



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Aumento de la mortalidad de la mosca de la fruta en la producción de  
chirimoya mediante tratamiento de irradiación de Co<sub>60</sub> en  
Laboratorio de SENASA Piura 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Br. Sandoval Murillo, Juan Edgar (ORCID: 0000-0002-6416-5790)

ASESOR:

MSc. Seminario Atarama, Mario Roberto (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

PIURA-PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

**Con especial cariño a mi padre, y a mi familia por su total comprensión.**

## **AGRADECIMIENTO**

**Al Ing. Félix Quenta Cherre por brindarme las facilidades y todo su apoyo en la realización del presente trabajo y sobre todo por sus invalorable consejos y valioso apoyo.**

**A mi familia por su total comprensión, ayuda y perseverancia que me brindaron para mi realización profesional.**

## **PÁGINA DEL JURADO**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Edgar Sandoval Murillo con DNI 02878388, estudiante del décimo ciclo 2018 de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial de la "Universidad César Vallejo".

Declaro la autenticidad de mi estudio de investigación denominado "AUMENTO DE LA MORTALIDAD DE LA MOSCA DE LA FRUTA EN LA PRODUCCIÓN DE CHIRIMOYA MEDIANTE TRATAMIENTO DE IRRADIACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN LABORATORIO DE SENASA PIURA 2018", para lo cual, me someto a las normas sobre elaboración de estudios de investigación al respecto.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Piura, diciembre del 2018



---

Juan Edgar Sandoval Murillo  
DNI N° 02878388

## ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Trabajos previos.....	3
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	6
1.4. Formulación del problema.....	11
1.5. Justificación del estudio.....	11
1.6. Hipótesis.....	12
1.7. Objetivos.....	12
II. MÈTODO.....	14
2.1. Tipo y diseño de la investigación.....	14
2.2. Operacionalización de variables.....	16
2.3. Población y muestra.....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	16
2.5. Procedimiento.....	20
2.6. Método de análisis de datos.....	27
2.7. Aspectos Éticos.....	27
III. RESULTADOS.....	29
IV. DISCUSIÓN.....	56
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. RECOMENDACIONES.....	60

REFERENCIAS .....	61
ANEXOS .....	64
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	64
Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos .....	65
Anexo 3. Validación de los instrumentos de recolección de datos.....	71
Anexo 4. Acta de originalidad de Turnitin .....	85
Anexo 5. Pantallazo de Originalidad de Turnitin .....	86
Anexo 6. Autorización para la publicación de tesis .....	87
Anexo 7. Versión final del trabajo de investigación .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Procedimiento o diseño del trabajo de irradiación .....	15
TABLA 2. Operacionalización de variables.....	18
TABLA 3. Resultado del bioensayo de dosis 01 (larva 01) .....	30
TABLA 4. Resultado del bioensayo de dosis 01 (larva 02)... ..	31
TABLA 5. Resultado del bioensayo de dosis 01 (larva 03)... ..	31
TABLA 6. Resultado del bioensayo de dosis 02 (larva 01)... ..	32
TABLA 7. Resultado del bioensayo de dosis 02 (larva 02)... ..	32
TABLA 8. Resultado del bioensayo de dosis 02 (larva 03)... ..	32
TABLA 9. Resultado del bioensayo de dosis 03 (larva 01)... ..	33
TABLA 10. Resultado del bioensayo de dosis 03 (larva 02)... ..	33
TABLA 11. Resultado del bioensayo de dosis 03 (larva 03)... ..	33
TABLA 12 Resultado del bioensayo de dosis 04 (larva 01)... ..	34
TABLA 13 Resultado del bioensayo de dosis 04 (larva 02)... ..	34
TABLA 14. Resultado del bioensayo de dosis 04 (larva 03)... ..	35
TABLA 15. Resultado del bioensayo de dosis 05 (larva 01)... ..	35
TABLA 16. Resultado del bioensayo de dosis 05 (larva 02)... ..	36
TABLA 17. Resultado del bioensayo de dosis 05 (larva 03)... ..	36
TABLA 18. Resultado del bioensayo de dosis 06 (larva 01)... ..	37
TABLA 19. Resultado del bioensayo de dosis 06 (larva 02)... ..	37
TABLA 20. Resultado del bioensayo de dosis 06 (larva 03)... ..	37
TABLA 21. Resultado del bioensayo de dosis 07 (larva 01)... ..	38
TABLA 22. Resultado del bioensayo de dosis 07 (larva 02)... ..	38
TABLA 23. Resultado del bioensayo de dosis 07 (larva 03)... ..	39
TABLA 24. Resumen de los frutos tratados y sus controles.....	40
TABLA 25. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 01, repetición 01... ..	41
TABLA 26. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 01, repetición 02... ..	41
TABLA 27. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 01, repetición 03... ..	41
TABLA 28. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 02, repetición 01... ..	42
TABLA 29. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 02, repetición 02... ..	42
TABLA 30. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 02, repetición 03... ..	42
TABLA 31. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 03, repetición 01... ..	43
TABLA 32. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 03, repetición 02... ..	43

TABLA 33. Porcentaje de mortalidad, estadio larvas 03, repetición 03.....	43
TABLA 34. Mortalidad corregida por grupos Larva 1. ....	44
TABLA 35. Valor de pruebas en L1.....	44
TABLA 36. Valor de Duncan.....	45
TABLA 37. Mortalidad corregida por grupos Larva 2 .....	46
TABLA 38. Valor de pruebas en L2.....	46
TABLA 39. Valor de Duncan.....	46
TABLA 40. Mortalidad corregida por grupos Larva 3. ....	47
TABLA 41. Valor de pruebas en L3.....	48
TABLA 42. Valor de Duncan.....	48
TABLA 43. Evaluación sensorial del parámetro olor.....	51
TABLA 44. Evaluación sensorial del parámetro olor.....	52
TABLA 45. Evaluación sensorial del parámetro olor.....	53
TABLA 46. Dosis de irradiación.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Armado de jaulas .....	20
FIGURA 2. Selección y pesado de fruta .....	21
FIGURA 3. Preparación de huevecillos .....	22
FIGURA 4. Inoculación de huevecillos.....	22
FIGURA 5. Sellado de fruta infestada.....	22
FIGURA 6. Fruta en contenedor .....	24
FIGURA 7. Contenedor listo para irradiar .....	24
FIGURA 8. Colocación de contenedores en el irradiador .....	24
FIGURA 9. Irradiando material (chirimoya).....	24
FIGURA 10. Fruta post irradiada en tapers .....	25
FIGURA 11. Tapers de fruta en estantes.....	25
FIGURA 12. Disección de frutos .....	26
FIGURA 13. Recuperación de larvas .....	26

## RESUMEN

Las Moscas de la fruta en especial "*Ceratitis capitata Wiedemann*" es una de las plagas más dañinas que existe, ataca a las diferentes producciones frutícolas y de hortalizas originando así la principal restricción fitosanitaria para poder exportar estos productos que son de mucha importancia para la economía de nuestros agricultores y del país. La OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) dentro del proyecto RLA/5/043 (ARCAL XXXIII). "Reglamento Cuarentenario Armonizado para la Irradiación de Frutas Frescas" con la participación de Cuba, Argentina, Brasil, Chile, Venezuela, México y Perú, es que inician investigaciones para demostrar la eficacia, viabilidad y poder así validar la irradiación como tratamiento cuarentenario. Perú inicia estas actividades con el IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear), así mismo teniendo la posibilidad de realizar un ensayo es que se abre paso para realizar esta investigación en la Unidad de los Centro de Producción de Moscas de la Fruta de SENASA (Servicio Nacional d Sanidad Agraria) Piura, supervisado por el especialista Ing. Félix Quenta Cherre. El Trabajo de investigación consistió en 2 etapas: la primera consistió en determinar la dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> a la cual no existiera sobrevivencia de los estados inmaduros por consiguiente no hubiera emergencia de mosca adulta de la plaga de moscas de la fruta, la segunda que consistió en la evaluación de los frutos de chirimoya infestados artificialmente con larvas de moscas de la fruta a la dosis mínima encontrada la cual nos proporciona datos confiables, confirmándose que a 100 Gy (0,1kGy) no hay emergencia de mosca adulta; la evaluación organoléptica determinó que no existe diferencia significativa frente a las chirimoyas que no fueron tratados con este procedimiento.

**Palabras claves:** Irradiación Co<sub>60</sub>, Gray, dosis mínima efectiva, larvas de mosca de la fruta.

## ABSTRACT

The fruit flies in particular *Ceratitidis capitata Wiedemann* is one of the most harmful pests that exists, it attacks the different fruit and vegetable productions, thus originating the main phytosanitary restriction to be able to export these products that are of great importance for the economy of our farmers and the country. The IAEA (International Atomic Energy Agency) within project RLA / 5/043 (ARCAL XXXIII). "Harmonized Quarantine Regulation for the Irradiation of Fresh Fruits" with the participation of Cuba, Argentina, Brazil, Chile, Venezuela, Mexico and Peru, is that they initiate research to demonstrate the efficacy, viability and power to validate irradiation as quarantine treatment. Peru initiates these activities with the IPEN (Peruvian Institute of Nuclear Energy), likewise having the possibility of carrying out an essay is that it opens the way to carry out this investigation in the Unit of the Fruit Fly Production Center of SENASA (Service National Agrarian Health) Piura, supervised by the specialist Eng. Félix Quenta Cherre. The research work consisted of 2 stages: the first consisted of determining the minimum effective dose of irradiation of Co<sub>60</sub> at which there was no survival of the immature stages, therefore there would be no emergence of adult fly from the fruit fly plague, second, which consisted in the evaluation of artificially infested cherimoya fruits with larvae of fruit flies at the dose found, which provides reliable data, confirming that at 100 Gy (0.1kGy) there is no adult fly emergence; the organoleptic evaluation was determined that there is no significant difference compared to the cherimoyas that were not treated with this procedure.

**Keywords:** Irradiation Co<sub>60</sub>, Gray, minimum effective dose, larvae of fruit flies.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

Desde 1990, las exportaciones de las diferentes producciones de frutas y vegetales en el Perú se han visto incrementados en un 16% anual en promedio, un ritmo de incremento más rápido que el total de las exportaciones de mercancías peruanas como un todo. Sin embargo, según el Servicio Nacional de Sanidad Agraria, al menos 30% del total de la producción agrícola se pierde cada año debido a la plaga de mosca de la fruta. La chirimoya es considerada una fruta subtropical, la cual presenta características organolépticas (aroma, sabor y textura), presenta cualidades muy nutritivas vinculadas con sus aportes en hierro y vitaminas, las mismas que la hacen acreedora de un puesto muy importante en los mercados actuales (nacional e internacional).

Las condiciones de clima y geografía en el Perú nos posibilitan obtener frutas de excelente calidad, las mismas que no han podido ser superadas en sabor a los producidos en diferentes países tales como Estados Unidos, Chile y España. Nuestro País cuenta con 3611 ha en promedio cultivadas, de ellas 1300 ha se desarrollan en Lima, centralizándose la producción en el valle de San Mateo de Otao el mismo que se ubica en la provincia de Huarochirí, de donde proviene la chirimoya ecotipo Cumbe. Actualmente está prosperando una corriente norteamericana y europea que promueve el consumo de frutas exóticas originarias de países tropicales y subtropicales, esta preferencia en el mundo hace que la chirimoya tenga una mayor demanda en el mercado extranjero a precios muy competitivos.

Una limitación que presenta la chirimoya para su partida a lugares muy alejados de la zona de producción, es la reducida vida poscosecha que presenta este fruto luego de obtener su madurez fisiológica. Entre los procedimientos más usados para prolongar la vida poscosecha, optimizando el transporte y almacenamiento de productos hortofrutícolas como la chirimoya, tenemos la frigo-conservación, el uso de atmósferas controladas y el empleo de coberturas especiales. La frigo-conservación como método que prolonga la vida poscosecha de los frutos de chirimoya se orientara a reducir la respiración, la emisión de etileno y la pérdida

de peso, teniendo en cuenta los inconvenientes funcionales que pueden presentarse durante estos tratamientos. En ese sentido cabe mencionar la lesión por frío como una fisiopatía muy habitual en frutos de procedencia subtropical como la chirimoya.

Cerca de 233000 agricultores de la costa del Perú han tenido que implementar e innovar medidas de control de plagas que incrementan sus costos de producción. En algunos casos, su acceso a los mercados extranjeros se ha visto prohibido por las restricciones fitosanitarias impuestas a las zonas infestadas; la presencia de mosca de la fruta ocasiona problemas fitosanitarios que afectan la producción y exportación de frutos; ya que este insecto utiliza el fruto como sustrato para la ovoposición y evolución de la mosca (Huevos, larva 1, larva 2, larva 3), causando así daños muy importantes. En este caso no se están controlando estos estadios larvales con una responsabilidad adecuada que permita liberar a los cultivos de esta plaga que es de relevancia económica y que ocasiona muchas consecuencias a todos los agricultores y exportadores y el país. Por lo tanto, el control integrado de plagas de la mosca de la fruta es primordial para proteger a los exportadores en pleno crecimiento y desarrollo para garantizar los beneficios económicos para los agricultores peruanos.

Una de las plagas de mucha importancia económica es la de la mosca de la fruta (*Ceratitis Capitata*) la misma causa pérdidas del 30% de la producción de frutas hospedantes de esta plaga, podemos decir que los tratamientos que existen (en frío y tratamiento hidrotérmico) no garantizan al 100 % una vida pos cosecha más amplia que permitan llegar a su destino en óptimas condiciones, y que de continuar con estos problemas se corre el riesgo de perder toda una producción y exportación de determinados frutales que según la época pueden estar listos para su exportación, sus pérdidas económicas pueden ser evitadas siendo recomendable establecer procedimientos de tratamientos cuarentenarios que garanticen el control y eliminación de esta plaga en la fruta pos cosecha.

Diferentes tratamientos son utilizados para la exportación de frutas frescas como son aplicaciones químicas de bromuro de metilo el cual es muy dañino para el medioambiente y la salud del aplicador, presencia de residuos tóxicos en el fruto, el tratamiento hidrotérmico a altas temperaturas de 45°C por diez (10) minutos presenta la desventaja de deteriorar el fruto quitando la cera que cubre la cascara y los elementos termo sensibles del producto, y el uso de temperaturas frías de 0°C a 3°C en el cual se emplea hasta doce días para matar al 100% de todos los estadios de la plaga de mosca de fruta. Ante esta problemática se hace indispensable indagar sobre otros tratamientos cuarentenarios alternativos para frutas, y un tratamiento de control sería el tratamiento con radiación ionizante, el mismo que tiene considerables ventajas en no dejar indicios de remanentes tóxicos y por ser un procedimiento muy eficiente que nos garantiza que el producto será de buena calidad y libre de posibles infestaciones.

Luego de haber analizado todo lo que representa la existencia de la plaga de moscas de la fruta, los daños que ocasiona y que los tratamientos en frío e hidrotérmico no son los más adecuados, trataremos de validar y demostrar que el tratamiento de radiación de cobalto 60 (Co\_60) garantiza la eliminación de los estados inmaduros de larva 1, larva 2, y larva 3 de la plaga y nos da una mejor conservación del producto para que pueda llegar a su destino sin ningún contratiempo.

## 1.2. Trabajos previos

Luego de haber ejecutado una exhaustiva búsqueda de estudios previos vinculados con el presente tema de investigación no se encontró trabajos realizados con el mismo producto, se encontró trabajos parecidos a nuestra investigación los mismos que son los más cercanos a nuestro trabajo. Los trabajos previos que se presentan a continuación no están totalmente relacionados al tema, los más cercanos que se encontró son: como antecedentes locales el trabajo de Peña (2008) presento la investigación procedimiento cuarentenario para la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) en mangos variedad Haden (*Mangúífera índica*) con irradiación gamma (Co-60). Uno de los objetivos específicos es establecer la efectividad de dosis para el tercer estadio larval que garantice que no abra

sobrevivencia (emergencia) de individuos en mangos. La muestra fue no probabilística. El tipo de investigación fue descriptiva y el diseño descriptivo experimental. Descubrió que se puede aplicar la irradiación como tratamiento cuarentenario sin que pueda causar daños a la fruta, concluye que la irradiación es una alternativa viable para tratamiento cuarentenario en mangos frescos, ya que la dosis utilizada está por debajo de 1 kGy, la misma que no genera cambios organolépticos ya que estos no son perceptibles.

Toledo y Bustos (2001) desarrollaron la investigación irradiación de naranjas infestadas por *Anastrepha ludens* como tratamiento cuarentenario. Uno de los objetivos específicos es establecer la dosis efectiva para inhibir la emergencia de los adultos de *Anastrepha ludens* la muestra tomada fue de 20,359 larvas. El tipo de investigación fue descriptiva, el diseño descriptivo experimental. En la fase de laboratorio determino que con 85 Gray (Gy) se inhibió de la emergencia de adultos, y concluye en la fase confirmatoria que con 100 Gy es la dosis que puede ser usada como tratamiento cuarentenario sin presentar cambios adversos en la calidad de la fruta.

Se consideraron los antecedentes internacionales de Velasco y Astudillo (2013) presentaron la investigación relacionada a la utilización de la irradiación como componente de mejora de la inocuidad alimentaria. Uno de los Objetivos específicos consistió en la descripción general del procedimiento de irradiación de los alimentos que se nombran a continuación: frutas frescas, hortalizas frescas, miel, procesados de fruta fresca y hortalizas para consumo humano. Tipos de radiaciones utilizadas. Dosis aplicadas. Alimentos en los que se utiliza. Resultados del proceso (grado de inocuidad obtenido en los alimentos). Seguridad del proceso. La muestra fue no probabilística. El tipo de investigación fue descriptivo y el diseño descriptivo experimental. Llega a la conclusión que la irradiación es una tecnología que se puede utilizar para mejorar la inocuidad alimentaria, para incrementar la vida útil a través de la eliminación de microorganismos.

Hernández (2009) desarrollo la investigación procedimiento de irradiación como tratamiento cuarentenario en frutos de guayaba y la variación en su calidad. Uno de los objetivos específicos fue demostrar que la dosis establecida no causa daños a la calidad de la fruta sus características organolépticas no presentaron alteración alguna. El tipo de investigación fue descriptiva, el diseño experimental.

Determino que la irradiación aumentó la mortalidad de las larvas de moscas de la fruta a dosis altas (150 Gy) y concluye que la dosis de irradiación establecida no influye en la calidad de los frutos sus características organolépticas no presentaron cambios, por lo tanto, la irradiación representa la mejor alternativa como tratamiento cuarentenario en contra de la mosca de la fruta.

López (2014) desarrollo la investigación Uso de las radiaciones en la conservación de alimentos: consecuencias de la irradiación en los parámetros físico -químico de la castaña. Uno de los objetivos es caracterizar los efectos de la radiación ionizante en muestras de castaña, demostrar que no representa cambios en sus características organolépticas. El tipo de investigación fue descriptiva, el diseño experimental. Se estableció que la irradiación gamma no altera o genera cambios en sus características organolépticas en las muestras de castaña, y que elimina la infestación de larvas de plagas de moscas de la fruta; concluye que la utilización de irradiación para el tratamiento de alimentos no interfiere en los principales parámetros físicos y bioquímicos de la castaña, y que la tecnología de irradiación puede ser considerada como un método para su conservación.

Quinteros (2012) realizo la investigación Evaluación de semillas de seis variedades de quinua irradiadas con tres dosis de rayos gamma Co-60 en condiciones controladas, uno de los objetivos de esta investigación fue determinar la dosis letal media y la dosis de irradiación para la inducción de mutaciones positivas con Co\_60 en seis variedades de quinua. El tipo de investigación descriptiva, el diseño experimental. Se determinó que las variedades tratadas con rayos gamma de Co-60 presentaron un comportamiento diferente a las características de su origen. Concluye que todas las variedades de quinua sometidas a dosis altas de 300 Gy provocaron disminución en el porcentaje de germinación y el desarrollo de la raíz y el hipocotilo.

Cova (2014) desarrollo la investigación Tratamiento de miel con radiación: consecuencias sobre ciertas características de calidad a lo largo de su vida útil que pueden ser susceptibles de cambios químicos por irradiación, uno de sus objetivos fue analizar el efecto de diferentes dosis de irradiación sobre indicadores de calidad seleccionados. El tipo de investigación descriptiva, su diseño experimental. Se determinó que la irradiación de mieles no afectó el número de azúcares reductores mientras que los cambios producidos en la acides fueron leves. Concluye que el tratamiento con radiación ionizante puede ser una alternativa para controlar los microorganismos que pueden estar presentes en la miel, manteniendo valores aceptables en los indicadores de calidad durante un almacenamiento prolongado.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

La mosca de la fruta tiene una gran característica de adaptación a los diferentes climas y microclimas que pueden presentar las diferente áreas de cultivos en la región, la podemos encontrar en todos los valles hortofrutícolas del Perú en los cuales puede encontrar las condiciones adecuadas para su desarrollo y multiplicación, esta plaga ocasiona muchos daños a la producción de los diferentes frutales en el Perú en especial de la chirimoya la cual es un limitante para la comercialización de nuestros frutales ya que esta plaga es de importancia cuarentenaria y representa una gran pérdida económica. Esta plaga produce un daño de manera directa por el efecto de la picadura de la hembra en el fruto, eso lo hace para colocar sus huevecillos esta es una entrada de muchos hongos y bacterias que ocasionan la pudrición del fruto y por ende genera mucho detrimento en la producción.

El SENASA viene ejecutando el programa de erradicación de mosca de la fruta en el país, el mismo que busca beneficiar a los agricultores de todo el Perú, sus etapas bien marcadas para su ejecución son: prospección y monitoreo, supresión, erradicación y pos erradicación, prevención y área libre. Para la exportación de frutos existen varios tipos de tratamientos que tienen que aplicarse, uno es el tratamiento hidrotérmico que se aplica especialmente al mango, tratamiento en frío que se aplica a las exportaciones de uvas y cítricos, estos tratamientos los

brindan algunas empresas como: Biofruit (Tambogrande – Piura), Camposol (Sullana- Piura), Tropicfarm (Motupe - Lambayeque).tratamiento de fumigación de bromuro de metilo se libera y dispersa en estado gaseoso una sustancia química que se aplicaba al palto y a plantas con fines de exportación (poco usado por ser perjudicial a la capa de ozono y es muy contaminante), este tratamiento lo aplica Senasa, en el caso de chirimoya el tratamiento en frio es el que más se utiliza para este problema pero representa algunos daños en la piel por quemaduras externas, en algunos casos por estas razones es que el tratamiento con radiación ionizante de Co\_60 resultaría más adecuado para garantizar la calidad total de la fruta.

Las teorías que sostienen la presente investigación están conformadas por: irradiación de alimentos, la misma que es un tratamiento físico de conservación que se puede comparar a otros procedimientos que utilizan el frio o el calor, este tratamiento se basa en exponer el producto a la acción de la radiación ionizante durante un determinado tiempo. El aumento de Mortalidad de la plaga en sus estados inmaduros (Larvas 1, Larvas 2 y Larvas 3) los mismos que nos dará la información necesaria para determinar la dosis y tiempo de exposición para garantizar y validar el tratamiento. Para la irradiación de alimentos se tomó como referencia a Soraluz (2015) y a Velasco y Astudillo (2013). Se utilizó información sobre la plaga de las moscas de la fruta de la página web de SENASA. Irradiación, la dosis de irradiación es un concepto definido como la cantidad de energía absorbida por unidad de masa del material alimenticio y se denomina Gray (Gy). La definición formal antes mencionada, en relación a la radiación de alimentos, implica que el alimento se expone a una fuente de radiación por un determinado lapso de tiempo suministrándole al alimento una determinada cantidad de energía, la cual es proporcional al tiempo en segundos de exposición.

Tomamos como modelo de irradiación el trabajo de Peña (2015), el cual determino la dosis efectiva para la no sobrevivencia (emergencia) de adultos en mangos y estableció que la dosis obtenida no causó daños a la calidad de la fruta, así mismo pudo demostrar que la irradiación se puede utilizar como tratamiento fitosanitario de cuarentena, el cual puede ser utilizado en la exportación de frutas frescas garantizando la eliminación de la plaga de las moscas de la fruta. Concluye que los valores encontrados en los análisis de bioensayo con irradiación y

aplicando una dosis de 0,10 kGy, se evidencio que la misma tiene muy poca relevancia ya que se encuentra dentro de los límites recomendados para ocasionar mortandad en larvas, esta dosis evita la emergencia de la plaga. En lo que se refiere a valoración sensorial con las pruebas de color, olor, sabor y textura en mangos hadn no presentaron diferencias con mangos no irradiados, las personas encuestadas dejaron constancia de que los mangos que se les presento son similares. Finalmente nos dice que la irradiación puede ser utilizada como alternativa de tratamiento cuarentenario para frutas frescas de mango.

Iturbe y López (2004) en su revista de ciencia que publican nos da a conocer que el uso benéfico y poco comprendido de la radiación es el que permite tratar alimentos para evitar su descomposición. Este procedimiento alarga su vida útil en el anaquel y así mismo permite disminuir los costos en la comercialización de alimentos. En esta revista nos indica que se realizaron estudios que fueron aconsejados por la Federal Drug Agency (FDA) de los Estados Unidos, las conclusiones de esta institución en 1984, es que esta tecnología es plenamente segura. También nos presenta unas tablas donde se registra valores de dosis de irradiación para frutas mango, papaya, etc.) expresados en kGy y sus efectos.

Para el Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC) institución pública ubicada en Chile, en su publicación “Irradiación de Alimentos Información al consumidor sobre el concepto del tratamiento con energía ionizante” publicado en febrero del 2004. Indica que la irradiación de alimentos es admisible como un tratamiento efectivo y seguro para su preservación porque solo elimina agentes patógenos y elimina plagas de moscamed a los frutos que puedan estar infestados sin producir cambios en su calidad. Este procedimiento es certificado por los organismos internacionales como la OMS, Comité Científico de la Alimentación (SCF) de la Comisión Europea y la FDA (Food and Drug Administartion). Aquí nos indica que los países como Argentina, Brasil, Cuba, México, Estados Unidos autorizan la irradiación para ciertos productos como frutas secas, papas, cebollas, espárragos vegetales deshidratados, frutas frescas, condimentos. En el Perú la planta de irradiación multiuso, situada en el distrito de Santa Anita en Lima irradia alimentos para descontaminarlos utilizando fuentes de CO<sub>60</sub>.

El Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), ubicado en San Borja Lima realiza el tratamiento cuarentenario para: frutas frescas y hortalizas; para suprimir insectos en cereales, granos, menestras, frutos secos; para minimizar la carga microbiana en artículos deshidratados, plantas medicinales y hierbas aromáticas. Este tratamiento de irradiación se realiza introduciendo los productos en un irradiador Gammacell 220 Excel a dosis de radiación controladas. El IPEN es el ente regulador en temas de radiación y su utilización para fines benéficos.

El INACAL (Instituto Nacional de Calidad), regula los elementos de normalización, acreditación y metrología, siguiendo los estándares y códigos universales reconocidos internacionalmente por acuerdos y tratados de los que nuestro país forma parte. Los organismos de los que formamos parte y dan la información y procedimientos a seguir para cada alimento y su comercialización son; La FDA (*Food and Drug Administration: Administración de Medicamentos y Alimentos o Administración de Alimentos y Medicamentos*) es la agencia del gobierno de los Estados Unidos encargada de la regulación de alimentos (para personas y animales), medicamentos (veterinarios y humanos), cosméticos, instrumentos médicos (humanos y animales), artículos biológicos y derivados sanguíneos. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (en inglés, *United States Department of Agriculture, USDA*) es una unidad ejecutiva del Gobierno Federal de EE. UU. Su propósito es desarrollar y ejecutar políticas de ganadería, agricultura y alimentación. Su meta es entender en las necesidades de los productores (granjeros, rancheros), promoviendo el comercio agrícola y la producción, trabajando para asegurar seguridad alimentaria, protegiendo los recursos naturales, mejorar las comunidades rurales, y poner fin al hambre.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura de Chile ODEPA (2013), empleo de irradiación como fundamento de mejoramiento de la inocuidad alimentaria, se desarrolló el tratamiento en algunos alimentos con radiaciones ionizantes, señalando ventajas y desventajas respecto a los procedimientos habituales de procesamiento y preservación de alimentos, indicando ejemplos y mercados, en este trabajo realizado por el ministerio de agricultura de Chile concluye que la tecnología de irradiación se puede utilizar para la mejora de la inocuidad alimentaria, con este procedimiento se puede conseguir aumentar la vida útil de los alimentos eliminando los microorganismos

alternantes y la inactivación de enzimas asociadas con la maduración y ablandamiento de frutos; mejora la inocuidad de los alimentos, mediante la eliminación de mico organismos patógenos, eliminando plagas en frutas, evitando su proliferación en las zonas libres de plagas.

Rivka, Follet (2016) “Irradiación por la calidad, mejora, seguridad microbiana y fitosanidad de producto fresco”, la irradiación es una tecnología que se utiliza como tratamiento cuarentenario muy efectivo para la eliminación de las plagas de insectos; señala que la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) ha certificado dosis de irradiación de 1000 (Gy) para la preservación y desinfestación de frutas y verduras utilizando rayos gamma de  $^{60}\text{Co}$  o  $^{137}\text{Cs}$ . Para la mosca de la fruta y demás insectos se establecen 150 Gy, y 300 Gy. Para la exportación de frutos y si existe el riesgo de la plaga de moscas de la fruta en la zona exportadora el tratamiento de radiación se convierte como necesario y seguro para inhibir la plaga. El primer uso internacional del tratamiento de irradiación fue en el 2004 cuando Australia envió mangos irradiados a Nueva Zelanda. En la actualidad Estados Unidos y Nueva Zelanda son los países que más productos irradiados importan, y los principales países exportadores son Tailandia, México, Vietnam, Australia y la India, en el año 2015 y 2016 se comercializaron más de 20,000 toneladas de fruta irradiada internacionalmente.

Lo que se espera es el aumento de la mortalidad de la plaga en sus estados inmaduros (Larvas 1, Larvas 2 y Larvas 3) los mismos que nos dará la información (en unidades si hay sobrevivencia o no); necesaria para determinar la dosis y tiempo de exposición para garantizar y validar el tratamiento.

La aplicación del estudio. es que se realizara la exposición de la fruta (chirimoya) a diferentes Dosis y tiempos de irradiación correspondientes para poder determinar cuál es la más adecuada para conseguir la total mortalidad de individuos por cada ensayo, es decir se expondrán 3 frutos por cada dosis y tiempos de ensayo y además tendremos un testigo por cada tratamiento el cual nos indicara su desarrollo fisiológico de la fruta y se revisaran mediante evaluaciones (disección del fruto) todos los estadios larvales de la plaga. Se determinará los beneficios, riesgos y peligros de usar la irradiación como medio de tratamiento.

#### 1.4. Formulación del Problema

##### 1.4.1. Pregunta general

¿Cuánto incrementa la mortalidad de la mosca de la fruta en sus estados inmaduros de larva 1, larva 2, larva 3 aplicando tratamiento de irradiación de Co<sub>60</sub> y garantizar el 100 % de efectividad del tratamiento para inhibir el desarrollo de la plaga?

##### 1.4.2. Preguntas específicas

¿Qué dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> es suficiente para eliminar el 100% del riesgo de infestación de los estados inmaduros (larva 1, larva 2 larva 3) de la plaga de la mosca de la fruta?

¿Qué efectos causa la dosis optima determinada de irradiación de Co<sub>60</sub> sobre la calidad del 100% de la fruta?

#### 1.5. Justificación del estudio

El estudio de la situación actual de la mosca de la fruta, el grado de infestación de los frutos con esta plaga se justifica debido a que las áreas asignadas al cultivo de frutales se han ampliado y cultivos como la chirimoya, palto, entre otros están sobresaliendo por ser frutas exóticas que contienen propiedades antioxidantes, y que son muy cotizadas en el mercado. La presente investigación es pertinente ya que busca dar solución al problema de exportación de frutales para que lleguen a su destino libre de la plaga y evitar el 30% de daños a la producción y así poder descubrir mercados nuevos que nos permitan la exportación de nuestros productos.

Debido a las grandes pérdidas ocasionadas por esta plaga es muy importante buscar y establecer alternativas de eliminación de la misma, por lo cual se ha encontrado pertinente establecer el tratamiento de radiación ionizante de Co<sub>60</sub> como tratamiento cuarentenario para eliminar los estadios inmaduros (L1, L2, L3) de la plaga en la pos cosecha de la chirimoya, el mismo que beneficiara a los productores y exportadores para que nuestros frutos estén libres de esta plaga y así asegurar que nuestra producción de los frutos sean sostenibles para las exportaciones venideras.

Podemos mencionar que las aplicaciones típicas de irradiación son admitidas por la OMS (Organización Mundial de la salud) y la Organización Mundial para la Agricultura y Alimentación, por la OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) quienes garantizan que los productos que son expuestos a este tratamiento no presentan cambios, al contrario, en algunos casos alarga la vida de estante del artículo. Es por eso que el tratamiento de irradiación de Co<sub>60</sub> traerá muchos beneficios en cuanto a la eliminación de la mosca de la fruta y abrirá nuevos mercados para la exportación de nuestros productos.

## 1.6. Hipótesis

### 1.6.1. Hipótesis general

- ❖ La dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> en 100 Gy la misma que incrementa la mortalidad y garantiza la eliminación del riesgo de infestación de la plaga en sus estados inmaduros de Larva 1, Larva 2, y Larva 3.

### 1.6.2. Hipótesis específicas

- ❖ La dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> necesaria para conseguir eliminar el riesgo de infestación de la plaga de moscas de la fruta en sus estados inmaduros (larva 1, larva 2, larva 3), y así garantizar la producción pos cosecha de chirimoya.
- ❖ Se determinó que la dosis optima de irradiación de CO<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya y así poder abrir nuevos mercados para la exportación de nuevos productos.

## 1.7. Objetivos

### 1.7.1. Objetivo general

- ❖ Incrementar la mortalidad de la plaga de la mosca de la fruta en sus estados inmaduros de larva 1, larva 2, larva 3 aplicando el tratamiento de irradiación de CO<sub>60</sub> y garantizar el 100% de efectividad del tratamiento para inhibir el desarrollo de la plaga.

### 1.7.2. Objetivos específicos

- ❖ Establecer la dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> para la eliminación del 100% del riesgo de infestación de los estados inmaduros de, larva 1, larva 2, larva 3 de la plaga de moscas de la fruta y garantizar la producción pos cosecha de chirimoya.
- ❖ Determinar que la dosis óptima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya y así poder abrir nuevos mercados para la exportación de nuestros productos.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de Investigación**

#### **Tipo de investigación**

Según (Unrau, Grinnell y Williams, 2005) la investigación cuantitativa debe ser lo más “objetiva” posible. Las características que se miran y/o miden, no deben ser afectados por el investigador. La investigación efectuada corresponde a esta categoría ya que nos dio a conocer valores exactos de los resultados obtenidos por el tratamiento de irradiación de CO<sub>60</sub>, ya que se expusieron los frutos de chirimoya a dosis y tiempos de irradiación en el que se determinó cuáles fueron los más indicados para poder establecer este tratamiento como cuarentenario y poder eliminar la plaga de la mosca en la pos cosecha de chirimoya. Se utilizaron frutos de chirimoya para un determinado tiempo y dosis de irradiación, 3 unidades por cada ensayo (4Gy, 6Gy, 8Gy, 10 Gy, 20Gy, 80 Gy y 100 Gy) cada tratamiento con su respectivo testigo. De acuerdo a las evaluaciones que se realizaron a cada tratamiento se fue descartando los ensayos que son susceptibles a la plaga y se fue determinando cual es el más efectivo para la eliminación total de los estados inmaduros de, L1, L2, L3.

#### **Nivel de investigación**

Dankhe (1986), los análisis descriptivos detallan las características primordiales de las comunidades, personas, o cualquier otro fenómeno que sea sujeto a análisis, evalúan o miden diferentes apariencias, magnitudes o elementos del fenómeno a explorar. Divide los tipos de investigación en: descriptivos, correlacionales y explicativos. La investigación efectuada corresponde a esta categoría descriptiva ya que se explica la metodología seguida con el tratamiento de irradiación de CO<sub>60</sub> sobre los frutos de chirimoya y se pudo eliminar la plaga en sus estados inmaduros de moscas de la fruta (L1, L2, y L3) y determinamos sus efectos en la mortalidad de dichos estados en los frutos tratados

## Diseño

El presente trabajo de investigación fue de diseño experimental; que tuvo como finalidad aplicar cierta dosis de irradiación en un determinado tiempo de exposición a la fruta (chirimoya), se pudo apreciar los efectos de la irradiación en la plaga en sus estados inmaduros (L1, L2, L3) la cual aumento la mortalidad hasta eliminarla; y así se propuso este tratamiento de irradiación como tratamiento cuarentenario para suprimir la mosca de la fruta.

La expresión experimento tiene dos significados, la primera universal y la siguiente singular. La primera se refiere a “seleccionar o realizar una acción” y luego observar los efectos o resultados (Babbie, 2009). La naturaleza de esta concepción de experimento es que necesita la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. (Hernández Sampieri 2006).

En la tabla N°1 se muestra el procedimiento o diseño del trabajo que se realizó para las diferentes dosis de irradiación y el número de frutos (tratamiento T y control C) expuestos a los diferentes ensayos. Cabe mencionar que se tomó para cada muestra o fruto una infestación por inoculación artificial de 100 individuos; es decir para este caso son 126 frutos a utilizar y un total de individuos de 12,600.

Tabla N°1 Procedimiento o diseño del trabajo de irradiación.

Estadio Larval	Dosis de irradiación en Gy.												Sub Total		Total frutos a utilizar		
	4		6		8		10		20		80		100			T	C
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C			
Larva 1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21	21	42
Larva 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21	21	
Larva 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21	21	
Sub total	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	63	63	
Total	18		18		18		18		18		18		18		126		126

Fuente: Elaboración propia

## **2.2. Operacionalización de variables**

Las variables que se consideran en esta investigación son “Irradiación de Co<sub>60</sub>” como variable independiente y “Mortalidad de las larvas de la fruta” como variable dependiente.

Las variables, dimensiones e indicadores se detallan en la tabla N°2 de Operacionalización de variables.

## **2.3. Población y muestra**

La población objeto de estudio o unidad de análisis es las larvas de las moscas de fruta “*Ceratitis capitata*”. Para la reciente investigación la población fue igual a la muestra y se utilizaron 12,600 larvas para los diferentes ensayos.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Técnica de recojo de información

La técnica de recojo de información es la observación estructurada. Hernández (2000), la observación se refiere a la indagación de forma sistemática y orientada a analizar los diferentes aspectos más importantes de los objetos, hechos situaciones sociales, o personas en el contexto en el cual se desenvuelven normalmente, permitiendo el entendimiento de la realidad del fenómeno en estudio.

Instrumento de recojo de información

La recolección de datos es una guía de observación (formato de registro de evaluación de datos) que evaluó la mortandad de los estados inmaduros (L1, L2, L3) de moscas de la fruta en porcentaje de mortalidad que resultó de los ensayos por cada dosis, así mismo la dosis (Gray) y tiempo (segundos) aplicados para cada ensayo.

Para la evaluación de los estadios larvales de L1, L2, L3, el tiempo (segundos) y la dosis aplicada (Gy) en cada ensayo se aplicó la observación estructurada y el instrumento que se utilizó fue el registro de ensayo 02 Larvas – pupación que se encuentra en el Anexo N° 02.

El medio que se empleó para la obtención de los tiempos (en segundos) y la dosis (Gy) fue mediante una dosimetría fricke que se le realiza al irradiador auto blindado de Co<sub>60</sub> para determinar la tasa de dosis mínima que se debe aplicar al fruto (chirimoya), es decir mediante esta tasa de dosis mínima que se obtuvo y aplicando la fórmula por decaimiento del radioisótopo es que se calculó el tiempo de exposición que se colocó a la fruta para su tratamiento de irradiación.

#### Validez del instrumento

La validez se logró gracias a la opinión de especialistas en dicho tema de investigación, en este caso son 3 los especialistas que evaluaron de acuerdo a los siguientes aspectos: objetividad, claridad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología. Los resultados de la validación se muestran en el Anexo N° 03.

#### Confiabilidad

Se obtuvo de los certificados y licencias de funcionamiento que son otorgados por la entidad que supervisa a las instalaciones relevantes que trabajan con radiaciones ionizantes, el cual es el Instituto Peruano de Energía Nuclear, los mismos que se muestran en el Anexo N° 03.1

**Tabla N° 2: Operacionalización de Variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
“Mortalidad de las larvas de la fruta” Variable dependiente.	La mortalidad indica el número de individuos muertos en un lugar, intervalo de tiempo y causa. Los datos de mortalidad de los estados inmaduros de huevo, L1, L2, y L3 se pueden reflejar en número de individuos muertos sometidos a alguna causa.	Huevecillos	Son de color blanco cremoso de forma alargada y ahusada en los extremos, su tamaño es menor de 2mm, su tiempo de duración es de 48 horas.	Porcentaje de sobrevivencia de individuos	Razón
		Larvas 1	Son de forma ensanchada en la parte caudal y se adelgazan gradualmente hacia la cabeza, su cuerpo está formado por 11 segmentos, su tiempo de duración es de 24 horas	Porcentaje de sobrevivencia de individuos	
		Larvas 2	Son de forma ensanchada en la parte caudal y se adelgazan gradualmente hacia la cabeza, su cuerpo está formado por 11 segmentos, su tiempo de duración es de 48 horas	Porcentaje de sobrevivencia de individuos	
		Larvas 3	Son de forma ensanchada en la parte caudal y se adelgazan gradualmente hacia la cabeza, su cuerpo está formado por 11 segmentos, su tiempo de duración es de 72 horas	Porcentaje de sobrevivencia de individuos	

“Irradiación de CO\_60”  
Variable Independiente.

La irradiación es un procedimiento mediante el cual se expone en forma controlada cierto material a una fuente de radiación, como pueden ser rayos gamma o un haz de electrones (Rangel, S/I). La irradiación de alimentos, o pasteurización fría, ionización de alimentos o alimentos irradiados, es un tratamiento que aplica a determinados alimentos mediante radiaciones ionizantes, este tratamiento expone los alimentos a cantidades controladas de radiación para lograr ciertos objetivos.

Tiempo de exposición

Se llama así al hecho en que un material, objeto o persona es expuesto a un tiempo determinado de radiación ionizante el cual puede ser externo o interno.

Segundos

Ordinal

Dosis

Cantidad de energía trasferida por la radiación a la materia irradiada por unidad de masa. La unidad de medida en el sistema internacional es el Gray (Gy).

Gray

Elaboración: Fuente propia

## 2.5. Procedimiento

Desarrollo del producto de ingeniería

Descripción del procedimiento para irradiación

Las actividades que se desarrollaron para las infestaciones e irradiaciones se detallan a continuación:

Paso 1. Preparación de la colonia de *Ceratitis capitata*.

- a. Armado de jaulas de moscas de la fruta (jaulas acrílicas de 40 x 40) conteniendo el alimento necesario para el acondicionamiento de los individuos.
- b. Se cargaron las jaulas con 100 parejas de moscas de la fruta de *Ceratitis capitata* para su reproducción, mantenimiento y los diferentes ensayos que se programaron.
- c. Se mantuvo la jaula en sala de reproductores la misma que permaneció en  $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  y una humedad relativa de  $60\% \pm 5$ . Todos estos datos y parámetros establecidos se controlaron en los registros de las condiciones ambientales del laboratorio.
- d. Se expuso a la sala de reproductores con fotoperiodos de 10 horas luz y 14 horas de oscuridad para el desarrollo óptimo de las moscas de *Ceratitis capitata* en condiciones de laboratorio.



Figura 1. Armado de jaulas

## Paso 2. Selección y pesado de la fruta a infestar

- a. Se seleccionó la fruta de tal manera que estuvo en óptimas condiciones para que pueda ser sometida a los diferentes tratamientos; el grado Brix (grado de maduración) de la fruta estuvo en un rango aproximado de 7 a 8 para su infestación.
- b. Una vez seleccionada la fruta se procedió a lavarla y desinfectarla con agua e hipoclorito de sodio al 1 % para liberarla de algunos residuos o contaminantes al que pudo estar expuesta.
- c. Una vez que se seleccionó la fruta y cumplió con el control de calidad se procedió a pesar la fruta y tuvo que estar en un promedio de 250 a 476 gramos para haber sido tratada.



Figura 2. Selección y pesado de fruta

## Paso 3. Infestación de fruta

- a. Teniendo ya seleccionada la fruta se procedió a la infestación para poder tener los estados inmaduros de la mosca de la fruta y proceder a irradiarlos en el momento indicado.
- b. La infestación que se realizó fue por inoculación artificial, es decir se colocaron 100 huevecillos por cada fruto, se realizó un corte rectangular de 2 x2 centímetros con un bisturí para inocular los huevecillos y luego se sella con cinta maskintape, con este

procedimiento aseguramos que se obtendrá el número indicado de individuos para el estudio.

- c. El proceso de infestación (desarrollo larval) para huevo fue de 24 a 48 horas, para larva 1 de 72 horas después de la infestación, en el caso de larva 2 al quinto día y para larvas 3 de 7 días.

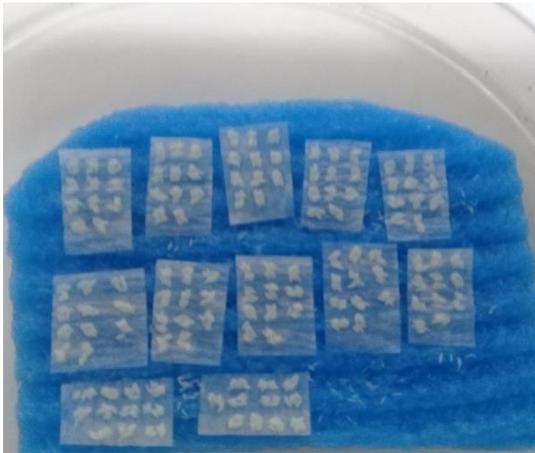


Figura 3. Preparación de huevecillos. Figura 4. Inoculación de huevecillos.



Figura 5. Sellado de fruta infestada.

Paso 4. Irradiación de la fruta.

- a. Luego de haber realizado los pasos anteriores se procedió a la irradiación tratamientos de la fruta según los tiempos establecidos para cumplir con los estadios larvales según la infestación.

Tabla N° 01 Procedimiento o diseño del trabajo de irradiación.

Estadio Larval	Dosis de irradiación en Gy.														Sub Total		Total frutos a utilizar
	4		6		8		10		20		80		100		T	C	
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C			
Larva 1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21	21	42
Larva 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21	21	42
Larva 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21	21	42
Sub total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	63	63	126
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Total	21		24		24		24		24		24		24		126		

Fuente: Elaboración propia

- b. Se procedió a irradiar los diferentes estadios larvales según el procedimiento establecido a seguir según se muestra en la tabla anterior.
- c. Cada estadio larval se irradió con 3 frutos tratados y uno como testigo a las diferentes dosis de 4, 6, 8, 10, 20 80, y 100 Gray.
- d. El tiempo de exposición para alcanzar las dosis en estudios se realizó según el radioisótopo en uso en este caso Co<sub>60</sub>, con la fórmula de decaimiento para saber cuántos minutos estará expuesta el fruto hasta alcanzar las dosis requeridas como ensayos.



Figura 6. Fruta en el contenedor.



Figura 7. Contenedores listos para irradiar.



Figura8.Colocando contenedor en Irradiador



Figura 9. Irradiando material(chirimoya).

Paso 5. Colocación de fruta tratada en tapers de plástico para su evaluación.

- a. Terminado el proceso de irradiación se procedió a retirar la fruta tratada y se colocó en tapers de plástico para luego ser evaluados.
- b. El material post irradiado se procedió a evaluar a las 24 horas de haber sido tratado, esto para verificar cuantos individuos sobrevivieron al proceso de irradiación según las dosis establecidas.
- c. Los individuos recuperados por cada fruto se colocaron en un taper con sustrato de aserrín y su identificación correspondiente para luego de 5 días ser evaluados nuevamente.
- d. El material recuperado se colocado en un ambiente a temperatura de  $24^{\circ}\text{C} \pm 1$  el mismo que fue monitoreado diariamente.



Figura 10. Fruta post irradiada en tapers. Figura 11. Tapers de fruta en estantes.

Paso 6. Evaluación de fruta irradiada.

- a. Una vez irradiada la fruta y luego de ser colocada en los tapers y estantes a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  y una humedad de  $60 \pm 5$ , se procedió a la evaluación de los ensayos a las 24 horas de haber realizado los tratamientos.
- b. En esta evaluación se registraron los datos en los documentos de registro de información correspondiente para cada dosis de irradiación establecida para la

investigación.

- c. Los individuos obtenidos se colocaron en un tapers de 8 onzas con un sustrato de aserrín para consérvalos y poder ser identificados luego de su recuperación.



Figura 12. Disección de frutos.



Figura 13. Recuperación de larvas.

#### Paso 7. Procesamiento de información

- a. Una vez que se terminó con las evaluaciones de los diferentes tratamientos, se procedió a realizar la consolidación de los datos obtenidos quedando establecidos los tiempos y dosis de irradiación que nos sirvió para inhibir la plaga de las moscas de la fruta.
- b. Los datos obtenidos fueron analizados por el modelo estadístico Probit el mismo que nos dio los resultados verídicos para ser utilizados como tratamiento cuarentenario de irradiación en frutos de chirimoya.

## **2.6. Método de análisis de datos**

En la evaluación de los estados inmaduros de L1, L2, L3, se utilizó el método de la estadística inferencial, la misma que analiza cómo deducir conclusiones de la población y el nivel de fiabilidad de los resultados obtenidos. Según Berenson y Levine; La estadística Inferencial es una técnica estadística que sirve para deducir algo acerca de un grupo de datos numéricos (población), eligiendo un grupo menor de ellos (muestra). Para la siguiente investigación se utilizó el modelo estadístico de Duncan que es muy útil para las situaciones en la que se obtiene respuestas dicotómicas que puede estar influenciada por los niveles de alguna variable independiente y es adecuada para trabajos experimentales. Con este modelo estadístico de Duncan se pudo evaluar los estados inmaduros de larva 1, larva 2, larva 3, expuestos a determinada dosis de irradiación (Gy) por un periodo de tiempo (segundos) determinado, con este modelo se pudo saber cuál es el más resistente y se pudo establecer los parámetros necesarios para decidir mediante este proceso cual fue la dosis más adecuada de irradiación y se pudo aplicar como tratamiento cuarentenario, garantizando mediante dato estadístico que es confiable utilizar dichos parámetros.

## **2.7. Aspectos éticos**

La información de los ensayos que se realizaron fueron de mucha importancia para que se pueda establecer este procedimiento como tratamiento cuarentenario para la supresión de la mosca de la fruta, por lo tanto, los datos fueron veraces y confiables para procesar los resultados obtenidos, y se dieron como aprobados y se pudieron establecer como tratamiento validado. En el proceso de investigación se mantuvo la confidencialidad y la reserva de toda la información que se recopiló y no se publicó hasta que se validó la investigación, respetando el derecho de privacidad e intimidad.

Peña (2008), estableció la dosis de irradiación mínima efectiva para la no emergencia de mosca (adulto), con las evaluaciones de 30000 individuos que genero datos confiables estadísticamente confirmándose que a 0,1 kGy no se obtiene emergencia y que las evaluaciones de calidad de la fruta no presentaron ningún cambio en cuanto a los frutos (mangos) que no fueron tratados. Este es un trabajo que los investigadores realizaron respetando todos los parámetros de confidencialidad y privacidad hasta validar los datos y aprobarlos para estas dosis que quedo establecida; el aspecto ético es muy relevante en este caso porque los ensayos que se realizaron y los datos que se obtuvieron fueron los que respaldaban la investigación y no se adultero ningún parámetro en el procedimiento realizado.

En este caso la privacidad de la información que se manejó es muy importante ya que los datos que se obtuvieron solo fueron útiles para la investigación, se tuvo el mayor respeto a la propiedad intelectual que le pertenece a la institución ya que son ensayos que solo los realiza esta entidad para beneficio de toda la población involucrada. Los datos e información que se fueron recabando se mantuvieron íntegros para no alterar ninguna información que pudo perjudicar la investigación, y finalmente toda la información obtenida se utilizó con fines de investigación para realizar un buen trabajo que puede ayudar a abrir nuevos mercados a nuestros productos.

### III. RESULTADOS

Eliminación del riesgo de infestación de los estados inmaduros de la plaga de moscas de la fruta con una dosis efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> de 100 Gy

La dosis mínima encontrada para la no emergencia de mosca adulta es de 100 Gy (0,10 kGy) para fruto fresco de mango variedad Haden, en la investigación realizada por Peña (2008). En el caso de Toledo y Bustos (2001) se encontró que con 85 Gy (0.085 kGy) se inhibió la emergencia de adultos la cual fue la dosis mínima efectiva para fruto fresco de naranjas. En la investigación realizada se encontró como dosis mínima efectiva para inhibir la emergencia de mosca adulta en frutos frescos de chirimoya en 100 Gy (0,10 kGy).

Con la finalidad de poder determinar la dosis mínima efectiva, se procedió a realizar los procedimientos de bioensayo, para lo cual se utilizó la irradiación de Co<sub>60</sub>, en las chirimoyas infestadas con los estados inmaduros de larva 1, larva 2, y larva 3 respectivamente todo este protocolo se realizó porque tenemos como referencia que utilizando 100 Gy se inhibe la emergencia de mosca adulta en algunos frutos frescos.

Los ensayos se realizaron tomando lotes determinados de chirimoya infestada mediante el método de inoculación artificial y q estas a su vez fueron irradiadas por bachts (un proceso), es decir el primer lote se irradia a 4 Gy, se procedió a evaluar los resultados obtenidos y al encontrar emergencia de moscas adultas se procedió a incrementar la dosis en 6, 8, y 10 Gy que es hasta donde se encontró emergencia de moscas, tomados estos datos y al analizarlos se decidió incrementar la dosis en 20, 60, 80 y 100 Gy, donde a partir de la dosis 20 ya no se encontró emergencia de moscas adultas, es por eso que se decide realizar la prueba confirmatoria en las dos siguientes dosis, es decir a 100 Gy como tenemos referenciados algunas investigaciones y así como lo determina los protocolos de irradiación de alimentos donde se especifica que a dosis medias podemos asegurar la no emergencia de adultos de moscas de la fruta.

Para cada dosis de irradiación en Co<sub>60</sub> se trabajó con 3 tratamientos (repeticiones) y 3 controles en los estadios de larvas 1, larvas 2 y larvas 3.

## Procedimiento del desarrollo del protocolo de irradiación.

- ❖ Se estableció la dosis mínima efectiva de irradiación de CO<sub>60</sub> para la eliminación del 100% del riesgo de infestación de los estados inmaduros de larva 1, larva 2, larva 3 de la plaga de moscas de la fruta y garantizar la producción pos cosecha de chirimoya.

Los ensayos se realizaron tomando lotes determinados de chirimoya infestada mediante el método de inoculación artificial y que estas a su vez fueron irradiadas por barchts (un proceso), es decir el primer lote se irradia a 4 Gy, se procedió a evaluar los resultados obtenidos y al encontrar emergencia de moscas adultas se procedió a incrementar la dosis en 6, 8, y 10 Gy que es hasta donde se encontró emergencia de moscas, tomados estos datos y al analizarlos se decidió incrementar la dosis en 20, 80 y 100 Gy, donde a partir de la dosis 20 ya no se encontró emergencia de moscas adultas, es por eso que se decide realizar la prueba confirmatoria en las dos siguientes dosis, es decir a 80 y 100 Gy como tenemos referenciados algunas investigaciones y así como lo determina los protocolos de irradiación de alimentos donde se especifica que a dosis medias podemos asegurar la no emergencia de adultos de moscas de la fruta.

Para cada dosis de irradiación en Co<sub>60</sub> se trabajó con 3 tratamientos (repeticiones) y 3 controles en los estadios de larvas 1, larvas 2 y larvas 3, como se muestra en los cuadros siguientes:

Tabla 3. Resultado del bioensayo de la dosis 1. (Larvas 1)

Estadio Larval Larva 1	T1		T2		T3	
	4 Gy	Control	4 Gy	Control	4 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	90	97	89	98	93	97
N° de Moscas Emergidas	8	89	11	83	12	88
% Emergencia	8.89	91.75	12.36	84.69	12.90	90.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Resultado del bioensayo de la dosis 1. (Larvas 2)

Estadio Larval Larva 2	T1		T2		T3	
	4 Gy	Control	4 Gy	Control	4 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	88	91	83	88	82	92
N° de Moscas Emergidas	11	84	7	84	6	88
% Emergencia	12.50	92.31	8.43	95.45	7.32	95.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resultado del bioensayo de la dosis 1. (Larvas 3)

Estadio Larval Larva 3	T1		T2		T3	
	4 Gy	Control	4 Gy	Control	4 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	95	97	94	94	92	96
N° de Moscas Emergidas	64	89	65	88	62	89
% Emergencia	67.37	91.75	69.15	93.62	67.39	92.71

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: T1: Tratamiento numero 1

T2: Tratamiento numero 2

T3: Tratamiento numero 3

Gy: Unidad de medida de las diferentes dosis de irradiación

Los datos mostrados en las tablas 3 a la 5, corresponden a 9 chirimoyas tratadas con la dosis de irradiación de 4 Gy y 9 chirimoyas controles sin tratamiento, se puede apreciar que hay emergencia de mosca adulta y en el estadio larval 3, que es el que mayor porcentaje de emergencia presenta, por lo tanto se puede decir que a esta dosis baja la emergencia y sobrevivencia de la plaga es posible.

Tabla 6. Resultado del bioensayo de la dosis 2. (Larvas 1)

Estadio Larval Larva 1	T1		T2		T3	
	6 Gy	Control	6 Gy	Control	6 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	74	98	89	99	78	100
N° de Moscas Emergidas	5	91	10	89	8	93
% Emergencia	6.76	92.86	11.24	89.90	10.26	93.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultado del bioensayo de la dosis 2. (Larvas 2)

Estadio Larval Larva 2	T1		T2		T3	
	6 Gy	Control	6 Gy	Control	6 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	77	97	82	94	79	92
N° de Moscas Emergidas	4	90	3	84	12	85
% Emergencia	5.19	92.78	3.66	89.36	15.19	92.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Resultado del bioensayo de la dosis 2. (Larvas 3)

Estadio Larval Larva 3	T1		T2		T3	
	6 Gy	Control	6 Gy	Control	6 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	93	95	94	96	90	96
N° de Moscas Emergidas	55	84	52	84	55	77
% Emergencia	59.14	88.42	55.32	87.50	61.11	80.21

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: T1: Tratamiento numero 1

T2: Tratamiento numero 2

T3: Tratamiento numero 3

Gy: Unidad de medida de las diferentes dosis de irradiación

Los datos mostrados en las tablas 6 a la 8, corresponden a 9 chirimoyas tratadas con la dosis de irradiación de 6 Gy y 9 chirimoyas controles sin tratamiento, se puede apreciar que hay emergencia de mosca adulta y en el estadio larval 3, que es el que mayor porcentaje de emergencia presenta, por lo tanto, se puede decir que a esta dosis baja la emergencia y sobrevivencia de la plaga es posible.

Tabla 9. Resultado del bioensayo de la dosis 3. (Larvas 1)

Estadio Larval Larva 1	T1		T2		T3	
	8 Gy	Control	8 Gy	Control	8 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	70	97	83	98	90	99
N° de Moscas Emergidas	9	89	6	84	7	86
% Emergencia	12.86	91.75	7.23	85.71	7.78	86.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resultado del bioensayo de la dosis 3. (Larvas 2)

Estadio Larval Larva 2	T1		T2		T3	
	8 Gy	Control	8 Gy	Control	8 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	74	96	95	98	89	98
N° de Moscas Emergidas	3	88	2	90	1	92
% Emergencia	4.05	91.67	2.11	91.84	1.12	93.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Resultado del bioensayo de la dosis 3. (Larvas 3)

Estadio Larval Larva 3	T1		T2		T3	
	8 Gy	Control	8 Gy	Control	8 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	94	98	87	99	89	96
N° de Moscas Emergidas	4	84	2	89	8	84
% Emergencia	4.26	85.71	2.30	89.90	8.99	87.50

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: T1: Tratamiento numero 1  
T2: Tratamiento numero 2  
T3: Tratamiento numero 3  
Gy: Unidad de medida de las diferentes dosis de irradiación

Los datos mostrados en las tablas 9 a la 11, corresponden a 9 chirimoyas tratadas con la dosis de irradiación de 8 Gy y 9 chirimoyas controles sin tratamiento, se puede apreciar que hay emergencia de mosca adulta y en el estadio larval 1, que es el que mayor porcentaje de emergencia presenta, por lo tanto se puede decir que a esta dosis baja la emergencia y sobrevivencia de la plaga es posible.

Tabla 12. Resultado del bioensayo de la dosis 4. (Larvas 1)

Estadio Larval Larva 1	T1		T2		T3	
	10 Gy	Control	10 Gy	Control	10 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	80	98	85	98	94	99
N° de Moscas Emergidas	0	87	0	81	0	90
% Emergencia	0.00	88.78	0.00	82.65	0.00	90.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resultado del bioensayo de la dosis 4. (Larvas 2)

Estadio Larval Larva 2	T1		T2		T3	
	10 Gy	Control	10 Gy	Control	10 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	70	97	78	99	72	96
N° de Moscas Emergidas	0	93	0	90	0	92
% Emergencia	0.00	95.88	0.00	90.91	0.00	95.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Resultado del bioensayo de la dosis 4. (Larvas 3)

Estadio Larval Larva 3	T1		T2		T3	
	10 Gy	Control	10 Gy	Control	10 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	85	93	88	95	87	92
N° de Moscas Emergidas	7	84	2	86	4	81
% Emergencia	8.24	90.32	2.27	90.53	4.60	88.04

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: T1: Tratamiento numero 1

T2: Tratamiento numero 2

T3: Tratamiento numero 3

Gy: Unidad de medida de las diferentes dosis de irradiación

Los datos mostrados en las tablas 12 a la 14, corresponden a 9 chirimoyas tratadas con la dosis de irradiación de 10 Gy y 9 chirimoyas controles sin tratamiento, se puede apreciar que ya no hay emergencia de mosca adulta en el estadio larval 1 y 2, sin embargo, en el tercer estadio larval todavía hay emergencia de mosca adulta, por lo tanto, se puede decir que a esta dosis la emergencia y sobrevivencia de la plaga es posible.

Tabla 15. Resultado del bioensayo de la dosis 5. (Larvas 1)

Estadio Larval Larva 1	T1		T2		T3	
	20 Gy	Control	20 Gy	Control	20 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	86	97	88	98	80	98
N° de Moscas Emergidas	0	90	0	93	0	96
% Emergencia	0.00	92.78	0.00	94.90	0.00	97.96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Resultado del bioensayo de la dosis 5. (Larvas 2)

Estadio Larval Larva 2	T1		T2		T3	
	20 Gy	Control	20 Gy	Control	20 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	87	100	84	100	84	97
N° de Moscas Emergidas	0	91	0	88	0	86
% Emergencia	0.00	91.00	0.00	88.00	0.00	88.66

Fuente: Elaboración propia

Tablas 17. Resultado del bioensayo de la dosis 5. (Larvas 3)

Estadio Larval Larva 3	T1		T2		T3	
	20 Gy	Control	20 Gy	Control	20 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	98	98	95	97	97	94
N° de Moscas Emergidas	0	87	0	90	0	88
% Emergencia	0.00	88.78	0.00	92.78	0.00	93.62

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: T1: Tratamiento numero 1

T2: Tratamiento numero 2

T3: Tratamiento numero 3

Gy: Unidad de medida de las diferentes dosis de irradiación

Los datos mostrados en las tablas 15 a al 17, corresponden a 9 chirimoyas tratadas con la dosis de irradiación de 20 Gy, y 9 chirimoyas controles sin tratamiento, se puede apreciar que ya no hay emergencia de mosca adulta en los 3 estadios larvales que fueron tratados, por lo tanto, se puede decir que a esta dosis la emergencia y sobrevivencia de la plaga no es posible. Se puede apreciar también que los frutos control presentan un promedio de emergencia del 92.05%, lo que nos dice que su emergencia está dentro de los parámetros normales (condiciones ambientales y alimentación fueron óptimas).

Tabla 18. Resultado del bioensayo de la dosis 6. (Larvas 1)

Estadio Larval Larva 1	T1		T2		T3	
	80 Gy	Control	80 Gy	Control	80 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	80	97	81	93	84	98
N° de Moscas Emergidas	0	88	0	92	0	84
% Emergencia	0.00	90.72	0.00	98.92	0.00	85.71

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Resultado del bioensayo de la dosis 6. (Larvas 2)

Estadio Larval Larva 2	T1		T2		T3	
	80 Gy	Control	80 Gy	Control	80 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	89	91	84	93	86	89
N° de Moscas Emergidas	0	82	0	81	0	82
% Emergencia	0.00	90.11	0.00	87.10	0.00	92.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resultado del bioensayo de la dosis 6. (Larvas 3)

Estadio Larval Larva 3	T1		T2		T3	
	80 Gy	Control	80 Gy	Control	80 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	98	98	97	99	95	98
N° de Moscas Emergidas	0	88	0	95	0	96
% Emergencia	0.00	89.80	0.00	95.96	0.00	97.96

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: T1: Tratamiento numero 1

T2: Tratamiento numero 2

T3: Tratamiento numero 3

Gy: Unidad de medida de las diferentes dosis de irradiación

Los datos mostrados en las tablas 18 a la 20, corresponden a 9 chirimoyas tratadas con la dosis de irradiación de 80 Gy y 9 chirimoyas controles sin tratamiento, se puede apreciar que ya no hay emergencia de mosca adulta en los 3 estadios larvales que fueron tratados, por lo tanto, se puede decir que a esta dosis la emergencia y sobrevivencia de la plaga no es posible. Se puede apreciar también que los frutos control presentan un promedio de emergencia del 92.04%, lo que nos dice que su emergencia está dentro de los parámetros normales (condiciones ambientales y alimentación fueron óptimas).

Tabla 21. Resultado del bioensayo de la dosis 7. (Larvas 1)

Estadio Larval Larva 1	T1		T2		T3	
	100 Gy	Control	100 Gy	Control	100 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	81	99	75	90	83	89
N° de Moscas Emergidas	0	88	0	80	0	87
% Emergencia	0.00	88.89	0.00	88.89	0.00	97.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Resultado del bioensayo de la dosis 7. (Larvas 2)

Estadio Larval Larva 2	T1		T2		T3	
	100 Gy	Control	100 Gy	Control	100 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	88	85	90	90	86	88
N° de Moscas Emergidas	0	80	0	80	0	83
% Emergencia	0.00	94.12	0.00	88.89	0.00	94.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Resultado del bioensayo de la dosis 7. (Larvas 3)

Estadio Larval Larva 3	T1		T2		T3	
	100 Gy	Control	100 Gy	Control	100 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	99	97	95	99	90	97
N° de Moscas Emergidas	0	88	0	87	0	88
% Emergencia	0.00	90.72	0.00	87.88	0.00	90.72

Fuente: Elaboración propia

Leyenda: T1: Tratamiento numero 1

T2: Tratamiento numero 2

T3: Tratamiento numero 3

Gy: Unidad de medida de las diferentes dosis de irradiación

Los datos mostrados en las tablas 21 a la 23, corresponden a 9 chirimoyas tratadas con la dosis de irradiación de 100 Gy y 9 chirimoyas controles sin tratamiento, se puede apreciar que ya no hay emergencia de mosca adulta en los 3 estadios larvales que fueron tratados, por lo tanto, se puede decir que a esta dosis la emergencia y sobrevivencia de la plaga no es posible. Se puede apreciar también que los frutos control presentan un promedio de emergencia del 91.35%, lo que nos dice que su emergencia está dentro de los parámetros esperados (condiciones ambientales y alimentación fueron óptimas).

Tabla 24. Resumen de los frutos tratados y sus controles

Repet.	Dosis Gy	N° Indiv.	L1 Tratado				L1 Control				L2 Tratado				L2 Control				L3 Tratad				L3 Control			
			N° Pupa	H	M	N° Sobrev.	N° Pupa	H	M	N° Sobrev.	N° Pupa	H	M	N° Sobrev.	N° Pupa	H	M	N° Sobre	N° Pupa	H	M	N° Sobre	N° Pupa	H	M	N° Sobrev.
1	4	100	90	4	4	8	97	43	46	89	88	4	7	11	91	41	43	84	95	31	33	64	97	45	44	89
2	4	100	89	5	6	11	98	51	51	102	83	5	2	7	88	42	42	84	94	33	32	65	94	45	43	88
3	4	100	93	6	6	12	97	43	45	88	82	3	3	6	92	45	43	88	92	31	31	62	96	44	45	89
1	6	100	74	2	3	5	98	44	47	91	77	1	3	4	97	43	47	90	93	26	29	55	95	40	44	84
2	6	100	89	4	6	10	99	47	42	89	82	2	1	3	94	40	44	84	94	23	29	52	96	43	41	84
3	6	100	78	5	3	8	100	43	50	93	79	5	7	12	92	45	40	85	90	30	25	55	96	37	40	77
1	8	100	70	4	5	9	97	42	47	89	74	1	2	3	96	43	45	88	94	1	3	4	98	40	44	84
2	8	100	83	2	4	6	98	50	54	104	95	1	1	2	98	43	47	90	87	1	1	2	99	45	44	89
3	8	100	90	4	3	7	99	46	40	86	89	0	1	1	98	48	44	92	89	5	3	8	96	42	42	84
1	10	100	80	0	0	0	98	41	46	87	70	0	0	0	97	45	48	93	85	3	4	7	93	41	43	84
2	10	100	85	0	0	0	98	44	37	81	78	0	0	0	99	47	43	90	88	1	1	2	95	44	42	86
3	10	100	94	0	0	0	99	43	47	90	72	0	0	0	96	44	48	92	87	3	1	4	92	40	41	81
1	20	100	86	0	0	0	97	42	48	90	87	0	0	0	100	43	48	91	98	0	0	0	98	43	44	87
2	20	100	88	0	0	0	98	44	49	93	84	0	0	0	100	43	45	88	95	0	0	0	97	44	46	90
3	20	100	80	0	0	0	98	50	46	96	84	0	0	0	97	44	42	86	97	0	0	0	94	44	44	88
1	80	100	80	0	0	0	97	40	48	88	89	0	0	0	91	40	42	82	98	0	0	0	98	43	45	88
2	80	100	81	0	0	0	93	46	47	93	84	0	0	0	93	42	39	81	97	0	0	0	99	48	47	95
3	80	100	84	0	0	0	98	43	41	84	86	0	0	0	89	40	42	82	95	0	0	0	98	48	48	96
1	100	100	81	0	0	0	99	41	47	88	88	0	0	0	85	39	41	80	99	0	0	0	97	43	45	88
2	100	100	75	0	0	0	90	48	48	96	90	0	0	0	90	40	40	80	95	0	0	0	99	45	42	87
3	100	100	83	0	0	0	89	42	47	89	86	0	0	0	88	42	41	83	90	0	0	0	97	44	44	88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 1, repetición 1

Especie	Estadio	Repet.	Dosis Gy	N° Frutos	N° Indiv. Inoculados	N° Sobrevivientes	Mortalidad Corregida
C. capitata	Larva 1	1	Control	1	100	88.8	%
		1	4	1	100	9	89.86
		1	6	1	100	8	90.99
		1	8	1	100	5	94.37
		1	10	1	100	0	100.00
		1	20	1	100	0	100.00
		1	80	1	100	0	100.00
		1	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 1, repetición 2

Repet.	Dosis Gy	N° Frutos	N° Indiv. Inoculados	N° Sobrevivientes	Mortalidad Corregida
2	Control	1	100	93.1	%
2	4	1	100	11	88.18
2	6	1	100	10	89.26
2	8	1	100	6	93.56
2	10	1	100	0	100.00
2	20	1	100	0	100.00
2	80	1	100	0	100.00
2	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 1, repetición 3

Repet.	Dosis Gy	N° Frutos	N° Indiv. Inoculados	N° Sobrevivientes	Mortalidad Corregida
3	Control	1	100	89.4	%
3	4	1	100	12	86.58
3	6	1	100	8	91.05
3	8	1	100	7	92.17
3	10	1	100	0	100.00
3	20	1	100	0	100.00
3	80	1	100	0	100.00
3	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Los datos mostrados en las tablas 25 a la 27, se puede apreciar que se tiene una sobrevivencia de mosca adulta hasta los 8Gy y el porcentaje de mortalidad es de 90.67% en promedio del estadio larval 1.

Tabla 28. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 2, repetición 1

Larva 2	1	Control	1	100	86.8	%
	2	4	1	100	11	87.33
	2	6	1	100	4	95.39
	2	8	1	100	3	96.54
	2	10	1	100	0	100.00
	2	20	1	100	0	100.00
	2	80	1	100	0	100.00
	2	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 2, repetición 2

2	Control	1	100	85.3	%
2	4	1	100	7	91.79
2	6	1	100	3	96.48
2	8	1	100	2	97.66
2	10	1	100	0	100.00
2	20	1	100	0	100.00
2	80	1	100	0	100.00
2	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 2, repetición 3

3	Control	1	100	86.9	%
3	4	1	100	12	86.19
3	6	1	100	6	93.10
3	8	1	100	1	98.85
3	10	1	100	0	100.00
3	20	1	100	0	100.00
3	80	1	100	0	100.00
3	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Los datos mostrados en las tablas 28 a la 30, se puede apreciar que se tiene una sobrevivencia de mosca adulta hasta los 8Gy y el porcentaje de mortalidad es de 93.70% en promedio del estadio larval 2.

Tabla 31. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 3, repetición 1

Larva 3	1	Control	1	100	86.3	%
	3	4	1	100	64	25.84
	3	6	1	100	55	36.27
	3	8	1	100	4	95.37
	3	10	1	100	7	91.89
	3	20	1	100	0	100.00
	3	80	1	100	0	100.00
	3	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 3, repetición 2

2	Control	1	100	88.4	%
2	4	1	100	65	26.47
2	6	1	100	52	41.18
2	8	1	100	2	97.74
2	10	1	100	2	97.74
2	20	1	100	0	100.00
2	80	1	100	0	100.00
2	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Porcentaje de mortalidad, estadio larval 3, repetición 3

3	Control	1	100	87.6	%
3	4	1	100	62	29.22
3	6	1	100	55	37.21
3	8	1	100	8	90.87
3	10	1	100	4	95.43
3	20	1	100	0	100.00
3	80	1	100	0	100.00
3	100	1	100	0	100.00

Fuente: Elaboración propia

Los datos mostrados en las tablas 31 a la 33, se puede apreciar que se tiene una sobrevivencia de mosca adulta hasta los 10 Gy y el porcentaje de mortalidad es 53.35% en promedio del estadio larval 3, en este estadio se puede apreciar que es más resistente y presenta más sobrevivencia de adultos en relación a los dos estadios anteriores. A continuación, se muestra el análisis estadístico de Duncan el cual nos da una confiabilidad del 95% del resultado obtenido.

Tabla 34. Mortalidad corregida por grupos L1

GRUPOS		A	B	C
Larva 1	Dosis Gy	Mortalidad Corregida %		
	4	89.86	88.18	86.58
	6	90.99	89.26	91.05
	8	94.37	93.56	92.17
PROMEDIO		91.74	90.33	89.93

Fuente: Elaboración propia

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de mortalidad corregida en los tres grupos?

Tabla 35. Valor de pruebas en L1

Valor prueba F	Valor P	si/no
0.36	0.71	NO

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Hipótesis

HIPÓTESIS NULA: El promedio de mortalidad en los tres grupos es igual, con el 95% de confiabilidad

HIPÓTESIS ALTERNA: Al menos un grupo de mortalidad es distinto, con el 95% de confiabilidad

Tabla 36. Duncan

DUNCAN 0,05		HDS* 6.84		
		A	B	C
	A		1.41	1.81
	B			0.40
	C			

Fuente: Elaboración propia

TODAS LAS DIFERENCIAS SON MENORES QUE HDS\*

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo A y B

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo A y C

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo B y C

**Se acepta la hipótesis nula**

## CONCLUSIÓN

Se puede apreciar que entre los tres grupos, las concentraciones de los grupos A, B y C no existen diferencias estadísticamente significativa a pesar que cuantitativamente si existe diferencias

Tabla 37. Mortalidad corregida por grupos L2

GRUPOS		A	B	C
Larva 1	Dosis Gy	Mortalidad Corregida %		
	4	87.33	91.79	86.19
	6	95.39	96.48	93.10
	8	96.54	97.66	98.85
PROMEDIO		93.09	95.31	92.71

Fuente: Elaboración propia

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de mortalidad corregida en los tres grupos?

Tabla 38. Valor de pruebas en L2

Valor prueba F	Valor P	si/no
0.36	0.71	NO

Fuente: Elaboración propia

HIPÓTESIS NULA: El promedio de mortalidad en los tres grupos es igual, con el 95% de confiabilidad

HIPÓTESIS ALTERNA: Al menos un grupo de mortalidad es distinto, con el 95% de confiabilidad

Tabla 39. Duncan

DUNCAN 0,05 HDS\* 12.53

	A	B	C
A		-2.22	0.38
B			2.60
C			

Fuente: Elaboración propia

TODAS LAS DIFERENCIAS SON MENORES QUE HDS\*

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo A y B

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo A y C

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo B y C

**Se acepta la hipótesis nula**

## CONCLUSIÓN

Se puede apreciar que entre los tres grupos, las concentraciones de los grupos A, B y C no existen diferencias estadísticamente significativa a pesar que cuantitativamente si existe diferencias

Se determinó que cualquiera de las tres concentraciones se puede usar para tener una mortalidad permisible.

Tabla 40. Mortalidad corregida por grupos L3

GRUPOS		A	B	C
Larva 1	Dosis Gy	Mortalidad Corregida %		
	4	25.84	26.47	29.22
	6	36.27	41.18	37.21
	8	95.37	97.74	90.87
	10	91.89	97.74	95.43
PROMEDIO		62.34	65.78	63.18

Fuente: Elaboración propia

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de mortalidad corregida en los tres grupos?

Tabla 41. Valor de pruebas en L3

Valor prueba F	Valor P	si/no
0.36	0.71	NO

Fuente: Elaboración propia

**HIPÓTESIS NULA:** El promedio de mortalidad en los tres grupos es igual, con el 95% de confiabilidad

**HIPÓTESIS ALTERNA:** Al menos un grupo de mortalidad es distinto, con el 95% de confiabilidad

Tabla 42. Duncan

PRUEBA DUNCAN  
0,05

HDS\* 102.45

	A	B	C	
A		-3.44	-0.84	
B			2.60	
C				

Fuente: elaboración propia

**TODAS LAS DIFERENCIAS SON MENORES QUE HDS\***

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo A y B

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo A y C

Por lo tanto no hay diferencia entre el grupo B y C

**Se acepta la hipótesis nula**

### CONCLUSIÓN

Se puede apreciar que, entre los tres grupos, las concentraciones de los grupos A, B y C no existen diferencias estadísticamente significativas a pesar que cuantitativamente si existe diferencias

## Prueba de Hipótesis

Se estableció la dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> en 100 Gy la misma que nos permitió aumentar la mortalidad y eliminar el riesgo de infestación de la plaga en sus estados inmaduros de Larva 1, Larva 2, y Larva 3.

H<sub>0</sub> No se estableció la dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> en 100 Gy la misma que no nos permitió aumentar la mortalidad y eliminar el riesgo de infestación de la plaga en sus estados inmaduros de Larva 1, Larva 2, y Larva 3.

H<sub>1</sub> Se estableció la dosis mínima efectiva de irradiación de Co<sub>60</sub> en 100 Gy la misma que nos permitió aumentar la mortalidad y eliminar el riesgo de infestación de la plaga en sus estados inmaduros de Larva 1, Larva 2, y Larva 3.

De los resultados obtenidos en los cuadros antes mencionados y obteniendo un valor aceptable y lógico para la eliminación de los estados inmaduros de la plaga de las moscas de la fruta, a una dosis mínima de 100 Gy que nos garantiza la no emergencia de moscas adultas, es que se rechaza H<sub>0</sub>. Y se acepta H<sub>1</sub>.

Características organolépticas de calidad de la fruta fresca de chirimoya no sufrieron alteración alguna al ser expuestas a la dosis óptima de irradiación de Co<sub>60</sub> de 100 Gy.

La dosis mínima encontrada para la no emergencia de mosca adulta es de 100 Gy (0,10 kGy) para fruto fresco de mango variedad Haden, la misma que no generó ningún cambio en las características organolépticas de calidad de la fruta, en la investigación realizada por Peña (2008). En el caso de Hernández (2009) la dosis mínima encontrada de 150 Gy (0,15 kGy) aumentó la mortalidad de las larvas de moscas de la fruta, la misma que no influye en la calidad de sus frutos y sus características organolépticas no presentaron cambios. Con la finalidad de poder determinar que la dosis mínima efectiva encontrada no presentó cambios se realizó una prueba sensorial Duo-Trio para establecer que la dosis establecida no generó cambios en la calidad de la fruta.

La prueba sensorial se realizó porque para este tipo de trabajo es la más indicada ya que podemos establecer las diferencias encontradas en las distintas muestras que se dio a los panelistas para que puedan manifestar sus características y diferencias y así poder establecer si hay cambios considerables en la calidad de la fruta (chirimoya)

- ❖ Se determinó que la dosis óptima de irradiación de CO<sub>60</sub> (100 Gy) no causó daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya.

Los resultados de las características organolépticas de olor, color, y sabor se determinaron y evaluaron con el estadístico de Chi-Cuadrada (X<sup>2</sup>) aplicada al Duo-Trio, el mismo que nos demostró que no existe diferencia de los frutos tratados a la dosis efectiva de 100 Gy, frente a la fruta control o testigo, la misma que no fue irradiada.

- Los resultados de la evaluación sensorial de olor de la muestra irradiada a la dosis de 100 Gy se muestran en la tabla 43.

**Tabla 43. Evaluación sensorial del parámetro olor a dosis efectiva de 100 Gy**

Participantes	No Irradiado R (Referencia)	Irradiado (100 Gy)	No Irradiado
4	R=No irradiado	Hay diferencia en cuanto a R	
11	R= Irradiado =no Irradiado	No hay diferencia frente a R	No hay diferencia frente a R

Fuente: Elaboración propia

#### Prueba de Hipótesis

Se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> de 100 Gy no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya.

H<sub>0</sub> No se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya (olor).

H<sub>1</sub> Se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya (olor)

- ❖ Elección del nivel de significancia: Igual a 0,05
- ❖ Tipo de prueba de hipótesis: Chi – cuadrada (X<sup>2</sup>).
- ❖ Criterio de decisión:
  - Es aceptable H<sub>0</sub> Si X<sup>2</sup> calculado =<0,8445.
  - Es rechazada H<sub>1</sub> Si X<sup>2</sup> calculado > 0,8445.
- ❖ Prueba estadística:
  - Cálculo de los valores esperados (ei).  

$$e_i = n p_i = 15 \times 0,5 = 7,5$$

El valor de 7,5 es el mismo para las dos clases, por tener ambas clases la misma probabilidad de ocurrencia.

A los valores reales o resultados de la evaluación se les denomina “Valore Observado” (O<sub>i</sub>), dónde:

$O_i = O_1 = 4$  \_ Presenta diferencia.

$O_i = O_2 = 11$  \_ No presenta diferencia.

Cálculo de  $X^2$ :

$$X^2 = \frac{((O_1 - 7,5) - 0,5)^2}{7,5} + \frac{((O_2 - 7,5) - 0,5)^2}{7,5} = 2,13 + 1,2$$

$$X^2 = 3,33$$

Del resultado obtenido podemos decir que a un valor de 0,05 se rechaza  $H_0$

- Los resultados de la evaluación sensorial referente al color se presentan en la tabla 44 de un lote de chirimoyas irradiadas a la dosis de 100 Gy.

**Tabla 44. Evaluación sensorial del parámetro color a dosis efectiva de 100 Gy**

Participantes	No Irradiado R (Referencia)	Irradiado (100 Gy)	No Irradiado
3	R=No irradiado	Hay diferencia en cuanto a R	
12	R= Irradiado =no Irradiado	No hay diferencia frente a R	No hay diferencia frente a R

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis

Se determinó que la dosis optima de irradiación de  $Co_{60}$  no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya.

$H_0$  No se determinó que la dosis optima de irradiación de  $Co_{60}$  no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya (color).

$H_1$  Se determinó que la dosis optima de irradiación de  $Co_{60}$  no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya (color).

- ❖ Elección del nivel de significancia: Igual a 0,05
- ❖ Tipo de prueba de hipótesis: Chi – cuadrada ( $X^2$ ).
- ❖ Criterio de decisión:
  - Es aceptable  $H_0$  Si  $X^2$  calculado  $\leq 0,8445$ .
  - Es rechazada  $H_1$  Si  $X^2$  calculado  $> 0,8445$ .
- ❖ Prueba estadística:
  - Cálculo de los valores esperados ( $e_i$ ).  
 $e_i = n p_i = 15 \times 0,5 = 7,5$   
 El valor de 7,5 será el mismo para las dos clases, por tener ambas clases la misma probabilidad de ocurrencia.

A los valores reales o resultados de la experiencia se les denomina “Valores Observados” ( $O_i$ ), dónde:

$O_i = O_1 = 3$  \_ Presenta diferencia.

$O_i = O_2 = 12$  \_ No presenta diferencia.

Cálculo de  $X^2$ :

$$X^2 = \frac{((O_1 - 7,5) - 0,5)^2}{7,5} + \frac{((O_2 - 7,5) - 0,5)^2}{7,5} = 3,33 + 2,13$$

$$X^2 = 5,46$$

Del resultado obtenido podemos decir que a un valor de 0,05 se rechaza  $H_0$

- Los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al sabor se presentan en la tabla 45 de un lote de chirimoyas irradiadas a la dosis de 100 Gy.

**Tabla 45. Evaluación sensorial del parámetro sabor a dosis efectiva de 100 Gy**

Participantes	No Irradiado R (Referencia)	Irradiado (100 Gy)	No Irradiado
5	R=No irradiado	Hay diferencia en cuanto a R	
10	R= Irradiado =no Irradiado	No hay diferencia frente a R	No hay diferencia frente a R

Fuente: Elaboración propia

## Prueba de Hipótesis

Se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya.

H<sub>0</sub> No se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya (sabor).

H<sub>1</sub> Se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya (sabor).

❖ Elección del nivel de significancia: Igual a 0,05

❖ Tipo de prueba de hipótesis: Chi – cuadrada (X<sup>2</sup>).

❖ Criterio de decisión:

- Es aceptable H<sub>0</sub> Si X<sup>2</sup> calculado ≤ 0,8445.
- Es rechazada H<sub>1</sub> Si X<sup>2</sup> calculado > 0,8445.

❖ Prueba estadística:

- Cálculo los valores esperados (e<sub>i</sub>).

$$e_i = n p_i = 15 \times 0,5 = 7,5$$

El resultado de 7,5 será el mismo para las dos clases, por tener ambas clases la misma probabilidad de ocurrencia.

A los valores reales o resultados de la experiencia se les denomina “Valores Observados” (O<sub>i</sub>), dónde:

O<sub>i</sub> = O<sub>1</sub> = 5 \_ Hay diferencia.

O<sub>i</sub> = O<sub>2</sub> = 10 \_ No hay diferencia.

Cálculo de X<sup>2</sup>:

$$X^2 = \frac{((O_1 - 7,5) - 0,5)^2}{7,5} + \frac{((O_2 - 7,5) - 0,5)^2}{7,5} = 1,2 + 0,53$$

$$X^2 = 1,73$$

Del resultado obtenido podemos decir que a un valor de 0,05 se rechaza H<sub>0</sub>

## Prueba de Hipótesis

Se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> de 100 Gy no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya.

H<sub>0</sub> No se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya.

H<sub>1</sub> Se determinó que la dosis optima de irradiación de Co<sub>60</sub> no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya.

Del procedimiento realizado y del resultado que se obtuvo se puede decir que a un valor de 0,05 se rechaza H<sub>0</sub>. Y se acepta H<sub>1</sub>.

#### IV. DISCUSIÓN

No se descubrió bibliografías de ensayos efectuados para establecer dosis de irradiación para la supresión de la plaga de moscas de la fruta en chirimoya, en consecuencia ante la falta de testimonios, Guy J. Hallman (1999) en “Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies”, selecciona conclusiones de investigaciones elaborados por distintos expertos que no han sido publicados, como: Mansour y Franz (1996) Revelaron que a 40 Gy suministrados a larvas del tercer estadio no impide la pupación aunque no emergieron adultos.

Raga 1990-1996, desarrolló larvas en un alimento (dieta) artificial para luego inocularlas en naranjas, mangos para ser tratados (irradiados) a 30 – 40 Gy (1.8 Gy/min) no se encontró eclosión de larvas, lo mismo sucedió con la emergencia de adultos, en cuanto que el 92 – 98% del testigo si lo hubo, la crianza de larvas en un alimento (dieta) artificial para la inoculación en la fruta previo a ser tratadas, fue reproducido las condiciones de campo y la validez de esta técnica debería ser verificada antes de ser usada para desarrollar un tratamiento cuarentenario. Artur y col. 1993, encontró que 40 Gy suministrados a frutos (mangos) infestados con larvas de 7 días de edad evitan la emergencia de adultos. La emergencia de adultos de tercer estadio irradiadas en un lote de melocotón, fue 83% para el control, 5 % a 25 Gy y 0% mayor igual 50 Gy; los porcentajes están basados en la formación de pupa (un total de 90 en el control), mientras que el número de larvas no se reportaron. A 0,16 Gy/s, la emergencia de adultos basado en un estimado de 45 larvas totales por dosis, en el mismo tipo de experimento fue: 3% para el control, 4 % a 25 Gy, y 0% mayor igual a 50 Gy.

5 de 106100 larvas del tercer estadio en frutos irradiados con 150 Gy (0,23 Gy/s) sobrevivieron al estado adulto en México (Bustos y col. 1992). Sin embargo, todos los 5 sobrevivientes sucedieron dentro de los primeros 5300 larvas testeadas (prueba de laboratorio); no ocurrió ninguno en el resto de las más de 100000 larvas irradiadas (prueba confirmatoria) estos resultados nos señalan que los dos experimentos pueden haber sido manejadas de forma diferente con la prueba de laboratorio favoreciendo la supervivencia. Así mismo, la data de la dosis respuesta de los ensayos (prueba de laboratorio) mostró que el nivel de emergencia de adultos permaneció estable entre 0.09–0.16% de 80 a 150 Gy declinando gradualmente conforme se incrementa la dosis.

Este modelo de vínculo entre dosis y respuesta es ejemplo de una población mixta donde gran cantidad de individuos son significativamente más resistentes a la irradiación que el resto.

Mansour y Franz (1996) indicaron la no emergencia de adultos de más de 100000 larvas del tercer estadio irradiadas al aire con 40 Gy (0,07 Gy/s). Las larvas de la mosca de la fruta irradiadas en aire pueden ser menos tolerantes que aquellas irradiadas en frutas debido a los niveles bajos de oxígeno dentro de las frutas y posiblemente otros factores.

Todos los datos referenciados son muy semejantes con los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que la dosis mínima efectiva hallada es de 100 Gy, como se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 46. Dosis de Irradiación

Estadio Larval Larva 3	DOSIS 1		DOSIS 2		DOSIS 3	
	4 Gy	Control	6 Gy	Control	8 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	806	850	756	867	771	879
N° de Moscas Emergidas	184	782	204	777	42	786
% Emergencia	22.83	92.00	26.98	89.62	5.45	89.42

Estadio Larval Larva 3	DOSIS 4		DOSIS 5		DOSIS 6		DOSIS 7	
	10 Gy	Control	20 Gy	Control	80 Gy	Control	100 Gy	Control
N° de Pupas Colectadas	739	867	799	879	794	856	787	834
N° de Moscas Emergidas	13	784	0	809	0	788	0	761
% Emergencia	1.76	90.43	0.00	92.04	0.00	92.06	0.00	91.25

Fuente: Elaboración propia

Una amplia variedad de reportes referentes a las evoluciones de las larvas de mosca de la fruta frente a la irradiación, se pueden tomar como interpretaciones de seguridad cuarentenaria ya que se pueden basar en la prevención de sobrevivencia (emergencia) de mosca adulta, se puede decir que a dosis muy bajas (40 Gy) y a dosis muy altas (1000 Gy), se dificulta establecer una dosis mínima universal para usarla contra esta plaga. Si

los ensayos que reportan sobrevivencia (emergencia) de adultos con 400 Gy son descartadas, se puede decir q los estudios caen en dos grupos:

- a. Los que producen dosis de seguridad cuarentenaria mayor igual a 200 Gy, y,
- b. Aquellos que implican dosis menores o iguales a 100 Gy.

A toda esta referencia cabe mencionar que el trabajo realizado determino que la dosis efectiva para inhibir la plaga de moscas de la fruta en sus estados inmaduros de larva 1, larva 2, y larva 3, es de 100 Gy, la misma que está dentro del rango estándar de seguridad cuarentenaria. Se muestra en el anexo 5 la dosis efectiva obtenida y el nivel de confianza que nos brinda.

## V. CONCLUSIONES

- Se incrementó la mortalidad de los estados inmaduros de larva 1, larva 2, y larva 3 de las moscas de la fruta (*Ceratitis Capitata*) aplicando tratamiento de irradiación de Co<sub>60</sub>, el mismo que certifico la no emergencia de mosca adulta.
- Se estableció la dosis mínima efectiva de Irradiación de Co<sub>60</sub> en 100 Gray (Gy), la cual nos permitió garantizar la eliminación de los estados inmaduros de larva 1, larva 2, larva 3, de la mosca de la fruta "*Ceratitis Capitata*"
- Se determinó que la dosis óptima encontrada (100 Gy) no causa daños a las características organolépticas (olor, color y sabor) de calidad de la fruta fresca de chirimoya.
- La irradiación de chirimoya como tratamiento cuarentenario es una alternativa viable, ya que la dosis utilizada no presenta cambios en las características de calidad ya que es este método se realiza en la post cosecha de la fruta.
- La presente investigación puede representar un impacto favorable en la economía de los productores de estas frutas, así mismo representa un bienestar en la salud de los usuarios por la utilización de un proceso que es cuidadoso con el medio ambiente y que a su vez no es un producto tóxico, por lo tanto, no deja ningún tipo de residuos peligrosos, garantizando así un alimento seguro a los consumidores.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Continuar con este procedimiento para establecer nuevas dosis efectivas de irradiación para diferentes frutos frescos que puedan representar ganancias significativas para los productores.
- Promover el uso de la irradiación como tratamiento cuarentenario en frutas frescas, como una tecnología limpia que no contamina el medio ambiente ni altera las características de calidad de la fruta
- Seguir con este estudio (para diferentes frutos) porque muestra una factibilidad al 100% y nos garantiza que no hay ninguna emergencia de mosca adulta.
- Dar capacitaciones sobre este tema a los colaboradores del SENASA en su totalidad y público en general para que tengan conocimiento de lo que se está realizando con miras a una mejora continua de estos procedimientos.

Concientizar a los productores, comercializadores y exportadores que este tratamiento es inocuo al ser humano y que no representa ningún daño a los frutos.

## REFERENCIAS

- Alama, D. (1989). *Efectos de la Irradiación en el control de Ceratitis capitata, sobre frutos de mango variedad Haden*. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Biología, Lima.
- Bustos, R. (1987). *Aplicación de la irradiación para la desinfección de mango (Mangúifera indica L.) Kent y naranja (Citrus sinenses O.)*. Tesis de Maestría en Industrialización de Frutas, Escuela Nacional de Fruticultura, Comisión Nacional de Frutas, Valencia. México.
- Casimiro, G. (1995). *Irradiación de mangos infestados con Anastrepha ludens (Diptero: Tephritidae) como tratamiento cuarentenario*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas, México.
- Cova, M. (2014). *Tratamiento de miel con radiación ionizante, efectos sobre ciertos atributos de calidad a lo largo de su vida útil que pueden ser susceptibles de cambios químicos por irradiación*. Tesis de Magíster en Calidad Industrial, Universidad Nacional de San Martín, Argentina.
- Hernández, A. (2009). *Irradiación gamma como tratamiento cuarentenario en frutos de guayaba (Psidium guajava L.) y los cambios en su calidad*. Tesis de Magíste en Calidad Agroindustrial, Universidad Aautónoma Chapingo, México.
- Hernández, F. (2016). *Etapas de la erradicación y manejo integrado de la mosca de la fruta (Ceratitis capitata Wied) en la región Ica*. Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú.
- Hernández, S. (2016). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). España: Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill 6ta Edición.
- IPEN. (2018). *Instituto Peruano de Energía Nuclear*. Obtenido de Irradiación de Alimentos: <http://www.ipen.gob.pe>

- Iturbe, J., & López, B. (Junio de 2004). *Irradiación de alimentos. Uso benéfico y poco comprendido de la irradiación*. Obtenido de <https://tinyurl.com/y96zgvgb>
- Iturbe, J., & López, B. (2004). *Irradiación de alimentos*. Obtenido de Uso benéfico y poco comprendido de la irradiación: <https://tinyurl.com/y96zgvgb>.
- Lopes, A. (2014). *Aplicación de las radiaciones ionizantes para la preservación de alimentos: efectos de la irradiación gamma y de electrones en los parámetros físico – químicos de la castaña*. . Tesis doctoral, Universidad de Salamanca, Salamanca. España.
- Malca, J. (2015). *Análisis y propuesta de mejora del tratamiento hidrotérmico del mango en el Perú*. Tesis de Grdo para optar el título de Ingeniería Mecánico – Eléctrico, Universidad de Piura, Piura. Perú.
- ODEPA. (2013). *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias*. Obtenido de Uso de irradiación como elemento de mejoramiento de la inocuidad alimentaria: <https://www.odepa.gob.cl>
- Peña, M. (2008). *Tratamiento cuarentenario contra la mosca mediterráneo (Ceratitis capitata) en mangos variedad Haden (Manguífera índica) con irradiación gamma (Co-60)*. Tesis par optar el grado de Magíster en Ciencia de los Alimentos, Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima. Perú.
- Quinteros, R. (2012). *Evaluación de semilla de seis variedades de quinua irradiadas con tres dosis de rayos gamma de Co\_60 en condiciones controladas*. Tesis de Grado para optar el titlode Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés, San Andrés.Bolivia.
- Rivka, G., & Follet, P. (2017). *Irradiation for Quality Improvement, Microbial Safety, and Phytosanitation of Fresh Produce*. Estados Unidos: USA Academic Press.2017.304pp.

Senasa. (2015). *Control integrado de plagas de moscas de la fruta del Servicio Nacional de Sanidad Agraria*. Obtenido de <http://tinyurl.com/ycrjx9dr>

SERNAC. (2004). *Servicio Nacional del Consumidor*. Obtenido de Irradiación de Alimentos. Información al consumidor sobre el significado del tratamiento con energía ionizante: <https://www.sernac.cl/>

Toledo, A., Bustos, M., & Enkerlin, H. (1991). *Irradiación de (CO<sub>60</sub>) en frutas como tratamiento cuarentenario*. VI curso Internacional de moscas de la fruta. Programa Moscamd, Chiapas.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia lógica

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variabes e indicadores	Población Muestra	Diseño	Técnicas Instrumento recolección de datos	Método de análisis de datos
"Aumento de la mortalidad de la fruta de la mosca de la producción de chirimoya mediante tratamiento de irradiación de CO_60"	<b>Pregunta general</b> ¿Cuánto incrementa la mortalidad de la mosca de la fruta en sus estados inmaduros de larva 1, larva 2, larva 3 aplicando tratamiento de irradiación de Co_60 y garantizar el 100 % de efectividad del tratamiento para inhibir el desarrollo de la plaga?	<b>Objetivo general</b> Incrementar la mortalidad de la plaga de la mosca de la fruta en sus estados inmaduros de huevo, larva 1, larva 2, larva 3 aplicando el tratamiento de irradiación de Co_60 y garantizar el 100% de efectividad del tratamiento para inhibir el desarrollo de la plaga.	<b>Hipótesis general</b> La dosis mínima efectiva de irradiación de Co_60 en 100 Gy la misma que incrementa la mortalidad y garantiza la eliminación del riesgo de infestación de la plaga en sus estados inmaduros de Larva 1, Larva 2, y Larva 3.	Variable dependiente "Mortalidad de las larvas de la fruta"  Dimensiones Larvas 1 Larvas 2 Larvas 3  Indicadores  Porcentaje de sobrevivencia de individuos	La población objeto de estudio o unidad de análisis es las larvas de las moscas de fruta "Ceratitis capitata". Para el presente trabajo de investigación la población es igual a la muestra, y se utilizaran 12,600 larvas para los diferentes ensayos.	Tipo de investigación  Cuantitativa  Nivel de investigación  Descriptiva  Diseño de Investigación  Experimental	Técnica de recojo de información  Observación estructurada.  Instrumento de recojo de información  Guía de observación  Se utilizarán los siguientes registros	Se utilizará el método de la estadística inferencial. Para el presente trabajo de investigación e utilizara el modelo estadístico de Duncan.
	<b>Preguntas específicas</b> ¿Qué dosis mínima efectiva de irradiación de Co_60 es suficiente para eliminar el 100% del riesgo de infestación de los estados inmaduros (larva 1, larva 2 larva 3) de la plaga de la mosca de la fruta?  ¿Qué efectos causa la dosis óptima determinada de irradiación de Co_60 sobre la calidad del 100% de la fruta?	<b>Objetivos específicos</b> Establecer la dosis minina efectiva de irradiación de CO_60 para la eliminación del 100% del riesgo de infestación de los estados inmaduros de larva 1, larva 2, larva 3 de la plaga de moscas de la fruta y garantizar la producción pos cosecha de chirimoya.  Determinar que la dosis óptima de irradiación de CO_60 no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya y así poder abrir nuevos mercados para la exportación de nuestros productos.	<b>Hipótesis específicas</b> La dosis mínima efectiva de irradiación de Co_60 necesaria para conseguir eliminar el riesgo de infestación de la plaga de moscas de la fruta en sus estados inmaduros (larva 1, larva 2, larva 3), y así garantizar la producción poscosecha de chirimoya..  Se determinó que la dosis optima de irradiación de CO_60 no causa daños en las características organolépticas de calidad del 100% de la fruta fresca de chirimoya y así poder abrir nuevos mercados para la exportación de nuevos productos.	Variable independiente "Irradiación de CO_60 como variable independiente"  Dimensiones  Tiempo de exposición  Dosis de radiación  Indicadores  Segundos  Gray				

Anexo N° 2 Instrumentos de recolección de datos

A. Ficha de observación: Registro de Ensayo 02: LARVAS (PUPACIÓN). LARVA 1 TRATAMIENTO

ESPECIE *Ceratitis capitata*

Fruto: Chirimoya var. Cumbe

Frutos tratados

Fecha de infestación	Estadio larval	N° Repet.	Peso (gr)	A la infestación		Fecha de tratamien.	Dosis de irradiación (Gy)	Tiempo de irradiación	Peso II (gr)	A la evaluación		Fecha de Recuperac.	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de evaluación	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de emergencia	Adultos emergidos	
				pH	Brix					pH	Brix		LV	LM			LV	LM			H	M
06/08/2018	Larva 1	1	438	4.38	17.30	09/08/2018	4	27''	407	3.88	20.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	10	90	27/08/2018	4	4
06/08/2018	Larva 1	2	449	4.42	18.20	09/08/2018	4	27''	411	3.90	20.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	11	89	27/08/2018	5	6
06/08/2018	Larva 1	3	433	4.91	15.70	09/08/2018	4	27''	400	3.89	22.30	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	7	93	27/08/2018	6	6
06/08/2018	Larva 1	1	415	5.05	15.80	09/08/2018	6	40''	380	3.88	19.30	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	26	74	27/08/2018	2	3
06/08/2018	Larva 1	2	441	4.86	16.50	09/08/2018	6	40''	402	3.99	20.10	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	11	89	27/08/2018	4	6
06/08/2018	Larva 1	3	452	4.98	17.30	09/08/2018	6	40''	422	3.77	19.50	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	22	78	27/08/2018	5	3
06/08/2018	Larva 1	1	427	4.18	18.50	09/08/2018	8	53''	392	3.69	20.10	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	30	70	27/08/2018	4	5
06/08/2018	Larva 1	2	349	4.20	19.10	09/08/2018	8	53''	417	3.81	20.30	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	17	83	27/08/2018	2	4
06/08/2018	Larva 1	3	437	4.26	18.00	09/08/2018	8	53''	403	3.85	19.70	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	10	90	27/08/2018	4	3
06/08/2018	Larva 1	1	447	4.28	19.00	09/08/2018	10	1'07''	409	3.87	20.50	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	20	80	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	2	412	4.17	18.90	09/08/2018	10	1'07''	390	3.7	20.60	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	15	85	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	3	435	4.11	20.00	09/08/2018	10	1'07''	397	3.99	21.20	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	6	94	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	1	449	4.22	19.60	09/08/2018	20	2'14''	418	3.79	20.80	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	14	86	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	2	435	4.67	19.30	09/08/2018	20	2'14''	404	3.80	20.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	12	88	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	3	433	4.23	19.00	09/08/2018	20	2'14''	401	3.79	20.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	20	80	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	1	457	4.31	19.70	09/08/2018	80	8'56''	425	3.95	20.70	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	20	80	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	2	451	4.32	19.30	09/08/2018	80	8'56''	419	4.01	20.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	19	81	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	3	513	4.29	19.70	09/08/2018	80	8'56''	480	4.09	20.70	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	16	84	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	1	447	4.50	18.90	09/08/2018	100	11'10''	416	3.93	20.80	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	19	81	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	2	475	4.49	19.80	09/08/2018	100	11'10''	442	4.00	20.10	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	25	75	27/08/2018	0	0
06/08/2018	Larva 1	3	520	4.41	19.70	09/08/2018	100	11'10''	448	3.99	19.90	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	17	83	27/08/2018	0	0

Ficha de observación: Registro de Ensayo 02: LARVAS (PUPACIÓN). LARVA 1 CONTROL

ESPECIE <i>Ceratitis capitata</i>		Fruto: Chirimoya var. Cumbe																				
Frutos Control																						
Fecha de Infestacion	Estadio larval	N° Repet.	Peso (gr)	A la infestacion		Fecha de tratamien	Dosis de irradiación (Gy)	Tiempo de irradiación	Peso II (gr)	A la evaluación		Fecha de Recuperac.	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de evaluación	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de emergencia	Adultos emergidos	
				pH	Brix					pH	Brix		LV	LM			LV	LM			H	M
06/08/2018	Larva 1	1	320	4.22	18.90	09/08/2018	4	Control	290	3.90	20.20	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	3	97	27/08/2018	43	46
06/08/2018	Larva 1	2	292	4.39	19.30	09/08/2018	4	Control	259	3.77	21.30	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	51	51
06/08/2018	Larva 1	3	338	4.29	20.20	09/08/2018	4	Control	300	3.89	21.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	3	97	27/08/2018	43	45
06/08/2018	Larva 1	1	315	4.13	18.60	09/08/2018	6	Control	280	3.85	19.70	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	44	47
06/08/2018	Larva 1	2	311	4.17	19.00	09/08/2018	6	Control	276	3.93	20.00	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	1	99	27/08/2018	47	42
06/08/2018	Larva 1	3	319	4.20	18.80	09/08/2018	6	Control	282	3.84	19.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	100	27/08/2018	43	50
06/08/2018	Larva 1	1	283	4.60	19.10	09/08/2018	8	Control	250	3.40	20.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	3	97	27/08/2018	42	47
06/08/2018	Larva 1	2	299	4.39	18.90	09/08/2018	8	Control	268	3.99	19.80	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	50	54
06/08/2018	Larva 1	3	301	4.29	20.30	09/08/2018	8	Control	273	4.02	21.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	1	99	27/08/2018	46	40
06/08/2018	Larva 1	1	298	4.25	19.30	09/08/2018	10	Control	266	3.79	20.30	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	41	46
06/08/2018	Larva 1	2	309	4.17	18.90	09/08/2018	10	Control	281	4.09	19.90	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	44	37
06/08/2018	Larva 1	3	313	4.20	19.20	09/08/2018	10	Control	275	3.90	20.40	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	1	99	27/08/2018	43	47
06/08/2018	Larva 1	1	301	4.22	18.90	09/08/2018	20	Control	267	3.91	20.10	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	3	97	27/08/2018	42	48
06/08/2018	Larva 1	2	336	4.25	19.60	09/08/2018	20	Control	288	4.00	20.30	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	44	49
06/08/2018	Larva 1	3	308	4.31	18.80	09/08/2018	20	Control	275	3.88	19.90	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	50	46
06/08/2018	Larva 1	1	467	4.3	19.40	09/08/2018	80	Control	431	3.77	21.00	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	3	97	27/08/2018	40	48
06/08/2018	Larva 1	2	469	4.29	19.11	09/08/2018	80	Control	435	3.89	20.90	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	7	93	27/08/2018	46	47
06/08/2018	Larva 1	3	463	4.30	20.10	09/08/2018	80	Control	443	3.91	19.90	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	2	98	27/08/2018	43	41
06/08/2018	Larva 1	1	403	4.25	18.00	09/08/2018	100	Control	394	4.00	18.80	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	1	99	27/08/2018	41	47
06/08/2018	Larva 1	2	443	4.19	17.40	09/08/2018	100	Control	411	4.00	18.90	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	10	90	27/08/2018	48	48
06/08/2018	Larva 1	3	449	4.23	18.10	09/08/2018	100	Control	418	3.98	18.70	12/08/2018	100	0	0	15/08/2018	0	11	89	27/08/2018	42	47

**B. Ficha de observación: Registro de Ensayo 02: LARVAS (PUPACION). LARVA 2 TRATAMIENTO**

ESPECIE *Ceratitis capitata*  
Frutos tratados

Fruto: Chirimoya var. Cumbe

Fecha de Infestacion	Estadio larval	N° Repet.	Peso I (gr)	A la infestacion		Fecha de tratamien.	Dosis de irradiación (Gy)	Tiempo de irradiación	Peso II (gr)	A la evaluación		Fecha de Recuperac.	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de evaluación	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de emergencia	Adultos emergidos	
				pH	Brix					pH	Brix		LV	LM			LV	LM			H	M
03/09/2018	Larva 2	1	488	4.19	18.30	08/09/2018	4	27"	431	3.69	21.40	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	12	88	25/09/2018	4	7
03/09/2018	Larva 2	2	511	4.17	17.60	08/09/2018	4	27"	451	3.70	20.4	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	17	83	25/09/2018	5	2
03/09/2018	Larva 2	3	500	4.25	18.20	08/09/2018	4	27"	448	3.83	21.70	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	18	82	25/09/2018	3	3
03/09/2018	Larva 2	1	475	4.22	19.10	08/09/2018	6	41"	446	3.15	20.50	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	22	77	25/09/2018	1	3
03/09/2018	Larva 2	2	469	4.27	19.20	08/09/2018	6	41"	419	4.11	19.80	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	18	82	25/09/2018	2	1
03/09/2018	Larva 2	3	495	4.27	19.00	08/09/2018	6	41"	444	4.30	20.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	21	79	25/09/2018	5	7
03/09/2018	Larva 2	1	465	4.11	18.80	08/09/2018	8	54"	410	3.55	20.50	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	26	74	25/09/2018	1	2
03/09/2018	Larva 2	2	489	4.17	18.00	08/09/2018	8	54"	437	4.00	19.60	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	5	95	25/09/2018	1	1
03/09/2018	Larva 2	3	481	4.23	19.10	08/09/2018	8	54"	422	3.91	19.80	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	11	89	25/09/2018	0	1
03/09/2018	Larva 2	1	518	4.53	20.10	08/09/2018	10	1'08"	464	3.84	21.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	30	70	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	2	514	4.33	20.40	08/09/2018	10	1'08"	450	3.72	21.30	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	22	78	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	3	503	4.51	20.80	08/09/2018	10	1'08"	450	3.90	21.40	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	28	72	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	1	470	4.68	20.10	08/09/2018	20	2'16"	420	3.50	21.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	13	87	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	2	466	4.43	19.70	08/09/2018	20	2'16"	414	3.73	20.50	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	16	84	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	3	468	4.19	18.80	08/09/2018	20	2'16"	407	3.80	19.70	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	16	84	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	1	453	4.28	17.60	08/09/2018	80	9'02"	400	3.65	19.68	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	11	89	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	2	459	4.23	16.90	08/09/2018	80	9'02"	414	3.70	19.80	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	16	84	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	3	465	4.43	16.60	08/09/2018	80	9'02"	411	3.90	19.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	14	86	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	1	491	4.58	17.10	08/09/2018	100	11'17"	440	3.94	20.20	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	12	88	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	2	472	4.61	16.90	08/09/2018	100	11'17"	414	3.89	19.90	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	10	90	25/09/2018	0	0
03/09/2018	Larva 2	3	458	4.55	16.80	08/09/2018	100	11'17"	403	3.91	20.20	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	14	86	25/09/2018	0	0

**C. Ficha de observación: Registro de Ensayo 02: LARVAS (PUPACIÓN). LARVA 2 CONTROL**

ESPECIE Ceratitis capitata  
Frutas Control

Fruto: Chirimoya var. Cumbe

Fecha de Infestacion	Estadio larval	N° Repet.	Peso I (gr)	A la infestacion		Fecha de tratamien.	Dosis de irradiación (Gy)	Tiempo de irradiación	Peso II (gr)	A la evaluación		Fecha de Recuperac.	N° Larvas		N° Fupas	Fecha de evaluación	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de emergencia	Adultos emergidos	
				pH	Brix					pH	Brix		LV	LM			LV	LM			H	M
03/09/2018	Larva 2	1	355	4.22	17.90	08/09/2018	4	Control	301	3.78	21.30	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	9	91	25/09/2018	41	43
03/09/2018	Larva 2	2	363	4.19	18.20	08/09/2018	4	Control	298	3.69	22.10	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	12	88	25/09/2018	42	42
03/09/2018	Larva 2	3	372	4.62	17.70	08/09/2018	4	Control	313	3.77	20.6	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	8	92	25/09/2018	45	43
03/09/2018	Larva 2	1	360	5.51	19.10	08/09/2018	6	Control	305	3.89	20.50	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	3	97	25/09/2018	43	47
03/09/2018	Larva 2	2	358	4.31	17.90	08/09/2018	6	Control	300	3.91	20.20	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	6	94	25/09/2018	40	44
03/09/2018	Larva 2	3	381	4.21	18.50	08/09/2018	6	Control	327	3.90	19.50	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	8	92	25/09/2018	45	40
03/09/2018	Larva 2	1	367	5.12	19.80	08/09/2018	8	Control	310	4.17	21.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	4	96	25/09/2018	43	45
03/09/2018	Larva 2	2	421	5.02	19.10	08/09/2018	8	Control	370	3.90	20.40	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	2	98	25/09/2018	43	47
03/09/2018	Larva 2	3	433	4.97	16.90	08/09/2018	8	Control	380	3.60	20.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	2	98	25/09/2018	48	44
03/09/2018	Larva 2	1	347	4.71	18.10	08/09/2018	10	Control	298	3.63	19.90	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	3	97	25/09/2018	45	48
03/09/2018	Larva 2	2	372	4.93	20.10	08/09/2018	10	Control	317	3.80	21.50	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	1	99	25/09/2018	47	43
03/09/2018	Larva 2	3	401	4.77	19.00	08/09/2018	10	Control	350	3.60	20.40	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	4	96	25/09/2018	44	48
03/09/2018	Larva 2	1	338	5.11	17.10	08/09/2018	20	Control	281	3.40	19.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	0	100	25/09/2018	43	48
03/09/2018	Larva 2	2	349	5.33	16.90	08/09/2018	20	Control	301	4.11	20.20	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	0	100	25/09/2018	43	45
03/09/2018	Larva 2	3	352	4.98	16.80	08/09/2018	20	Control	298	3.12	19.70	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	3	97	25/09/2018	44	42
03/09/2018	Larva 2	1	372	4.96	17.90	08/09/2018	80	Control	308	3.65	20.20	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	9	91	25/09/2018	40	42
03/09/2018	Larva 2	2	351	4.88	17.20	08/09/2018	80	Control	293	3.89	19.90	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	7	93	25/09/2018	42	39
03/09/2018	Larva 2	3	362	4.90	16.80	08/09/2018	80	Control	304	3.77	19.50	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	11	89	25/09/2018	40	42
03/09/2018	Larva 2	1	371	4.96	17.00	08/09/2018	100	Control	312	3.80	19.80	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	15	85	25/09/2018	39	41
03/09/2018	Larva 2	2	363	4.82	16.70	08/09/2018	100	Control	309	3.93	18.90	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	10	90	25/09/2018	40	40
03/09/2018	Larva 2	3	359	4.91	17.30	08/09/2018	100	Control	301	3.97	19.00	10/09/2018	100	0	0	13/09/2018	0	12	88	25/09/2018	42	41

### D. Ficha de observación: Registro de Ensayo 02: LARVAS (PUPACIÓN). LARVA 3 TRATAMIENTO

ESPECIE *Ceratitis capitata*

Fruto: Chirimoya var. Cumbé

Frutos tratados

Fecha de Infestacion	Estado larval	N° Repet.	Peso I (gr)	A la infestacion		Fecha de tratamien.	Dosis de irradiación (Gy)	Tiempo de irradiación	Peso II (gr)	A la evaluación		Fecha de Recuperac.	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de evaluación	N° Larvas		V* Pupas	Fecha de emergencia	Adultos emergidos	
				pH	Brix					pH	Brix		LV	LM			LV	LM			H	M
01/10/2018	Larva3	1	475	4.39	18.20	08/10/2018	4	28"	407	3.79	21.30	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	5	35	25/10/2018	31	33
01/10/2018	Larva3	2	488	4.28	17.90	08/10/2018	4	28"	410	3.88	22.40	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	6	34	25/10/2018	33	32
01/10/2018	Larva3	3	498	4.49	18.45	08/10/2018	4	28"	423	3.83	21.30	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	8	32	25/10/2018	31	31
01/10/2018	Larva3	1	465	4.63	17.20	08/10/2018	6	41"	390	3.64	19.70	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	7	33	25/10/2018	26	29
01/10/2018	Larva3	2	477	4.79	17.00	08/10/2018	6	41"	400	3.89	19.80	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	6	34	25/10/2018	23	29
01/10/2018	Larva3	3	501	4.90	16.90	08/10/2018	6	41"	420	3.77	20.20	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	10	30	25/10/2018	30	25
01/10/2018	Larva3	1	513	5.10	16.80	08/10/2018	8	55"	438	3.68	20.70	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	6	34	25/10/2018	1	3
01/10/2018	Larva3	2	478	4.80	16.60	08/10/2018	8	55"	400	3.70	19.90	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	13	37	25/10/2018	1	1
01/10/2018	Larva3	3	493	4.70	17.30	08/10/2018	8	55"	412	3.83	20.10	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	11	39	25/10/2018	5	3
01/10/2018	Larva3	1	486	4.78	17.28	08/10/2018	10	1'08"	413	3.88	20.50	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	15	35	25/10/2018	3	4
01/10/2018	Larva3	2	471	4.69	18.27	08/10/2018	10	1'08"	400	3.79	21.00	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	12	38	25/10/2018	1	1
01/10/2018	Larva3	3	482	4.74	17.93	08/10/2018	10	1'08"	404	3.91	22.00	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	13	37	25/10/2018	3	1
01/10/2018	Larva3	1	524	4.71	18.21	08/10/2018	20	2'17"	450	3.93	22.50	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	2	38	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	2	498	4.84	18.12	08/10/2018	20	2'17"	413	3.77	23.40	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	5	35	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	3	523	4.79	17.60	08/10/2018	20	2'17"	437	3.93	22.20	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	3	37	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	1	537	4.81	16.90	08/10/2018	80	9'08"	452	3.89	21.40	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	2	38	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	2	487	4.87	17.10	08/10/2018	80	9'08"	407	3.86	20.50	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	3	37	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	3	520	4.77	18.80	08/10/2018	80	9'08"	431	3.75	21.40	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	5	35	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	1	494	4.83	18.00	08/10/2018	100	11'25"	416	3.90	20.90	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	1	39	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	2	477	4.91	17.60	08/10/2018	100	11'25"	405	3.87	21.10	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	5	35	25/10/2018	0	0
01/10/2018	Larva3	3	497	4.86	17.70	08/10/2018	100	11'25"	423	3.8	22.30	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	10	30	25/10/2018	0	0

E. Ficha de observación: Registro de Ensayo 02: LARVAS (PUPACIÓN). LARVA 3 CONTROL

ESPECIE *Ceratitis capitata*

Frutos Control

Fruto: Chirimoya var. Cumbe

Fecha de Infestacion	Estadio larval	N° Repet.	Peso (gr)	A la infestacion		Fecha de tratamien.	Dosis de irradiación (Gy)	Tiempo de irradiación	Peso II (gr)	A la evaluación		Fecha de Recuperac.	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de evaluación	N° Larvas		N° Pupas	Fecha de emergencia	Adultos emergidos	
				pH	Brix					pH	Brix		LV	LM			LV	LM			H	M
01/10/2018	Larva3	1	379	4.46	17.72	08/10/2018	4	Control	303	3.95	20.30	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	3	97	25/10/2018	45	44
01/10/2018	Larva3	2	431	4.39	16.88	08/10/2018	4	Control	345	3.88	21.40	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	6	94	25/10/2018	45	43
01/10/2018	Larva3	3	368	4.36	17.50	08/10/2018	4	Control	298	3.77	20.50	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	4	96	25/10/2018	44	45
01/10/2018	Larva3	1	367	4.50	17.20	08/10/2018	6	Control	280	3.90	20.10	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	5	95	25/10/2018	40	44
01/10/2018	Larva3	2	378	4.40	16.90	08/10/2018	6	Control	296	3.80	19.90	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	4	96	25/10/2018	43	41
01/10/2018	Larva3	3	389	4.60	17.10	08/10/2018	6	Control	311	3.70	19.30	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	4	96	25/10/2018	37	40
01/10/2018	Larva3	1	435	4.37	17.80	08/10/2018	8	Control	368	3.50	19.70	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	2	98	25/10/2018	40	44
01/10/2018	Larva3	2	425	4.52	17.40	08/10/2018	8	Control	340	3.65	20.00	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	1	99	25/10/2018	45	44
01/10/2018	Larva3	3	399	4.63	17.10	08/10/2018	8	Control	318	3.88	20.30	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	4	96	25/10/2018	42	42
01/10/2018	Larva3	1	379	4.58	18.30	08/10/2018	10	Control	301	3.79	19.90	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	7	93	25/10/2018	41	43
01/10/2018	Larva3	2	421	4.44	18.10	08/10/2018	10	Control	347	3.66	21.20	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	5	95	25/10/2018	44	42
01/10/2018	Larva3	3	381	4.19	17.90	08/10/2018	10	Control	300	3.81	20.90	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	8	92	25/10/2018	40	41
01/10/2018	Larva3	1	519	4.23	17.80	08/10/2018	20	Control	337	3.92	21.00	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	2	98	25/10/2018	43	44
01/10/2018	Larva3	2	468	4.27	15.80	08/10/2018	20	Control	366	3.89	21.30	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	3	97	25/10/2018	44	46
01/10/2018	Larva3	3	428	4.33	16.90	08/10/2018	20	Control	344	3.91	22.40	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	6	94	25/10/2018	44	44
01/10/2018	Larva3	1	466	4.29	18.30	08/10/2018	80	Control	527	3.97	21.50	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	2	98	25/10/2018	43	45
01/10/2018	Larva3	2	422	4.38	17.90	08/10/2018	80	Control	539	3.93	22.10	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	1	99	25/10/2018	48	47
01/10/2018	Larva3	3	441	4.22	17.80	08/10/2018	80	Control	558	3.86	21.90	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	2	98	25/10/2018	48	48
01/10/2018	Larva3	1	457	4.19	16.90	08/10/2018	100	Control	589	3.85	22.10	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	3	97	25/10/2018	43	45
01/10/2018	Larva3	2	453	4.49	18.20	08/10/2018	100	Control	373	3.88	23.10	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	1	99	25/10/2018	45	42
01/10/2018	Larva3	3	449	4.39	17.90	08/10/2018	100	Control	364	3.79	22.00	10/10/2018	100	0	0	13/10/2018	0	3	97	25/10/2018	44	44

### Anexo 3. Validación de los instrumentos de recolección de datos

#### A. Validación Ingeniero Néstor Javier Zapata Palacios



#### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, NESTOR J. ZAPATA PALACIOS con DNI N° 02667267 Magister en INGENIERIA AMBIENTAL  
N° ANR: 35038, de profesión INGENIERO INDUSTRIAL desempeñándome actualmente como DOCENTE en UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: Registro de Ensayo 02 : LARVAS Y/O PUPAS.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Registro de Ensayo 02: Larvas y/o pupas.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia			X		
8. Coherencia				X	
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 8 días del mes de julio del Dos mil Dieciocho.

Mgtr. : INGENIERA AMBIENTAL  
DNI : 02667267  
Especialidad : INGENIERIA INDUSTRIAL  
E-mail : njzapata@gmail.com



.....  
**Dr. Néstor Javier Zapata Palacios**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP: 35038  
2da. ESPECIALIDAD EN AGROINDUSTRIA  
Msc INGENIERIA AMBIENTAL

## B. Validación Ingeniero Gerardo Sosa Panta.



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Gerardo Sosa Panta con DNI N° 03591940 Magister en DOCENCIA UNIVERSITARIA  
N° ANR: 67114, de profesión INGENIERO INDUSTRIAL desempeñándome actualmente como DOCENTE en LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: Registro de Ensayo 02 : LARVAS Y/O PUPAS.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Registro de Ensayo 02: Larvas y/o pupas.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia			X		
8. Coherencia				X	
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 8 días del mes de julio del Dos mil Dieciocho.



\*\*\*\*\*  
Mg. Gerardo Sosa Panta  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP 67114

Mgtr. : Ing° Gerardo Sosa Panta  
DNI : 03591940  
Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL  
E-mail : GerardoSosaPanta@gmail.com

### C. Validación Ingeniero Bernardo Saba Flores



#### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, BERNARDO SABA FLORES con DNI N° 03 825706 Magister en DOCENCIA y GESTION EDUCACION  
 N° ANR: A 771066 de profesión INGENIERO INDUSTRIAL  
 desempeñándome actualmente como DOCENTE  
 en INSTITUTO DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLÓGICO PÚBLICO "24 DE JULIO"

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: Registro de Ensayo 02 : LARVAS Y/O PUPAS.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Registro de Ensayo 02: Larvas y/o pupas.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 8 días del mes de julio del Dos mil dieciocho.

  
Bernardo Saba Flores  
Ingeniero Industrial

del Colegio de Ingenieros N° 40294

Mgtr.

: BERNARDO SABA FLORES

DNI

: 03825706

Especialidad

: INGENIERIA INDUSTRIAL

E-mail

: bernardosabaflores@gmail.com.

**Anexo 3.1. Confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos**  
**A. Licencia de Operación del Irradiador**

	<b>Oficina Técnica de la Autoridad Nacional</b>	
<b>Licencia de Operación</b>		
Licencia N° 4201.A6 Expediente N° 955-18-OTAN Resolución N° 643-18 -IPEN/OTAN Vencimiento: 26/02/2021		
Titular de la Licencia	<b>SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA - SENASA</b>	
Dirección Legal	<b>AV. LA MOLINA N° 1915, LA MOLINA, LIMA, LIMA</b>	
Práctica	<b>IRRADIACIÓN CON EQUIPO AUTOBLINDADO</b>	
Fuente de Radiación	<b>COBALTO 60, CESIO 137</b>	
Ubicación de la instalación	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA - UNIDAD DE CENTROS DE PRODUCCION DE MOSCAS DE LA FRUTA - JR. MONITOR HUASCAR S/N URB. LA ALBORADA, CASTILLA, PIURA, PIURA</b>	
<p>La Licencia es otorgada, conforme a lo establecido en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley N° 28028, aprobado por Decreto Supremo N° 039-2008-EM, bajo las Condiciones y Límites de la Licencia, que integran la misma y que son de cumplimiento obligatorio del Titular.</p>		
<p>Exhibir la presente autorización en lugar visible al público.</p>		
<b>Lima, 01 de Marzo de 2018</b>		
 <b>Cristian Paul Tataje Hernández</b> Director		
<b>Oficina Técnica de la Autoridad Nacional</b>		

## B. Límites y condiciones de la licencia de operación



**IPEN**  
INSTITUTO PERUANO  
DE ENERGÍA NUCLEAR

Telefono : 463-1170 / 463-1171  
 Fax : 463-1166  
 Dirección : Justo Vigil 456 - Magdalena del Mar  
 e-mail : ctan@ipen.gob.pe  
 URL : http://www.ipen.gob.pe

Oficina Técnica de la Autoridad Nacional

**LIMITES Y CONDICIONES DE LA LICENCIA DE OPERACIÓN**

Licencia No.  
**4201.A6**

**I. DATOS DEL USUARIO**

1. El Titular de la Licencia de Operación es:

**SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA - SENASA**

2. La dirección legal es:  
 Dirección : Av. La Molina 1915  
 Distrito : La Molina  
 Provincia : Lima  
 Región : Lima  
 Teléfono : 313-3300 (1142, 1122) / 313-3305 (fax)

La ubicación de la instalación donde opera el equipo es:  
 Dirección : Universidad Nacional de Piura - Unidad de Centros de Producción de Moscas de la Fruta  
 Jr. Monitor S/N - Urb. La Alborada  
 Distrito : Castilla  
 Provincia : Piura  
 Región : Piura

**II. DE LA PRÁCTICA AUTORIZADA**

3. La actividad autorizada por la presente licencia es irradiación con equipo autoblandado

**III. DATOS DE LAS FUENTES**

4. Los irradiadores autorizados son:

EQUIPOS			FUENTES		
Marcas	Modelo	No. Serie	Radioisótopos, Actividad a la fecha <sup>(1)</sup>	Modelo	No. Serie
J.L. SHEPHERD & ASSOCIATES	10968	3041	12 Cápsulas de <sup>60</sup> Co (42.36 TBq)	JLS-7810	JLS-10231-1
					JLS-10231-2
					JLS-10231-3
					JLS-10231-4
					JLS-10231-5
					JLS-10231-6
					JLS-10231-14
					JLS-10231-15
					JLS-10231-16
					JLS-10231-17
					JLS-10231-21
					JLS-10231-24
					J.L. SHEPHERD & ASSOCIATES
JLS-10231-8					
JLS-10231-9					
JLS-10231-10					
JLS-10231-11					
JLS-10231-12					
JLS-10231-13					
JLS-10231-18					
JLS-10231-19					
JLS-10231-20					
AECL	ICC	SP-5019	<sup>137</sup> Cs (200 TBq, sin fecha de referencia) <sup>(2)</sup>	---	---

<sup>(1)</sup> 27 de febrero de 2018  
<sup>(2)</sup> Dato provisto por el titular de la licencia

Febrero 2018 – SENASA – Piura

Página 1 de 3

Oficina Técnica de la Autoridad Nacional

**LIMITES Y CONDICIONES DE LA LICENCIA DE OPERACIÓN**

Licencia No.

**4201.A6**

**IV. DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS**

5. La Licencia de Operación se concede bajo las condiciones especificadas en la documentación remitida y en el presente documento, no pudiendo efectuar modificaciones sin la autorización de la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional – OTAN, y le son de aplicación las disposiciones de los Artículos 13, 14 y 76 del Reglamento de la Ley 28026, D. S. No. 039-2008-EM.
6. Las dosis de los trabajadores expuestos ocupacionalmente deben limitarse de modo que no excedan:
  - 20 mSv de dosis efectiva en un año, como promedio en 5 años
  - 50 mSv de dosis efectiva en un año, siempre que no sobrepase 100 mSv en 5 años
7. El Titular de la presente licencia es responsable de la tenencia, operación y seguridad física de los irradiadores que se autorizan.
8. El Titular está en la obligación de informar a la Autoridad Nacional en forma anticipada si es que la entidad va a dejar de operar algún irradiador, va a cesar sus operaciones o cualquier otra circunstancia que pueda afectar la seguridad y cuidado de los irradiadores.
9. El Titular está obligado a informar a la OTAN cada vez que se pretenda efectuar el recambio de fuentes. La adquisición y recambio de fuentes debe ser efectuada solo por el fabricante del irradiador debidamente autorizado si esta operación se efectúa en el país y siguiendo el procedimiento establecido en el manual del irradiador.

**V. DISPOSICIONES SOBRE SEGURIDAD RADIOLOGICA**

10. Los irradiadores deben poseer placa y marca indelible donde se especifique la marca, el modelo y número de serie del mismo, el radioisótopo, la actividad y la fecha de medición así como el símbolo de radiaciones ionizantes.
11. Los trabajos con los irradiadores deben realizarse de acuerdo a los procedimientos descritos en la documentación del usuario, la cual forma parte de la presente licencia.
12. Los irradiadores autorizados deben ser operados por personal con licencia individual específica, vigente y expedida por la OTAN, y siguiendo estrictamente las especificaciones del manual de operación.
13. El personal que opera los irradiadores, los asistentes y toda otra persona sometida a exposición ocupacional debe utilizar dosimetría de radiación externa provista por un servicio autorizado por la OTAN, cuyo recambio debe ser mensual, y debiendo mantenerse actualizado el correspondiente historial dosimétrico.
14. En forma periódica debe realizarse el monitoreo de radiación en el contorno de los ambientes donde se usan o almacenan los irradiadores, a través de un detector de radiaciones adecuado, operativo y calibrado. La calibración de los detectores debe ser realizada cada 12 meses, a través de un laboratorio o entidad autorizada, debiendo conservarse los certificados correspondientes.
15. Las pruebas de contaminación (o de hermeticidad de las fuentes radiactivas) deben realizarse cada **seis (06) meses**, debiendo mantenerse el registro que atestigüe esta prueba.
16. Se debe registrar las operaciones relativas al uso y mantenimiento de los irradiadores, la medición de los niveles de irradiación, las situaciones no usuales y accidentales que ocurran.
17. El ambiente donde se encuentran los irradiadores debe estar debidamente señalado conforme está establecido en el Artículo 26 del Reglamento de Seguridad Radiológica (D. S. No. 009-1997-EM).
18. El mantenimiento de los irradiadores debe hacerse a través de una empresa autorizada específicamente, y teniendo cuidado de no alterar el diseño de seguridad del irradiador.



Teléfono : 463-1170 / 463-1171  
Fax : 463-1166  
Dirección : Justo Vigil 456 – Magdalena del Mar  
e-mail : otan@ipen.gob.pe  
URL : http://www.ipen.gob.pe

Oficina Técnica de la Autoridad Nacional  
**LIMITES Y CONDICIONES DE LA LICENCIA DE OPERACIÓN**

Licencia No.
<b>4201.A6</b>

**VI. DE LA SEGURIDAD FISICA**

19. Se debe aplicar las medidas de seguridad física equivalentes al Nivel de Seguridad A establecido en la Norma de Seguridad SF.001.2011, "Requisitos de Seguridad Física de Fuentes Radiactivas".
20. Los medios y sistemas de seguridad física deben encontrarse adecuadamente mantenidos y ser probados periódicamente en su desempeño, debiendo registrarse dichas pruebas.
21. Las fuentes y equipos no pueden ser transferidos sin una autorización de la Oficina Técnica.
22. El personal debe estar periódicamente entrenado y capacitado en los procedimientos y manejo del sistema de seguridad física, así como en las acciones de respuesta a las alarmas de detección de intrusiones.

**VIII. DE LOS REPORTES A LA AUTORIDAD NACIONAL**

23. Los irradiadores que se declaren en desuso deberán ser devueltos al fabricante o, solo en caso debidamente justificado, ser dispuestas a la Planta de Gestión de Residuos Radiactivos del IPEN en un plazo no mayor de 90 días, luego de la declaración en desuso, debiendo informarse a la OTAN.
24. En caso de incidentes que causen o puedan causar dosis individuales mayores a 10 mSv se debe notificar a la OTAN y, paralelamente, al Servicio Nacional de Atención de Emergencias Radiológicas (Telf. 226-0030 / 226-0038 / 488-6050 / 488-5040).
25. Cuando ocurran los eventos accidentales señalados en el párrafo precedente, se deberá elaborar y remitir un informe a la OTAN, en plazo no mayor a 10 días, desde que ocurrió el evento, en donde se detalle las causas, consecuencias, medidas adoptadas para enfrentar el evento y medidas de corrección.

oooooooooooooooooooo

## C. Informe de mantenimientos



# IngeRad Service S.A.C.

SERVICIOS EN INGENIERÍA Y RADIACIONES S.A.C.

M: 011 - 11 13  
CALLAO DE - PERU  
TELEFAX: 553-2335

INSTITUTO PERUANO  
DE ENERGIA NUCLEAR  
LICENCIA N° 50993 E1

### INFORME DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

El día 12 de Setiembre del 2018, se procedió en el Laboratorio de Cría y Esterilización del SENASA- PIURA, en presencia del Ing. Monica Alburquerque Quiroz y en conocimiento del Big. Daniel Alama Mena, Director del SENASA - Piura, a realizar el Mantenimiento del Irradiador Autoblindado de Co-60 S/N: 3042 a cargo del Ing. Arturo Ramón Vicente, Representante de la Compañía INGE RAD SERVICE S.A.C. Al respecto se realizaron las siguientes acciones:

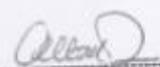
**CONTENIDO DEL SERVICIO:**

IRRADIADOR DE TIPO I Co-60/Piura (Ex Lima)		
ITEM	ESTADO	OBSERVACION
Voltaje de trabajo del freno Suministro eléctrico trifásico	90 Vdc 220 Vac, 60Hz.	
Programación del tiempo de irradiación y modos de operación del timer	Ok	
Comprobación del circuito eléctrico, bornera, cables y reles de control de sentido de giro RA y RB	Ok	
Ajuste de microswitch de limite superior e inferior y Limpieza del eje de desplazamiento	Ok	
Alineamiento de cadenas de acoplamiento y desplazamiento	Ok	
Subida y bajada del porta muestra, el gap y el cilindro	Ok	
Revisión del motor eléctrico: subida y bajada del portamuestra	Ok	
Voltaje de trabajo del timer	220Vac	
Accionamiento y Medición del transformador	Entrada/Salida:220Vac/ 110Vac.	



Ing. Arturo Ramón Vicente  
INGE RAD SERVICE S.A.



Ing. Monica Alburquerque Quiroz  
SENASA - PIURA.

MEDECINA Y LA INDUSTRIA: DISEÑO, ACONDICIONAMIENTO, CONSTRUCCIÓN Y LICENCIAMIENTO DE INSTALACIONES RADIACTIVAS, PRUEBAS DE FUGA Y GESTIÓN DE RESIDUOS  
SÓLIDOS, VIGILANCIA OPERACIONAL, CONTROL DE CALIDAD DE CURTIOS DE REVELADO, RADIOGRÁFICO, EVALUACIÓN TÉCNICA DE SEGURIDAD RADOLÓGICA, AUTORIZACIÓN  
INDICACIÓN DE INSTALACIONES, AIRE ACONDICIONADO DOMESTICO E INDUSTRIAL,  
INDUSTRIA: MANTENIMIENTO DE CALDERAS, TUBERIAS, TANQUES, MANTENIMIENTO DE IRRADIADORES INDUSTRIALES, ACCESORIOS EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS, BOMBAS  
DE SUCCIÓN, ALAMBRE, CARPINTERIA, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, VENTILADORES INDUSTRIALES, INTERCAMBIADORES DE CALOR, TORRES DE ENFRIAMIENTO,



# IngeRad Service S.A.C.

SERVICIOS EN INGENIERÍA Y RADIACIONES S.A.C.

M2 01 - LL 13  
CALLAO 06 - PERU  
TELÉFAX: 553-2226

INSTITUTO PERUANO  
DE ENERGÍA NUCLEAR  
LICENCIA N° 30085 E 1

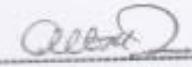
## INFORME DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

El día 12 de Setiembre del 2018, se procedió en el Laboratorio de Cría y Esterilización del SENASA- PIURA, en presencia del Ing. Monica Alburquerque Quiroz y en conocimiento del Blg. Daniel Alama Mena, Director del SENASA - Piura, a realizar el Mantenimiento del Irradiador Autoblindado de Co-60 S/N: 3041 a cargo del Ing. Arturo Ramón Vicente, Representante de la Compañía INGE RAD SERVICE S.A.C. Al respecto se realizaron las siguientes acciones:

### CONTENIDO DEL SERVICIO:

IRRADIADOR DE Co-60/Piura		
ITEM	ESTADO	OBSERVACION
Ajuste de microswitch de limite superior e inferior y limpieza del eje de desplazamiento	Ok	
Accionamiento y Verificación del transformador	Entrada:220VAC Salida: 110VAC	
Comprobación del circuito eléctrico, bornera, cables y relays	Ok	
Revisión de subida y bajada del portamuestra	Ok	
Mediciones de voltaje de freno	90Vdc	
Limpieza del porta muestra, el gap y el cilindro	Ok	
Limpieza y alineamiento de la cadena transmisora, motor y eje	Ok	
Timer: Voltaje de trabajo	220Vac	
Limpieza general	Ok	

  
Ing. Arturo Ramón Vicente  
INGE RAD SERVICE S.A.

  
Ing. Monica Alburquerque Quiroz  
SENASA - PIURA.

LA MEDICINA Y LA INDUSTRIA: DISEÑO, ACONDICIONAMIENTO, CONSTRUCCIÓN Y LICENCIAMIENTO DE INSTALACIONES RADIACTIVAS, PRUEBAS DE FUGA Y GESTIÓN DE RESIDUOS RADIACTIVOS VIGILANCIA OPERACIONAL, CONTROL DE CALIDAD DE CUARTOS DE REVELADO, RADIOGRÁFICO, EVALUACIÓN TÉCNICA DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA, AUTORIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE INSTALACIONES AIRE ACONDICIONADO DOMESTICO E INDUSTRIAL.  
LA INDUSTRIA: MANTENIMIENTO DE CALDERAS, TUBERIAS, SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE IRRADIADORES INDUSTRIALES, ASesoramientos EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS, BOMBAS DE ALTA PRESIÓN, ALUMBRADO, CARPINTERIA, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, VENTILADORES INDUSTRIALES, INTERCAMBIADORES DE CALOR, TORRES DE ENFRIAMIENTO, ETC.

## D. Certificado de calibración del lector de radiación

**IPEN**  
INSTITUTO PERUANO  
DE ENERGÍA NUCLEAR

LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIONES DOSIMÉTRICAS  
Centro Nuclear - Av. José Sacco s/n - Lima 6  
Teléfono 4885050 - 2263, 2279 // e-mail: lscd@ipen.gob.pe  
Oficina administrativa: Av. Canadá 1470 - Lima 41 // www.ipen.gob.pe  
Teléfax: 4885050 / 4885090 - 2281 // e-mail: sera@ipen.gob.pe

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Nro. cd274-2018-mdra

- 1. Cliente:** SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA - SENASA  
Av. La Molina 1915 - Lima 12, Teléfono: 313 3300  
Ref.: Cotización Nro. 173-2018-SERV-mdra
- 2. Equipo:** Monitor de radiaciones, Tipo: Geiger Muller, Marca: SE International,  
Modelo: Ranger, Serie: 05402; Detector Interno  
Código de ingreso Nro. C241-18; Registro de calibración Nro. R274-18
- 3. Fecha de calibración:** 2018-08-06
- 4. Procedimiento:**
  - 4.1. Método:** PT-01-01-LSCD "Calibración Dosimétrica de Monitores de Radiación"
  - 4.2. Patrón de referencia:** Cámara de Ionización, Tipo: LS-01, Marca: PTW-Freiburg,  
Modelo: W32002, Serie: 0117
  - 4.3. Calidad de radiación:** S-Cs (ISO 4037-1)
  - 4.4. Condiciones ambientales:** 19,9 °C; 95,85 kPa
  - 4.5. Geometría de calibración:** El eje longitudinal del detector G.M. es paralelo al eje central del haz de radiación
  - 4.6. Punto de referencia:** El punto medio del detector G.M.
- 5. Resultado de calibración:**

Rango ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Tasa de Equivalente de Dosis Ambiental, $\dot{H}^*(10)$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	U (%)
5 a 900	Lectura x 0,986	4,8

  - La incertidumbre corresponde a un factor de cobertura  $k = 2$ , el cual proporciona un nivel de confianza del 95 %
  - El resultado presentado en este certificado es válido sólo para el equipo calibrado, y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Lima, 2018-08-07

  
Lic. Enrique Rojas Pereda  
Responsable Técnico de Metrología  
y Dosimetría de Radiaciones

Certificado Nro. cd274-2018-mdra Página 1 de 1

Prohibida su reproducción total o parcial. Si se requiere copias, solicitarlas por escrito al ente emisor.



LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIONES DOSIMÉTRICAS

Centro Nuclear - Av. José Sacco s/n - Lima 6  
Teléfono 4885050 - 2263, 2279 // e-mail: lcd@ipen.gob.pe  
Oficina administrativa: Av. Canadá 1470 - Lima 41 // www.ipen.gob.pe  
Telefax: 4885050 / 4885090 - 2281 // e-mail: sera@ipen.gob.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nro. cd202-2018-mdra

1. **Cliente:** SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA - SENASA  
Av. La Molina - Lima 12. Teléfono: 313 3300  
Ref.: Cotización Nro. 118-2018-SERV-mdra
2. **Equipo:** Monitor de radiaciones, Tipo: Geiger-Müller, Marca: SE International,  
Modelo: Ranger, Serie: 05401; Detector Interno  
Código de ingreso Nro. C178-18; Registro de calibración Nro. R202-18
3. **Fecha de calibración:** 2018-06-01
4. **Procedimiento:**
  - 4.1. **Método:** PT-01-01-LSCD "Calibración Dosimétrica de Monitores de Radiación"
  - 4.2. **Patrón de referencia:** Cámara de Ionización, Tipo: LS-01, Marca: PTW-Freiburg,  
Modelo: W32002, Serie: 0117
  - 4.3. **Calidad de radiación:** S-Cs (ISO 4037-1)
  - 4.4. **Condiciones ambientales:** 20,5 °C; 95,79 kPa
  - 4.5. **Geometría de calibración:** El eje longitudinal del detector G.M. es paralelo al eje central del haz de radiación
  - 4.6. **Punto de referencia:** El punto medio del detector G.M.
5. **Resultado de calibración:**

Rango ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Tasa de Equivalente de Dosis Ambiental, $\dot{H}^*(10)$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	U (%)
5 a 1000	Lectura x 0,939	4,7

- La incertidumbre corresponde a un factor de cobertura  $k = 2$ , el cual proporciona un nivel de confianza del 95 %
- El resultado presentado en este certificado es válido sólo para el equipo calibrado, y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones

Lima, 2018-06-04



*Enrique Rojas Pereda*  
Responsable Técnico de Metrología  
y Dosimetría de Radiaciones

Certificado Nro. cd202-2018-mdra

Página 1 de 1

Prohibida su reproducción total o parcial. Si se requiere copias, solicitarlas por escrito al ente emisor.