV-P + O <sub>3</sub> 5ppm	6	2

X<sup>2</sup>= 0.55

**Fuente:** El Autor

## 5 DISCUSION

Los síntomas por infección del PRSV-P correspondieron a los mismos que describen Redondo (2003, p.5) y Cabrera (2012, p.9) como: presencia de mosaico y deformación foliar. Las condiciones pos-inoculación como temperatura de 22 °C por 24 horas y permanencia a condiciones de temperatura ambiente (35 °C) hasta la manifestación de los síntomas concuerdan con lo manifestado por Ordaz-Pérez (2017, p.578).

La aplicación de ozono como medida de control para microorganismos han sido sustentados en investigaciones previas (Venta, 2010, p.3). Hay casos que la aplicación de ozono contribuye satisfactoriamente en el retraso de la maduración de los frutos carnosos como el banano y la papaya. Además, en la regulación de los olores producto de la maduración de estos frutos (HidroWater, 2010, p.7). Investigaciones sobre el efecto inhibitorio del ozono sobre los microorganismos ha sido poco estudiado. Faytong (2017) demostró que aplicaciones de ozono con 4 y 5 ppm en condiciones *in vitro* inhibió el crecimiento micelial de *Moniliophthora roreri*. Nuestros resultados establecen que aplicaciones tempranas de ozono pueden estar ejerciendo un efecto sobre el virus antes de establecerse en el interior de la célula vegetal esto debido por el equilibrio numérico de plantas sanas y enfermas que se obtuvieron. Las acciones del ozono sobre los virus han sido reportadas por Ilzarbe (2006, p.4) y Sánchez y Saldaña (2005, p.99) que enfatizan las propiedades de control que ejerce al inhibir poblaciones de virus. La acción del ozono sobre el virus está relacionada a que este gas destruye la proteína del cápsido del virus impidiendo continuar con el proceso de infección en la célula hospedera (Ozono 21) esta puede ser una posible causa de tener un número bajo de plantas enfermas con el PRSV-P cuando estas fueron tratadas antes de la inoculación con el virus. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el ozono actúa como un excelente desinfectante en concentraciones que van de 0.1-0.2 mg/L.min promoviendo la inactivación

de rotavirus y poliovirus en un 99 %. La misma institución de salud indica que los virus desnudos un caso similar al PRSV-P requieren más concentración de ozono para comprometer daños al ácido nucleico viral en relación a los virus que poseen envoltura lipídica. Si consideramos como ejemplo, al bacteriófago MS2 cuyo genoma es de ARN de cadena sencilla sin presencia de envoltura; la inactivación de este virus en un 99 % se logra con una ozonificación de 6.63 ppm (Organización Mundial de la Salud, 2006, p.148) en nuestro caso concentraciones de 5 ppm de ozono asperjadas antes o después de la inoculación con el PRSV-P no logró alcanzar un número significativo de plantas sanas.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Se concluyó lo siguiente:

- No hubo un tratamiento de dosis de ozono asperjando antes o después de la inoculación del PRSV-P que ejerza un completo control de la infección del virus.
- El ozono aplicado antes de la inoculación actúo como una vacuna en la planta.

### **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda lo siguiente:

- Realizar investigaciones de dosis altas y frecuencias de aspersiones de ozono antes de la inoculación del virus para determinar su efecto deletéreo sobre la partícula viral.
- Realizar investigaciones de dosis y frecuencia de aspersiones de ozono antes de la transmisión del PRSV-P con áfidos.

## BIBLIOGRAFIA

- Banco Central del Ecuador, BCE. (2015). *Exportaciones ecuatorianas de papaya al mundo*. Guayaquil.
- Agrocalidad. (9 de Mayo de 2015). Plan de acción para el manejo y control del virus de la mancha anular en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) . Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Ailé de la Caridad Vicente Alvarez, S. Q. (2010). *Reseña bibliográfica sobre los virus que afectan al cultivo de la papaya (Carica papaya L.)*. . Santiago de las Vegas: Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. .
- Alvarez, D. C. (5 de Octubre de 2013). Uso del ozono en endodoncia. *Uso del ozono en endodoncia* (pág. 19). Valparaiso: uso del ozono.
- Barrera, M. (Diciembre de 2008). *Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo*. Obtenido de Ficha de Producto de El Salvador hacia el Mercado de la Unión Europea.: <http://resultados1.com/caja-ue/images/stories/fichas/el-salvador/sv-papaya.pdf>
- Cabrera, O. P. (2012 ). *Caracterización biológica del Virus de la mancha anular de la Cuba*.
- Bringman. (2010). *El ozono en el tratamiento del agua*.
- CABI. (10 de enero de 2017). *Centre for Agriculture and Biosciences International*. Obtenido de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45962>
- Calvo, M. d. (2013). *Tratamientos con ozono* . Madrid: Cosemar ozono.

- Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria (CACIA). (2007). El ozono y sus aplicaciones en la industria alimentaria. *Alimentaria*, 42.
- Chicón, L. (2001). *Ozono atmosférico*.
- Colonial Coral, L. M. (2013). *Manejo integrado del cultivo de papaya*. Tambopata.
- Conabio. (2011). *Carica Papaya*. Yucatan : Species Plantarum 2.
- Cosemar Ozono. (2016). *Coronavirus y ozono* .
- Cruz–Broche, S. S. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 10.
- Daniela Ordaz-Pérez Josué Gámez-Vázquez Hernández-Ruiz, E. E.-T. (2017). Resistencia de *Vasconcellea cauliflora* al Virus de la mancha anular de la. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 578.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (Mayo de 2016). *Boletín mensual: Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*. Obtenido de El cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) y sus principales enfermedades en época de lluvias.: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol\\_Insumos\\_may\\_2016.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_may_2016.pdf)
- Diaz, J. A. (5 de diciembre de 2002). *El cultivo de la papaya hawaiana*. Obtenido de <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90022688.pdf>
- Ecoticias. (13 de 7 de 2015). *El uso del ozono en la agricultura incrementa hasta un 40% la productividad*. Recuperado el 2015, de <http://www.ecoticias.com/agricultura-ecologica/105262/ozono-agricultura-incrementa-productividad>

- Elías Hernández-Castro, N. M.-L.-J. (2005). *Malla de polipropileno para prevenir los daños del virus de la mancha anular en semilleros de papayo (Carica papaya L.)*. Veracruz: Manejo integrado de plagas y agroecología.
- Faytong, W. (2017). Evaluación del efecto inhibitor del ozono sobre *Moniliophthora roreri* en condiciones in vitro.
- Gonsalves, D. (2008). *Papaya ringspot virus: characteristics, pathogenicity, sequence, variability and control*. Hawaii: molecular plant pathology.
- Hidro Water. (10 de Febrero de 2010). *El ozono en la conservacion de alimentos*. Obtenido de [http://www.triozon.org/documentos/tecnico\\_comercial/conservacion\\_alimentos.pdf](http://www.triozon.org/documentos/tecnico_comercial/conservacion_alimentos.pdf)
- Ilzarbe, I. M. (2006). *El ozono: generalidades. Aplicaciones en medicina y*. Valencia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). *Generalidades del ozono Bogota, Colombia*.
- Inter Ozono. (7 de noviembre de 2011). *Ozono para el riego agrícola* . Obtenido de <http://www.basibe.es/wp-content/uploads/2017/04/CATALOGO-OZONO-RIEGO-AGRICOLA.pdf>
- Mederos, D. C. (2014). (Mederos, Caracteriacion biologica y molecular del virus de la mancha anular de la papaya, epifitiologia y manejo de la enfermedad en Carica papaya L. var. Maradol roja en Cuba. Santa Clara
- Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Patógenos de plantas descritos en España*. Obtenido de

[http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/patogenos\\_nacional\\_tcm7-1286.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/patogenos_nacional_tcm7-1286.pdf)

National Aeronautics and. (2001). *The Earth Science Enterprise Series*. Recuperado el 2001, de <https://cloud1.arc.nasa.gov/solvell/outreach/spanishlink2.pdf>

Organización Mundial de la Salud (2006) Guías para la calidad del agua potable. Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

Ordaz-Pérez D, G.-V. J.-R. (2017). Resistencia de *Vasconcellea cauliflora* al Virus de la mancha anular de la papaya-potyvirus (PRSV-P) y su introgresión en Carica papaya. *Revista mexicana de Fitopatología*, 578.

Paz, A. E. (5 de Marzo de 1995). *Técnicas del cultivo de papaya en las canarias*. Obtenido de <http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/doc/otros/publicaciones/cuadernos/PAPAYA.pdf>

Peña Bárzaga, I. (2008). Enfermedades virales en el cultivo del papayo (Carica papaya L.). *Revista CitriFrut*, 1.

Perez, K. I. (2011). *Distribucion, caracterizacion y diagnostico del complejo de sintomas del PRSVP*. Mayabeque: universidad de la Habana.

Portal, D. C. (2010). *Virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p)*. Santa Clara.

Productor, E. (1 de enero de 2018). Manejo del cultivo de papaya. *El Productor*, pág. 3.

Proecuador (5 de ENERO de 2015). *Análisis sectorial papaya 2015*. Obtenido de [https://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/PROEC\\_AS2015\\_PAPAYA1.pdf](https://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/PROEC_AS2015_PAPAYA1.pdf)

Redondo, A. R. (2003). Manejo del virus de la mancha anular de la papaya en la region caribe colombiana. *Corpoica*, 14.

Sánchez-Saldaña, L.-A. (2005). *Antisépticos y desinfectantes*.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2012). *Información técnica de semilla de papaya mexicana*. Recuperado el 2012, de [http://www.cultivopapaya.org/wp-content/uploads/Informaci%C3%B3n-T%C3%A9cnica\\_Semilla-de-papaya.pdf](http://www.cultivopapaya.org/wp-content/uploads/Informaci%C3%B3n-T%C3%A9cnica_Semilla-de-papaya.pdf)

SINAGAP. (2017) Numero de UPAs por tamaño y superficie plantada, según cultivos permanentes.

Top ozono. (2015). *Tratamiento agro-ecológico con ozono*. Obtenido de <http://www.topozono.com/MegaArchivos/Tratamiento%20Agro-ECOLOGico%20con%20OZONO%20para%20Agua%20de%20Riego.df>

Torres, G. C. (2000). *Gabriel Chiriboga Torres*. Francisco Morazan.

Universidad del Valle de Guatemala. (1995). *Papayas de Exportación y Criollas con Resistencia a Papaya Ringspot Virus (PRSV)* . Guatemala: consejo nacional de ciencia y tecnologia.

University, C. (2004). *Papaya ringspot virus resistant papaya*.Philippines : USAID.

Venta, M. B. (2010). *Empleo del ozono en la poscosecha de fruta bomba var Maradol-roja*. La Habana: revista CENIC.

Villapudua, J. R. (2010). *El ozono en la agricultura y el bienestar* . Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa y Agrobiológica.

## ANEXOS

### Anexo 1. Toma de dato antes de la aplicación de ozono

#### Tablas de contingencia

*Frecuencias absolutas*

*En columnas: PLANTAS ENFERMAS*

TRATAMIENTOS	NEGATIVO	POSITIVO	Total
1	4	4	8
2	3	5	8
3	4	4	8
4	1	7	8
Total	12	20	32

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	3,20	3	0,3618
Chi Cuadrado MV-G2	3,55	3	0,3148
Coef.Conting.Cramer	0,22		
Coef.Conting.Pearson	0,30		

**Fuente:** El Autor

### Anexo 2. Toma de dato después de la aplicación de ozono

#### Tablas de contingencia

*Frecuencias absolutas*

*En columnas: PLANTAS ENFERMAS*

TRATAMIENTOS	NEGATIVO	POSITIVO	Total
5	2	6	8
6	2	6	8
7	1	7	8
8	2	6	8
Total	7	25	32

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	0,55	3	0,9081
Chi Cuadrado MV-G2	0,60	3	0,8964
Coef.Conting.Cramer	0,09		
Coef.Conting.Pearson	0,13		

**Fuente:** El Autor

**Anexo 3. Hojas infectadas con el PRSV-P**



**Fuente:** El Autor

**Anexo 4. Procesamiento de las hojas de papaya**



**Fuente:** El Autor

### Anexo 5. Tamizado de la muestra



Fuente: El Autor

### Anexo 6. Inoculación del virus



Fuente: El Autor

### Anexo 7. Carborundum 600



Fuente: El Autor

### Anexo 8. Plantas de papaya en el invernadero



Fuente: El Autor



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Massuh Coello Rafael Andrés**, con C.C: # **0922570494** autor del trabajo de titulación **Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia de la enfermedad de la mancha anillada (*Papaya ringspot virus-P, PRSV-P*) en papaya (*Carica papaya L.*) en condiciones de invernadero**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGROPECUARIO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 5 de marzo de 2018

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Massuh Coello Rafael Andrés**

**C.C:0922570494**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	<b>Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia de la enfermedad de la mancha anillada (<i>Papaya ringspot virus-P</i>, PRSV-P) en papaya (<i>Carica papaya</i> L.) en condiciones de invernadero.</b>		
<b>AUTOR(ES)</b>	<b>Massuh Coello Rafael Andrés</b>		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Lenin Paz Carrasco		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad Técnica para el desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Agropecuaria		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Agropecuaria		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	5 de marzo del 2018	<b>No. PÁGINAS:</b>	45
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Producción de Alimentos		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Ozono, PRSV-P, virus		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Fisiología Vegetal de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El objetivo fue determinar el efecto de la aplicación del ozono antes y después de la inoculación mecánica con el PRSV-P en plantas sanas de papaya. Los tratamientos de dosis de ozono consistieron de 2, 3, 4 y 5 ppm. Los tratamientos testigos se relacionaron a plantas de papaya con aspersión con agua y sin aspersión. Los datos se analizaron con la prueba de probabilidad de <math>X^2</math> e indica que, estadísticamente el ozono no llegó a ejercer un efecto sobre el PRSV-P al manifestar significancia estadística favorable por el número de plantas enfermas obtenidas a los 20 días después de la inoculación con el virus. Actualmente, se continúa con la investigación para determinar que dosis y frecuencias permiten afectar la estabilidad de las partículas virales del PRSV-P.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 09910269047	<b>E-mail:</b> Rafael_massuhc@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.		
	<b>Teléfono:</b> +593 987361675		
	<b>E-mail:</b> Noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			