



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA IRRADIACIÓN EN EL
CONTENIDO DE VITAMINA C EN *Musa
paradisíaca* IRRADIADA CON UNA FUENTE DE COBALTO 60 ”.**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado para optar por el grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: ITALO FRANCISCO FREIRE RENDÓN

DIRECTOR: Dr. PhD. FABIAN ERNESTO ARIAS ARIAS.

Riobamba-Ecuador

2019

©2019, Italo Francisco Freire Rendón

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo Trabajo experimental “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA IRRADIACIÓN EN EL CONTENIDO DE VITAMINA C EN *Musa paradisiaca* IRRADIADA CON UNA FUENTE DE COBALTO 60 ”., de responsabilidad del Señor Italo Francisco Freire Rendón, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Edmundo Caluña

Presidente del Tribunal

Dr. PhD. Fabián Ernesto Arias

**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Dr. PhD. Talía Tene

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Italo Francisco Freire Rendón, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Italo Francisco Freire Rendón

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios y a San Juan Bautista y haberme dado la fuerza y valor para cumplir mis metas profesionales. Para mis padres y hermanos por el apoyo incondicional brindado durante toda mi carrera universitaria. A mi hijo por darme la impulso para seguir adelante y ser un ejemplo para él. A mi Novia de quien he aprendido a ser cada día mejor persona y estudiante.

Italo

AGRADECIMIENTO

De todo corazón Agradezco a Dios todo poderoso y a San Juan Bautista patrono de Mocha por haberme guiado y confortado en los momentos de debilidad y fracasos a lo largo de mi carrera.

A mis padres Juan y Fanny quienes con mucho esfuerzo han logrado que culmine una meta más en mi vida. A mi hermano Klever por ser mi apoyo, guía y ejemplo a seguir. A mi hermano Marcelo por ser mi apoyo y por abrirme horizontes profesionales. A mi Cuñada Taty quien ha contribuido a aclarar mis horizontes profesionales.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por la oportunidad de formarme como Bioquímico Farmacéutico. A mi tutor de Tesis el Dr. Fabián Arias y a mi Colaboradora de este trabajo de titulación, la Dra. Talia Tene por compartirme sus valiosos conocimientos, experiencias, motivaciones y amistad, además de su apoyo incondicional en la realización de este estudio científico. Al BQF. Diego Vinueza y a la Dra. Isabel Ortiz por brindar su esfuerzo y dedicación a los estudiantes, además del apoyo en la parte experimental de esta tesis.

Por último a todos los profesores, técnicos docentes, amigos, familiares y de más personas, por sus consejos y enseñanzas; además, por haber hecho de mi etapa universitaria excepcional e inolvidable.

Italo Francisco Freire Rendón

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
CAPÍTULO I	3
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1 Antecedentes de la investigación.....	3
1.2 Generalidades de <i>Musa paradisiaca</i>	4
1.2.1 Origen de la Fruta.....	4
1.2.2 Características de la Planta	5
1.2.3 Clasificación taxonómica de Musa Paradisiaca	5
1.2.4 Información nutricional de Musa paradisiaca.....	6
1.2.5 Etapas de Maduración del fruto de Musa paradisiaca.....	7
1.2.5.1 Etapa de desarrollo	7
1.2.5.2 Etapa de pre maduración	7
1.2.5.3 Etapa de maduración	7
1.2.5.4 Etapa de sobre maduración.....	7
1.2.5.5 Etapa de senescencia	8
1.2.6 Cambios químicos durante la maduración.....	8
1.2.6.1 Relación pulpa a piel	8
1.2.6.2 Respiración.....	8
1.2.6.3 Carbohidratos	8
1.2.6.5 Azúcares totales	10
1.2.6.6 Índice de Loesecke	10
1.2.7 Vitamina c en Musa paradisiaca	12
1.2.8 Irradiación <i>Musa paradisiaca</i>	13
1.2.8.1 Fuente de cobalto 60 y Radiación gamma.....	14
1.2.8.2 Dosis de radiación	14
CAPÍTULO II	16
2. MARCO METODOLÓGICO	16
2.1 Lugar de la investigación	16
2.2 Selección de la muestra	16

2.3 Equipos y reactivos	16
2.4 Irradiación	17
2.5 Determinación del Índice de Loesecke (IL) y análisis Físicos.....	17
2.6 Análisis de vitamina C	18
2.7 Análisis de azúcares totales	18
2.8 Análisis estadístico.....	18
CAPÍTULO III.....	19
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	19
3.1 Maduración	19
3.2 Vitamina C	21
3.3 Azúcares totales	23
CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de Musa paradisiaca.....	6
---	---

Tabla 2-1: Información nutricional de <i>Musa paradisiaca</i>	6
Tabla 3-1: Cambio en el contenido de pigmentos de la cáscara de plátano durante la maduración por Kilogramo de cáscara de plátano fresca.....	10
Tabla 4-1: Escala de maduración implementada por Loesecke	11
Tabla. 1-2: Equipos y reactivos	16
Tabla. 2-2: Azúcares totales	17
Tabla. 3-2: Detalle de Irradiación.....	17
.Tabla 1-3: Análisis organoléptico y maduración.....	19
.Tabla 2-3: Estadísticas de grupo para 150 Gy	25
.Tabla 3-3: Prueba de muestras independientes para 150 Gy	26
.Tabla 4-3: Estadísticas de grupo para 250 Gy	26
.Tabla 5-3: Prueba de muestras independientes para 250 Gy	27
.Tabla 6-3: Estadísticas de grupo para 300 Gy	27
.Tabla 7-3: Prueba de muestras independientes para 300 Gy	28
.Tabla 8-3: Estadísticas de grupo de Azúcares totales (°Brix) para 150 Gy	31
.Tabla 9-3: Prueba de muestras independientes de Azúcares totales (°Brix) para 150 Gy.....	31
.Tabla 10-3: Estadísticas de grupo de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 250 Gy	32
.Tabla 11-3: Prueba de muestras independientes de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 25 Gy	32
.Tabla 12-3: Estadísticas de grupo de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 300 Gy	33
.Tabla 13-3: Prueba de muestras independientes de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 300 Gy.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Compuestos quelantes, reductores y análogos estructurales	9
--	---

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3- 1: Tendencias Vitamina C según las muestras blancas e irradiadas	21
Gráfico 3- 2: Tendencias de Azúcares totales según las muestras blancas e irradiadas	23

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A :** Resultados de los análisis organolépticos
- Anexo B:** Resultados de vitamina C
- Anexo C:** Resultado de azúcares totales
- Anexo D:** Curva de calibración de vitamina C
- Anexo E:** Muestras en la incubadora a temperatura de 25°C
- Anexo F:** Muestras a los 4 días post irradiación
- Anexo G:** Muestra a temperatura constante al día 8 pos- Irradiación
- Anexo H:** Certificado de irradiación de muestras
- Anexo I:** Muestras en el Día 20 posterior a la irradiación.
- Anexo J:** Muestras en el día 26 posterior a la irradiación
- Anexo K:** Preparación de reactivos
- Anexo L:** Preparación de estándar
- Anexo M:** Pico del estándar de Vitamina C
- Anexo N:** Pico de las muestras de banano
- Anexo O:** Refractómetro
- Anexo P:** Valores de la distribución t-student
- Anexo Q:** Datos de las muestras para los diferentes tratamientos

RESUMEN

Se evaluó la incidencia de la irradiación en la vitamina C en la fruta tropical *Musa paradisiaca*, con una fuente de cobalto 60. Las muestras se irradiaron con dosis de 0, 150, 250 y 300 Gy en un equipo ILSHEPARD MODEL 109 60Co, posteriormente se almacenaron a 25 °C hasta el fin del estudio. El ácido ascórbico fue extraído por solventes en medio ácido, bajo luz tenue y determinado por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE), en una columna C18 (5µm de diámetro de partícula 120A° 4,6X150mm) y con un detector Uv-vis a longitud de onda = 254 nm. Los azúcares totales se determinaron por el método de refractometría. La fruta irradiada presentó una textura firme hasta el final del estudio, cáscara bronceada atribuida al aumento de la enzima polifenol oxidasa. Se observó el retraso en dos y un punto en la escala de maduración de Loesecke a los 20 días y 23 días post-irradiación respectivamente. El contenido de azúcares totales fue inferior al contenido de la muestra control sin diferencias estadísticamente significativas en todos los tratamientos. Las muestras irradiadas en todas las dosis mantuvieron un alto contenido de vitamina C (mg/100g) comparando con las muestras control, los valores obtenidos durante el tratamiento no presentaron diferencias estadísticamente significativas (t-student para 2 variables independientes unilateralmente p=0,05) ; sin embargo a partir del IL=5 las muestras irradiadas presentan diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento de 250 Gy (7,49 mg/100g) y 300 Gy (1,62 mg/100g) al compararlo con el blanco (0,24 mg/100g). Según el estudio se recomendable estudiar el efecto de la irradiación a partir de IL= 4, al evidenciar que en este estadio de madurez existe diferencias significativas entre la fruta irradiada y no irradiada.

Palabras Clave: BIOQUÍMICA, ALIMENTOS, PLÁTANO (*Musa paradisiaca*), VITAMINA C, IRRADIACIÓN GAMMA, COBALTO 60 (⁶⁰Co).

ABSTRACT

The incidence of irradiation in vitamin C in tropical fruit *Musa paradisiaca*, with a source of cobalt 60 was evaluated. The samples were irradiated with doses of 0, 150, 250 and 300 Gy in an ILSHEPARD MODEL 109 60Co equipment, subsequently stored at 25 ° C until the end of the study. The ascorbic acid was extracted by solvents in an acidic medium, under dim light and determined by high efficiency liquid chromatography (CLAE), on a C18 column (5µm particle diameter 120A ° 4.6X150mm) and with a Uv-vis detector. Wavelength = 254 nm. The total sugars were determined by the refractometry method. The irradiated fruit had a firm texture until the end of the study, tanned skin attributed to the increase in the polyphenol oxidase enzyme. The delay was observed at two and one point on the Loesecke maturation scale at 20 days and 23 days post-irradiation respectively. The total content of sugars was lower than the content of the control sample without statistically significant differences in all the treatments. The samples irradiated in all the doses maintained a high content of vitamin C (mg / 100g) compared to the control samples, the values obtained during the treatment did not present statistically significant differences (t-student for 2 independent variables unilaterally $p = 0.05$); However, from IL = 5, the irradiated samples show statistically significant differences in the treatment of 250 Gy (7.49 mg / 100 g) and 300 Gy (1.62 mg / 100 g) when compared to the target (0.24 mg) / 100g). According to the study, it is recommended to study the effect of irradiation from IL = 4, by showing that at this stage of maturity there are significant differences between the fruit irradiated and non-irradiated,

Palabras Clave: BIOCHEMISTRY, FOOD, BANANA (*Musa paradisiaca*), VITAMIN C, IRRADIATION GAMMA, COBALTO 60 (60 Co).

INTRODUCCIÓN

Musa paradisiaca, el plátano o banana, es una fruta de características nutricionales relevantes, sirve como fuente de minerales principalmente potasio, calcio y fósforo así mismo de caroteno y ácido ascórbico. El fruto se cultiva en zonas tropicales, se consume procesada en rebanadas enlatadas, fritas en aceite, barra de frutas, desecadas, o cruda (Patil y Shanmugasundaram 2015). En Ecuador, es el segundo producto de mayor exportación después del petróleo, generando ingresos de \$3,12 miles de millones anuales (Castellanos, Algecira y Villota 2011, p.115)(Espinosa y Santacruz 2017). Este producto es una fruta climatérica, el cual aumenta su producción de etileno durante la maduración traduciéndose en el aumento de la velocidad de reacciones bioquímicas, haciendo que se libere energía calórica que influye en el tiempo de maduración de la fruta. El tiempo que tarda en madurar el banano, representa un parámetro importante en el lapso de transporte y en la vida de estantería.

Para alargar la vida útil de las frutas se han descrito diversos métodos como la disminución de la temperatura, forjando la reducción de la velocidad de reacciones físico químicas; sin embargo, ya que el plátano es una fruta climatérica tropical es sensible a las bajas temperaturas. Por debajo de los 12 °C se producen fluctuaciones en la intensidad respiratoria, bajos niveles de azúcares y ácidos carboxílicos, ensanchamiento, cristalización de algunas zonas de la corteza, pérdida de aroma sabor y pardeamiento. No obstante la reducción de temperatura reduce la actividad metabólica que se traduce en menor pérdida de vitaminas lo que se consigue también exponiendo a la fruta a bajas dosis de irradiación (Ecuador 2015)(Baquero Méndez Y Mieles López 2014).

La irradiación es una de las tecnologías de conservación aprobadas para el comercio de frutas, según la Norma CODEX STAN 106-1983, la cual indica que se puede irradiar alimentos con rayos gama provenientes de los radionúclidos ^{60}Co y ^{137}Cs . La dosis máxima total absorbida transmitida a un alimento debe ser inferior a 10 kGy. La aplicación de dosis bajas de radiación retarda la maduración, reduce la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos sin afectar de manera relevante a las propiedades organolépticas y nutricionales, no eleva la temperatura, penetra ampliamente al producto y no deja residuos. Pudiéndose encontrar una ventaja económica en los tratamientos que retardan la maduración (Golding et al. 2014, p.1; Aina, Adesiji y Ferris 1999).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Evaluar la incidencia de la irradiación en la vitamina C en la fruta tropical *Musa paradisiaca*, con una fuente de cobalto 60.

Objetivos específicos

- Determinar las características organolépticas, de la fruta con y sin irradiación.
- Analizar el contenido de azúcares totales con y sin tratamiento.
- Determinar la concentración de Vitamina C en las muestras irradiadas y no irradiadas.
- Identificar la dosis optima de irradiación para retrasar la maduración.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes de la investigación

En 1999 Johnson y sus colaboradores, irradiaron plátanos en dos etapas diferentes de maduración, con dosis de 100 Gy a 1 KGy previo al almacenamiento en un ambiente controlado. Las frutas irradiadas a tres cuartos de su madurez total respondieron mejor a la radiación que los frutos que fueron irradiados en madurez total. Las dosis de irradiación de 500 Gy y superiores, causaron severo daño tisular, reblandecimiento y decoloración de la cáscara; sin embargo, se observó un rango de dosis óptimo de irradiación gamma de 0.15 a 300 Gy retardando la maduración de 10 a 12 días (Johnson et al. 1990).

En el 2007 Wall determinó la calidad y maduración de bananos brasileños enanos (*Musa sp.*) posterior a la irradiación con dosis de 0, 200, 400, 600 y 800Gy almacenados siete días a 14 °C y madurando a 20°C. La irradiación no extendió la vida útil del banano ni afectó a los sólidos solubles, pero la acidez titulable disminuyó con el aumento de la dosis. El contenido de sacarosa disminuyó linealmente a medida que la dosis aumentaba, mientras que la concentración de glucosa y fructosa aumentaron indicando una aceleración de la hidrólisis de sacarosa en las bananas tratadas. Las tasas climáticas respiratorias disminuyeron en relación con la fruta control, pero la producción de etileno y dióxido de carbono aumentó un día posterior a la irradiación. Las bananas tratadas con una irradiación de 800Gy desarrollaron lesiones en la piel, observando que una dosis inferior a 600Gy garantiza la calidad visual de los plátanos brasileños enanos (Wall 2007).

Patil, Vanamala y Hallan en el 2004 investigaron los efectos de bajas dosis de irradiación, en la calidad y el almacenamiento de *Citrus paradisi Macf.* Las frutas fueron tratadas con 0, 70, 200, 400 y 700 Gy posterior almacenadas a 10°C por cuatro semanas seguido de una semana a 20°C con una humedad relativa entre 90 y 95%. Flavonoides, terpenos, carotenos y calidad comprendida por contenido de ácido ascórbico, sólidos solubles y acides titulable fueron evaluados inmediatamente posterior a la irradiación y almacenamiento. Los resultados demostraron que la respuesta de la fruta a la irradiación depende del estadio de maduración en que se cosecha la fruta.

Dosis inferiores a 200Gy junto con 35 días de almacenamiento, mostraron mayor cantidad de compuestos que promueven la salud (Patil, Vanamala y Hallman 2004). Mientras que dosis superiores a 400Gy y 35 días de almacenamiento, evidenciaron menor calidad de la fruta. Dos frutas cítricas koreanas, *Jinjihyang and Chunggyun*, fueron irradiadas a dosis de 0, 0.4 y 1 kGy como tratamiento ionizante de cuarentena.

Las frutas se almacenan a $(4 \pm 1) ^\circ\text{C}$ por 0, 10 y 20 días. Tras la irradiación de 1 kGy, el contenido de narinrutin de *Jinjihyang* decreció significativamente, mientras el contenido de hesperidina se mantuvo constante. Sin embargo, ambos flavonoides decrecieron significativamente durante el almacenamiento en ambas variedades de frutas. El ácido ascórbico fue estable inmediatamente luego de la irradiación, pero durante el almacenamiento tubo un decrecimiento significativo (42.97-27.21mg/100g) en las muestras irradiadas con 1 kGy en 20 días de almacenamiento. Brix, ácidos orgánicos, y propiedades sensoriales de ambas frutas no fueron afectadas por la irradiación o el almacenamiento.(Jo et al. 2018)

1.2 Generalidades de la variedad botánica *Musa paradisiaca*

1.2.1 Origen de la Fruta

Musa paradisiaca es una fruta tropical originada en el sudoeste asiático en el archipiélago Malayo y en una región que se extendió desde el noreste de la India al norte de Australia. Posteriormente propagándose a Hawái y la Polinesia por etapas. La planta se introdujo a Europa alrededor del siglo III A.C. Sin embargo se la llegó a conocer en todo el continente Europeo en el siglo XX. En el siglo XVI de las plantaciones de África Occidental y las Canarias las plantas son introducidas por colonizadores portugueses y españoles a Sudamérica.(Apicius Apicio).

El cultivo comercial inicia en las Canarias entre el XIX e inicio del siglo XX. En el siglo XX esta agricultura se convierte uno de las más cultivadas en centro y sur América. En la actualidad se cultivan variedades de plátanos en todas las regiones tropicales del mundo, siendo una de las frutas más importantes a nivel mundial solo detrás de la uva, la naranja y la manzana. Plino en su libro XII menciona: “la musa que anda en el paraíso, esta del árbol que los sabios comen” por esta frase se establece el nombre científico de *Musa paradisiaca* que quiere decir alimento de la sabiduría. (Apicius Apicio).

1.2.2 Características de la Planta y de la Fruta

Musa paradisiaca es una planta herbácea constituida por falsos tallos que se originan de cornos carnosos. La planta es una megaforbia (hierba gigante) que en sus inicios no media más de 6 u 8 cm de longitud y estaba llenos de semillas a través del tiempo se la ha convertido en una mejor versión comestible actualmente. (Apicius Apicio).

Los frutos se desarrollan entre 80 y 180 días, idealmente fructifican todas las flores femeninas, adoptando una forma mano (dactiliforme). Existe entre 5 y 20 manos por espiga, y cada mano puede estar compuesto de 2 a 20 frutos. El fruto es una baya alargada, ligeramente encorvada con una longitud de 10 a 30 cm de longitud y de corteza lisa. Durante el desarrollo los frutos, por el peso, se doblan por acción de la fuerza de la gravedad. Los plátanos poseen una pulpa comestible sin la polinización, en centro de la masa se reconoce óvulos atrofiados dispuestos en forma lineal. El pericarpio es de color verde en etapas inmaduras y color amarillo en etapas maduras. Es de forma de hoz y lineal, entre cilíndrica y marcadamente angulosa. El extremo distal se estrecha abruptamente hacia un pedicelo de 1 o 2 centímetros. (Apicius Apicio).

Se reproducen por medio de propágulos, seleccionados de una planta de aproximadamente siete meses. Cada uno de los fragmentos se sumergen en una solución nematicida y se fungicida contra hongos, para luego dejarlo reposar por 48 horas antes del replante. El ser humano ha realizado mejoramientos genéticos con el fin de evitar plagas y enfermedades que afecten al cultivo. El plátano posee once cromosomas con 500 a 600 millones de pares de bases siendo uno de los genomas más pequeños de las plantas. (Apicius Apicio).

1.2.3 Clasificación taxonómica de Musa Paradisiaca

La especie *Musa Paradisiaca* es identificada por Carl von Lineo en 1753 a partir de las especies silvestres del genero *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* cultivares genéticamente puros de esta especie. Estudios posteriores han llevado a descubrir diversos híbridos de variada composición genética desarrollando un sistema *sui generis* de clasificación; sin embargo su clasificación linneana que indica que es un híbrido. (Apicius Apicio).

Tabla 0-1-1: Clasificación taxonómica de *Musa paradisiaca*

Clasificación taxonómica
Tipo: <i>Fanerógama</i>
Sub-tipo: <i>Angiosperma</i>
Clase: <i>Monocotiledóneas</i>
Sub-clase: <i>Inferováricos</i>
Familia: <i>Musáceas</i>
Orden: <i>Musa</i>
Género: <i>Musa</i>
Sección: <i>Eumusa</i>
Especie: <i>Paradisiaca</i>

Fuente: (Torres, Cortez y Zambrana 2003p.15)(ECUADOR 2015p.20)

1.2.4 Información nutricional de *Musa paradisiaca*

El plátano es un alimento con alto aporte nutricional, principalmente de carbohidratos, vitamina B 6, vitamina C, carotenos, agua y potasio. Además aporta 95,03 kilocalorías por 100 gramos de fruta madura (Badui Dergal 2006; Ansorena et al. 2003).

Tabla2-1: Información nutricional de *Musa paradisiaca*

Aporte Nutricional por 100 gramos de fruta			
Elemento	Cantidad	Elemento	Cantidad
Hidratos de carbono	20,80 g	Carotenos	227,94ug
Agua	75,30g	Fibra	2,55 g
Proteínas	1,06g	Grasa	0,27 g
Vitamina A	38,00 ug	Retinol	0,00 ug
Vitamina B1	0,05 mg	Fosforo	23,00 mg
Vitamina B2	0,07 mg	colesterol	0,00 ug
Vitamina B3	0,98 mg	Calcio	7,30
Vitamina B6	0,36 mg	Hierro	0,59 mg
Vitamina B9	20,00 ug	Yodo	2,40ug
Vitamina B12	0,00 ug	Magnesio	36,40 mg
Vitamina C	11,50 mg	Zinc	0,21 mg
Vitamina D	0,00 ug	Selenio	1,40 ug
Vitamina E	0,23 ug	Sodio	1,00 mg

Fuente: (Badui Dergal 2006; Ansorena et al. 2003).

1.2.5 Etapas de Maduración de la fruta de Musa paradisiaca

1.2.5.1 Etapa de desarrollo

Inicia con la formación de la pulpa, la parte comestible, se engrandece el fruto y cesa con la terminación del crecimiento natural, dentro de esta etapa están las de pre maduración y maduración. (Torres, Cortez y Zambrana 2003,pp.17-23; Codex Alimentarius 2003, pp. 1.3).

1.2.5.2 Etapa de pre maduración

Alcanza el máximo engrosamiento y tamaño de la fruta. El plátano no maduro es de color verde oscuro. Se distingue maduración cuando se aprecia un color verde claro en la cáscara, el corazón de la pulpa es menos consistente de un blanco total a un blanco a un blanco ligeramente alterado. La pérdida de firmeza de la pulpa avanza desde el centro hacia afuera. El color verde claro de la cáscara se transforma en verde amarillo pálido, en este estado toda la pulpa se ablanda perceptiblemente. En esta etapa la fruta también se utiliza para el consumo humano y animal (Torres, Cortez y Zambrana 2003,pp.17-23; Codex Alimentarius 2003, pp. 1.3).

1.2.5.3 Etapa de maduración

Es la etapa de máximo aprovechamiento para el consumo. La fruta es de color amarillo intenso sin trazas de color verde, excepto el ápice y el pedúnculo. El ápice persiste verde cuando la fruta está totalmente verde, a medida que desaparece el color verde de los extremos el color amarillo de la fruta se oscurece. En este estado la pulpa es de color amarillento y de textura suave (Torres, Cortez y Zambrana 2003,pp.17-23; Codex Alimentarius 2003, pp. 1.3).

1.2.5.4 Etapa de sobre maduración

Se aprecia una secuencia de cambios de color, sabor y textura. En donde la fruta aun es aceptable para el consumo. La pulpa es semisólida “aguachenta” y en la piel ocurre alteraciones degenerativas, generalmente causadas por infecciones fúngicas (Torres, Cortez y Zambrana 2003,pp.17-23; Codex Alimentarius 2003, pp. 1.3).

1.2.5.5 Etapa de senescencia

Se pierde la calidad del plátano, presenta desordenes fisiológicos y enfermedades inducidas por hongos. Se observa manchas pardas, hasta que finalmente la cáscara se torna totalmente parda, estado en el cual la pulpa a un se puede comer. Finalmente se observa un color pardo oscuro e intensa infección por hongos lo que indica el fin del tiempo de consumo (Torres, Cortez y Zambrana 2003,pp.17-23; Codex Alimentarius 2003, pp. 1.3).

1.2.6 Cambios químicos durante la maduración

1.2.6.1 Relación pulpa a piel

Durante la maduración de la fruta incrementa su peso debido a su contenido de Agua. Esta agua es obtenida desde la cáscara. Pues que la cáscara pierde peso, y este causa un cambio en la relación pulpa- piel (Von Loesecke 1950, pp. 68-71).

1.2.6.2 Respiración

La Fruta sigue respirando después de ser cortada del árbol, emitiendo dióxido de carbono y etileno. La tendencia de respiración inicial es relativamente estable en estadio verde, fruta inmadura, seguido por un rápido aumento durante el periodo de maduración. La fruta madura y demasiada madura muestra una estado bastante constante, pero usualmente poco a poco la tasa de respiración aumenta hasta que la cáscara se vuelve completamente marrón (Von Loesecke 1950,pp.71-75).

1.2.6.3 Carbohidratos

Los cambios más complicados de la maduración del plátano es la conversión de almidón a azúcares, los primeros indicadores de maduración es el reblandecimiento de la pulpa, adquiere un color miel y es dulce al gusto. En esta etapa hay una hay una rápida conversión a almidón; aunque, la cáscara permanece dura la pulpa se convierte en suave. En la maduración hay un aumento considerable en la cantidad de azúcares totales desde 3,0 a 31,6% en la piel y de 1,3 a 17,3 % en la pulpa. Mientras que el contenido de almidón decrece desde un 50 a 35% y de 83 a 66% en la piel y en la pulpa respectivamente. La cáscara de la fruta es rica en celulosa (10%) y hemicelulosa (13%), mientras que la pulpa solo posee un 1,4% de celulosa y 1,3% de hemicelulosa (Ketiku 1973; Von Loesecke 1950).

1.2.6.4 Fenoles

Los compuestos fenólicos comprenden un grupo de metabolitos secundarios en las frutas en donde desempeñan diversas funciones fisiológicas en la planta como en el fruto. Su actividad biológica está relacionada con su carácter antioxidante debido a la capacidad de quelar metales, inhibir la enzima lipooxigenasa y atrapar radicales libres, que también contribuye al mantenimiento de la salud humana (Espinosa y Santacruz 2017; García Martínez, Fernandez Segovia y Fuentes López).

Los polifenoles poseen uno o más anillos bencénicos y uno o más grupos hidroxilados con algún elemento común, como los grupos funcionales de ésteres, ésteres de metilo, glicócidos, entre otros. Los fenoles generalmente se encuentran unidos a azúcares, como la glucosa, arabinosa, ramosa, entre otros así también se acoplan a ácidos orgánicos, aminoácidos y lípidos (Espinosa y Santacruz 2017; García Martínez, Fernandez Segovia y Fuentes López).

Los flavonoides un tipo de polifenoles es el responsable del color amarillo del plátano, así como el eugenol caracteriza el aroma y astringencia inducida por taninos. En los plátanos se encuentran fenoles como dopamina (3,4-dihidroxifenil etilamina), serotonina (5-hidroxitriptamina) norepinefrina, salsolinol (en el periodo posclimaterico) y delfinidina, sustancias alojadas en los vasos lactíferos de la pulpa y la piel. (Hernandez 1986).

La dopamina es oxidada por la enzima polifenoxidasa a un pigmento de color marrón (2,3-dihidroindol-5,6-quinona e indol-5,6-quinona). Aunque los compuestos quelantes, reductores y análogos estructurales inhiben la reacción. El ácido ascórbico de la fruta también afecta a la reacción de oscurecimiento debido a que reduce la forma quinónica de la dopamina a la forma hidroxilada inicial, con lo que no ocurre el oscurecimiento, al agotarse el ácido ascórbico la dopamina puede ser oxidada y el oscurecimiento continua. (Hernandez 1986)

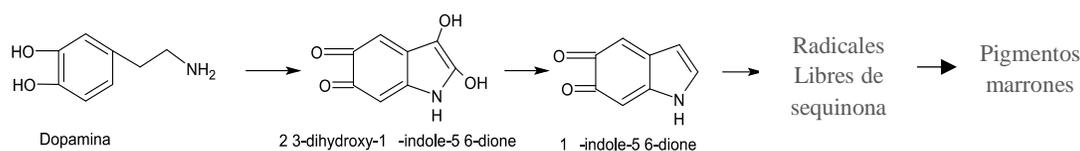


Figura 1-1: Compuestos quelantes, reductores y análogos estructurales

Fuente: Hernández 1986

1.2.6.5 Azúcares totales

Los azúcares totales son parámetros cuantitativos muy importantes de calidad, indica la dulzura de las frutas. Los azúcares totales se pueden medir usando la escala de Brix la cual es equivalente a porcentaje. Aunque el término “Brix” se usa para describir el contenido de sólidos solubles y el total sólidos solubles. Los Grados Brix técnicamente se refiere solo al contenido de azúcares en los jugos de frutas. Considerando azúcares a la glucosa, sacarosa y fructosa y azúcares alcohólicos como sorbitol y manitol constituyendo aproximadamente el 85% del total de los sólidos solubles (Magwaza y Opara 2015; Ramaiya et al. 2013).

1.2.6.6 Índice de Loesecke

Es un factor bien conocido que durante la maduración del plátano cambia de color de verde a amarillo. En el proceso de cambio de color intervienen pigmentos como las flavonas y las antocianinas presentes en la savia celular mientras que la clorofila, la xantofila y el caroteno están presentes en los plásmidos. El contenido de clorofila varía entre 102,9 y 51,7 mg por kilogramo de cáscara fresca en la fruta inmadura. Las clorofilas muestran un decrecimiento en línea recta en función del tiempo. Los pigmentos totalmente amarillos (xantofilas más carotenos) se mantienen constantes a lo largo de la maduración de la fruta (Von Loesecke 1950).

Tabla 0-3-1: Cambio en el contenido de pigmentos de la cáscara de plátano durante la maduración por Kilogramo de cáscara de plátano fresca.

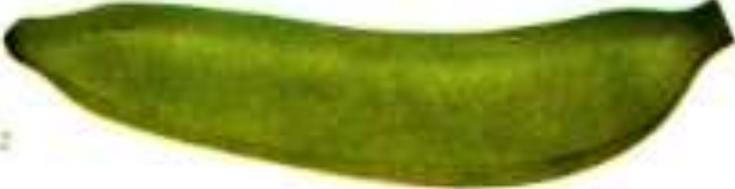
Días	Clorofila	Xantofilas	Carotenos	Total de pigmentos amarillos	Azúcar totales en la pulpa %	Series
0	94,5	5,21	1,57	6,78	0,51	I
2	15,5	5,45	1,90	7,35	1,64	
3	---	6,31	2,51	8,82	6,14	
4	0,0	6,57	1,71	8,28	9,92	
0	0,0	7,34	2,05	9,39	0,40	II
2	102,9	5,75	1,82	7,57	1,25	
3	48,7	5,91	2,27	8,18	2,24	
4	29,0	5,70	2,87	8,57	4,54	
5	0,0	3,95	3,56	7,51	11,16	
0	51,57	6,61	1,54	8,15	0,58	III
3	40,8	5,09	2,66	7,75	0,81	
4	14,4	5,41	1,67	7,08	7,63	

Días	Clorofila	Xantofilas	Carotenos	Total de pigmentos amarillos	Azúcar totales en la pulpa %	Series
0	83,4	5,92	3,66	9,58	0,98	IV
1	52,5	7,02	2,44	9,46	5,56	
0	70,1	7,21	1,22	8,43	0,93	V
2	66,1	4,90	3,41	8,31	1,54	
3	14,1	5,15	3,39	8,54	6,52	
5	0,0	5,00	3,69	8,61	8,25	

Fuente: (Von Loesecke 1950)

La escala de maduración implementada por Loesecke, se evalúa visualmente en donde al color de la cáscara del plátano le asigna un valor.

Tabla 4-1: Escala de maduración implementada por Loesecke

Escala	Descripción	
1	Verde	
2	Verde con trazas amarillas	
3	Más verde que amarillo	

4	Más amarillo que verde	
5	Amarillo con pintas verdes	
6	Todo amarillo	
7	Amarillo mateado con puntos negros.	
8	Más negro que amarillo con puntos negros	

Fuente:(Von Loesecke 1950)

1.2.7 Vitamina c en Musa paradisiaca

La vitamina C se deriva de la D-glucosa, posee una estructura de cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3-ceto-1-gulofuranolactona; tiene un grupo enol entre los carbonos 2 y 3 que la hace un agente ácido y altamente reductor por lo que se oxida fácilmente debido a que tiene la capacidad de donar un átomo de hidrogeno formando un radical ascórbico relativamente estable. (Ansorena et al. 2003; RNI 2005).

El ácido ascórbico es muy inestable en las frutas debido a la actividad enzimática principalmente por la enzima ácido ascórbico oxidasa. Harris and Poland expusieron cortes finos de fruta a temperatura ambiente por cinco horas, la pérdida de vitamina C alcanza aproximadamente el 45% del contenido inicial. Al igual que con todas las vitaminas, el contenido de vitamina C varía considerablemente debido a factores como la genética de la planta, fertilizantes, insolación, riego, manejo post-cosecha entre otros factores (Ansorena et al. 2003; ECUADOR 2015; Von Loesecke 1950; Skoog, Holler y Nieman 2008).

1.2.8 Irradiación *Musa paradisiaca*

En el proceso de irradiación se trasfiere energía desde una fuente de radiación ionizante hacia la fruta tratada. Las radiaciones ionizantes se pueden clasificar en dos grupos: partículas cargadas (partículas alfa, beta y electrones acelerados) y radiación sin carga (rayos X, rayos gama y neutrones). Las primeras ionizan directamente la materia en la cual inciden y las segundas se denominan indirectamente ionizantes ya que interactúan catastróficamente con el medio, de manera que seden su energía a los electrones, y producen efectos secundarios como producción de pares, efecto compton o efecto fotoeléctrico, dependiendo de la energía incidente (Atómica 2013).

La irradiación usada en alimentos debe estar acompañada de buenas prácticas agrícolas, buenas prácticas de higiene y buenas prácticas de fabricación, y no como un sustituto de las mismas, así también los alimentos irradiados requieren llevar en la etiqueta del producto una declaración escrita del tratamiento realizado adyacente al nombre del producto de igual manera con el logotipo de “radura”. El Codex Alimentario manifiesta que, cuando un producto elaborado está compuesto por más del 5% de ingredientes irradiados, este producto tendrá que contener la declaración que indique el tratamiento (Codex Alimentarius 2003; Atómica 2013).

Para obtener un proceso de irradiación homogéneo es necesario que la cámara de irradiación este completamente llena del producto que va a ser tratado; si, esta condición no se cumple puede suceder que el primer y el último contenedor acumulen mayor dosis de irradiación a su paso, aunque este desfase se puede mitigar colocando productos similares en el contenedor inicial y final (Atómica 2013; Diehl 2002; Patil, Vanamala y Hallman 2004).

En el área de irradiación de alimentos se necesita que la energía sea depositada uniformemente, lo cual implica que la radiación ionizante aplicada tenga una alta capacidad de penetración. Esta condición la cumplen los rayos gama proveniente una fuente de ^{60}Co (Vargas, Vivanco y Maldonado 2012; Atómica 2013).

1.2.8.1 Fuente de cobalto 60 y Radiación gamma

El isótopo ^{60}Co se produce por el bombardeo de neutrones de ^{59}Co en un reactor nuclear. El ^{60}Co posee una vida media de 5,26 años con una pérdida de actividad aproximada del 10% anual. El ^{60}Co decae por desintegración beta al isótopo estable níquel-60 (^{60}Ni). En el proceso de desintegración, ^{60}Co emite un electrón con una energía de 315 keV y luego el núcleo activado de ^{60}Ni emite dos rayos gamma con energías de 1,17 y 1,33 MeV.

El aparato donde se aloja la fuente de cobalto 60 consta de un tubo de plomo que contiene una abertura lateral en la cual está adaptada un colimador complejo. En el procedimiento de radiación la fuente radioactiva se desplaza lateralmente hasta coincidir con la abertura por la cual sale la radiación (P.B. Roberts).

Los rayos gamma son fuente de alta energía electromagnética emitida por una excitación del núcleo atómico. La radiación gamma está constituida por fotones con la capacidad de penetrar la materia, la energía de esta naturaleza se mide en mega electronvoltios con longitud de onda inferior a 10^{-11} m (Moy ; P.B. Roberts).

1.2.8.2 Dosis de radiación

En el sistema Internacional la unidad de medida de dosis absorbida es el gray (Gy), en donde un gray corresponde a la absorción de 1 J/kg. Esta unidad se usa para describir el proceso de irradiación así como también para controlarlo. En el proceso de irradiación la fruta no recibe una dosis única sino un rango de dosis variable entorno a la desea, por lo tanto es imprescindible determinar la precisión de la dosis absorbida en un lote irradiado, para evaluar y controlar la eficiencia del proceso (Nucleares 1991; Atómica 2013)..

La dosis absorbida se mide mediante instrumentos llamados dosímetros, estos instrumentos se componen de un material que es sensible a la irradiación, de manera que los cambios que se produzcan en este puedan ser medibles.(Nucleares 1991; Atómica 2013). Los factores que alteran la dosis son: el tiempo de exposición y la distancia de la fuente a la fruta.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Lugar de la investigación

La recolección de la muestra se realizó en la provincia del Guayas, Cantón la troncal. La irradiación se realizó en el laboratorio de Patrones Secundarios dosimétricas de la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN) en la provincia de pichincha. Los ensayos bromatológicos y complementarios se realizarán en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en los laboratorios de Bioquímica E investigación conjuntamente.

2.2 Selección de la muestra

Las muestras de *Musa paradisiaca*, se recolectaron directamente en el lugar de producción de forma aleatoria. Las frutas se recolectaron verdes en estado y calidad de exportación. Se almacenaron a temperatura ambiente por 61 días previos a la irradiación. Para la irradiación se escogió la fruta homogéneamente en peso y diámetro Posterior a la irradiación se almacenaron a una temperatura controlada de 25°C hasta el fin del estudio.

2.3 Equipos y reactivos

Tabla 1-2: Equipos y reactivos

Vitamina C	
Equipos	Reactivos
Incubadora	Ácido fosfórico Lobachemie 85% AR.
Refrigerador	Silica gel 60, 0,06-0,2 mm para columna cromatográfica (70- 230 mesh ASTM). Scharlau.
Licuadora	Ácido metafosforico (AMP) 56%-60% AR. Lobachemie PVT.LTD.
Centrifuga con regulación de temperatura	Acétonitrilo grado HPLC ACS UV-VIS. Scharlau.
HPLC	Ácido acético Glacial
Equipo de filtrado al vacío	EDTA Acido Etilendiaminotetraacético Sal Disódica 2-hidrato.
Membranas de filtrado y filtros de jeringa de 0,45 ug.	Estándar de Ácido Ascórbico.

Realizado por: Italo Freire

Tabla 2-2: Azúcares totales

<u>Azúcares totales</u>
Mortero y pistilo
Refractómetro
Filtro para muestra

Realizado por: Italo Freire

2.4 Irradiación

Tres muestras se irradiaron en el laboratorio secundario de calibraciones dosimétricas de la subsecretaría de control y aplicaciones nucleares bajo normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía atómica (OIEA). Usando un equipo ILSHEPARD MODEL 109 COBALTO-60, a una tasa de dosis de 197 Gy/h

Detalle.

Tabla 3-2: Detalle de Irradiación

Tasa de Dosis: 3,28 Gy/min		
Tipo de muestra	Dosis irradiada [Gy]	Tiempo de irradiación [min dec]
Banano	150	3,28
Banano	250	3,28
Banano	300	3,28

Realizado por: Italo Freire

2.5 Determinación del Índice de Loesecke (IL) y análisis Físicos

Se evaluó el Índice de Loesecke (IL) con la finalidad de evaluar visualmente el grado de madurez. Se observó detenidamente cada muestra en una habitación con suficiente iluminación, comparando la muestra con la tabla # 4-1 y registrando cambios determinados por medio del sentido de la vista. (Von Loesecke 1950; Aina, Adesiji y Ferris 1999).

El olor se determinó mediante el sentido del olfato, para evaluar si los tratamientos afectaban a esta característica organoléptica. La textura se evaluó al tacto para identificar cambios en la misma con la aplicación de los tratamientos frente a la muestra blanco (Codex Alimentarius 2003).

2.6 Análisis de vitamina C

El ácido ascórbico fue extraído en un ambiente oscuro mediante el corte en trozos finos de 40 gramos de tejido de fruta con 100ml de solución fría de Ácido meta fosfórico- Ácido Acético (30g ácido meta fosfórico; 0,5gEDTA y 80ml de ácido acético glacial aforado a un litro con agua destilada a un litro) todo esto en una vaso de licuadora pre enfriada por tres minutos con agua destilada, se licua por tres minutos.

El licuado se centrifugado a 3900 revoluciones por minuto por 12 minutos en una centrífuga fría (2-4°C) y el sobrenadante fue colectado. Muestras de 5 ml fueron pasadas por sep-paks pre acondicionadas con 5ml de acetonitrilo seguido de 5ml de agua destilada. Las muestras colectadas se filtraron por membranas de 0,45 um dentro de viales para HPLC ámbar. Todas las muestras fueron mantenidas en frío, y los análisis en HPLC fueron realizadas el mismo día de la extracción.

La vitamina C fue analizada por inyección de 10 uL dentro de un SCL-10A SHIMADZU (cromatografía líquida de alta eficiencia), con 0,05 M de Acido orto fosfórico como fase móvil y una columna Acclam 120 (C18 5um de diámetro de partícula 120A° 4,6X150mm) como fase estacionaria. Seguido de un detector SPD-10AVi UV- VIS establecido a 254 nm. A un flujo de 1mL/min en un tiempo de corrida de 5 min. Los estándares de vitamina C fueron preparados en un rango de 25 a 150 ug/mL. Fueron usados para identificar el pico de la muestra acorde al tiempo de retención en el HPLC y espectro de absorbancia con estándares auténticos (Wall 2006).

2.7 Análisis de azúcares totales

Los azúcares totales fueron determinados mediante el corte de 10 g de tejido de fruta, se trituro en un mortero y se filtró el zumo exprimido, el filtrado se colocó en el prisma del equipo KEM RA-620 y se registró las lecturas. Las muestras se midieron a 25 °C y se usó como blanco agua destilada (Magwaza y Opara 2015; Hernandez 1986).

2.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico se evaluó mediante t- Student para muestras independientes, mediante la prueba estadística se realizó una discriminación entre las muestras sin tratamiento versus las muestras irradiadas con cobalto 60. En el estudio la prueba se la consideró unilateralmente.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Maduración

Tabla 1-3: Análisis organoléptico y maduración

MUESTRA AL ANÁLISIS	DÍA 4				DÍA 8				DÍA 20				DÍA 23				DÍA 26				Observaciones
	Análisis organoléptico			Maduración	Análisis organoléptico			Maduración	Análisis organoléptico			Maduración	Análisis organoléptico			Maduración	Análisis organoléptico			Maduración	
	Olor	Color	Textura	Índice Loessecke	Olor	Color	Textura	Índice Loessecke	Olor	Color	Textura	Índice Loessecke	Olor	Color	Textura	Índice Loessecke	Olor	Color	Textura	Índice Loessecke	
Muestra Blanco Nº1	NINGUNO	VERDE CLARO	Firme	3	NINGUNO	VERDE CLARO	Firme	4	Característ ico de la fruta	amarillo con manchas negras	Firme	7	Característ ico de la fruta	Negro con manchas amarillas con sustancia blanca	Blando	8	Característ ico de la fruta	negro total con sustancia blanca	blanda	N/A	Escasa cantidad de sustancia en la parte superior
Muestra Irradiada con A1 150Gy	NINGUNO	VERDE CLARO	Firme	3	NINGUNO	VERDE CLARO punta superior con sustancia blanca	Firme	4	NINGUNO	amarillo punta verde punta superior con sustancia blanca	Firme	5	Característ ico de la fruta	Amarillo manchas negras, punta superior con sustancia blanca	Firme	7	Característ ico de la fruta	Negro con escasa manchas amarillas con sustancia blanca	Firme	8	Muy poca cantidad de sustancia en la parte superior
Muestra Irradiada A2 250Gy	NINGUNO	VERDE CLARO	Firme	3	NINGUNO	VERDE CLARO punta superior con sustancia blanca	Firme	4	NINGUNO	amarillo punta verde. Punta superior con sustancia blanca	Firme	5	Característ ico de la fruta	Amarillo manchas negras, punta superior con sustancia blanca	Firme	7	Característ ico de la fruta	Negro con manchas amarillas con sustancia blanca	Firme	8	Poca cantidad de sustancia blanca en la parte superior
Muestra Irradiada con A3 300Gy	NINGUNO	VERDE CLARO	Firme	3	NINGUNO	VERDE CLARO punta superior con sustancia blanca	Firme	4	NINGUNO	amarillo punta verde. Punta superior con sustancia blanca	Firme	5	Característ ico de la fruta	Amarillo manchas negras, punta superior con sustancia blanca	Firme	7	Característ ico de la fruta	Negro con poca manchas amarillas con sustancia blanca	Firme	8	Medio cantidad de sustancia en la parte superior

Realizado por: Italo Freire

Los análisis se realizaron 4 días posteriores a la irradiación debido al traslado desde el Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas de la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares hacia la ESPOCH. Las muestras de fruta que recibieron irradiación se observan con piel “bronceada” lo que concuerda con lo manifestado por Wall en el 2006, a este bronceamiento de la piel de la fruta se le atribuye al aumento de la enzima polifenol oxidasa en la piel.

En el día 4 las muestras irradiadas en diferentes dosis de ^{60}Co , presentaron un color verde claro, textura firme, estas características indican que se encuentran en un estadio de maduración según el índice de Loesecke de nivel 3; lo que concuerda con el estudio de Johnson et al. en 1990 donde manifiesta que a dosis de irradiación inferiores a 0,5 KGy no producen daño tisular, ablandamiento o decoloración de la piel de la fruta. Ocho días posteriores a la irradiación (IL= 4) se observa un desecamiento del pedicelo en las muestras con y sin tratamiento. Además en las muestras con tratamiento se aprecia una sustancia blanquecina en el pedicelo. A los 20 días posteriores a la irradiación las muestras sin tratamiento (IL= 7) presentan un color amarillo con escasas manchas negras, al mismo tiempo, presencia de una sustancia blanca en el pedicelo; mientras que las muestras tratadas (IL= 5) aún mantienen el color amarillo con la punta verde. Se aprecia una diferencia en la firmeza entre las muestras no irradiadas “blanda” y las irradiadas “firme” coincidiendo con el estudio de Wall, 2006. La firmeza se debe al contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina, que en el proceso de maduración estos polímeros se hidrolizan ablandando la estructura de la fruta, lo que indica que en las muestras, irradiada dicha hidrólisis es parcialmente retardada. (Hernandez 1986).

A los 23 días post-irradiación la muestra sin tratamiento (IL= 8) sufrió pardeamiento casi total, observándose una disminuida presencia de manchas amarillas, un marcado olor característico de la fruta y una textura blanda. En contraste las muestras tratadas (IL = 7) presentaron ligeras manchas negras aproximadamente un 20% del total de la superficie de la fruta, lo que indica que las muestras presentan una menor oxidación de los compuestos poli fenólicos que en presencia de oxígeno forman sustancias oscuras conocidas como melaninas (Garzón, Rojano y Guerrero 2012).

En el último estadio de maduración 26 días post-irradiación, las muestras no tratadas presentaron una total oxidación de los compuestos polifenólicos observándose en la cáscara de la fruta una coloración totalmente negra con una textura blanda, un olor muy fuerte característico y la presencia de líquido de descomposición de la fruta.

Mientras que las frutas tratadas con irradiación mantuvieron una textura firme en la pulpa, con un oscurecimiento de la cáscara de la fruta en un 90% pero sin presencia de líquido de descomposición, en la muestra irradiada con 250 Gy se observó un menor oscurecimiento presentando pequeñas manchas amarillas en la cáscara, sin embargo todas las muestras tratadas se clasificaron en el estadio de maduración de Losecke en el nivel 8 (IL= 8) (Wall 2007).

En todas las muestras se evidenció una sustancia color blanco que según Instituto dominicano de investigaciones agropecuarias y forestales, corresponde a la podredumbre de la corona del plátano, enfermedad post cosecha caracterizada por la presencia de un complejo de hongos y bacterias, que afecta con facilidad cuando existe heridas y daños en la piel del fruto (Godoy et al.). En las muestras tratadas evidenció en mayor proporción esta sustancia frente a la muestra no tratada lo que confirma que la radiación ocasiona daño en tejido y orgánulos citoplasmáticos(Wang y Chao 2002).

3.2 Vitamina C

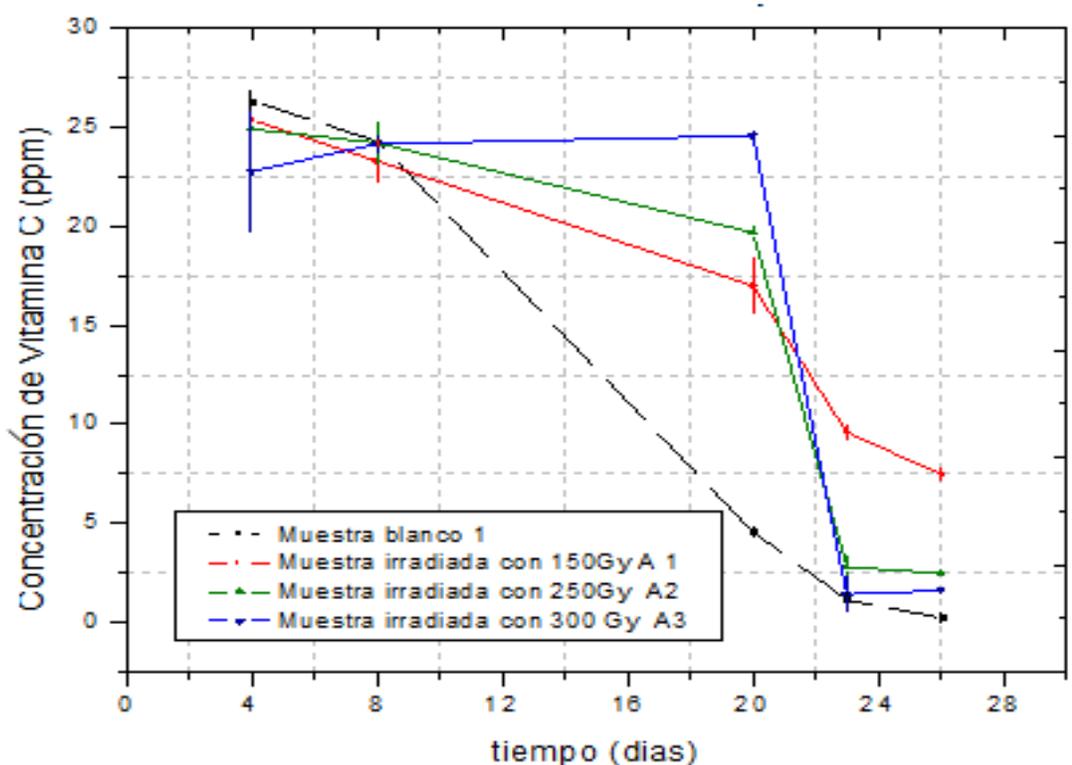


Grafico 1-3: Tendencias Vitamina C según las muestras blancas e irradiadas

Realizado por: Italo Freire

Inicialmente el contenido de vitamina C en las muestras irradiadas con cobalto 60, es menor en comparación con la concentración de la vitamina en la muestra control, esto debido a la oxidación del ácido ascórbico a ácido deshidroascórbico inducido por la irradiación, pues a mayor dosis de irradiación la pérdida de la vitamina es más considerable (Graham y Stevenson 1997).

A partir del día 8 post-irradiación IL= 4, hasta el fin del estudio, se observa una mayor diferencia en el contenido de vitamina C, superando en más del 50% en casi todos los casos, entre las muestras no tratadas y las muestras irradiadas, debido a que la cáscara de la fruta empieza a amarillar lo que es indicativo que inicia la etapa final de maduración, en donde se acelera su tasa de respiración y por ende aumenta la tasa metabólica (Hernandez 1986; Von Loesecke 1950; Ketiku 1973).

Al avanzar la maduración se observa que en las muestras existe el descenso del contenido de vitamina C, observando que en las muestras irradiadas la degradación de la vitamina es en menor proporción frente a la muestra control. Las muestras irradiadas mantienen el contenido de Vit C hasta el grado de maduración IL= 5, siendo las muestras de 300Gy las que presentan menor variación en comparación con las muestras irradiadas a 250 y 150 Gy, la muestra control a este estadio de maduración presenta una degradación de la vitamina C de aproximadamente un 80%, esto es debido a que las muestras tratadas retardan el efecto enzimático de la ácido ascórbico oxidasa, por lo que se observa que a mayor dosis de irradiación existe menor degradación de ácido ascórbico.

A partir del grado de maduración IL= 7, las muestras tratadas presentan una disminución considerable del contenido de ácido ascórbico, llegando a niveles de concentraciones similares a los de la muestra control en los tratamientos a 250 y 300 Gy con una degradación aproximadamente del 94%. Sin embargo las muestra irradiadas a 150Gy presentan una menor decrecimiento con una degradación de vit.C de aproximadamente del 70%, los valores obtenidos se justifican por la dosis de irradiación, siendo que las muestras con menor dosis de ^{60}Co (150 Gy) presentan a más de la inhibición enzimática un menor daño tisular en su estructura otorgando un mayor efecto retardante de la maduración con respecto a las demás muestras (Patil y Shanmugasundaram 2015; Golding et al. 2014), y por consiguiente la degradación de Vit. C es menor. (Aina, Adesiji y Ferris 1999; Graham y Stevenson 1997; Diehl 2002).

Los datos obtenidos de las muestras irradiadas con 250 Gy y 300 Gy a partir de IL= 4 hasta el fin del estudio presentaron diferencias estadísticamente significativas al compararlas a través de la prueba de t-student para 2 variables independientes unilateralmente a $p=0,05$.

3.3 Azúcares totales

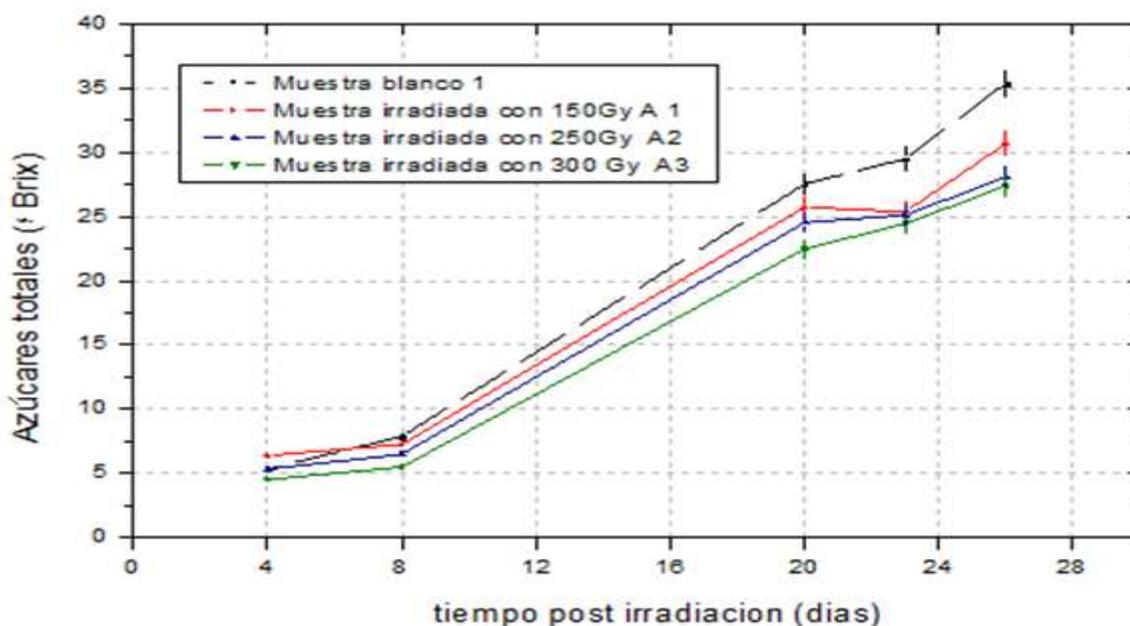


Grafico 2-3: Tendencias de Azúcares totales según las muestras blancas e irradiadas

Realizado por: Italo Freire

En el proceso de maduración se produce cambios bioquímicos afectando al contenido de glucosa, xilosa, manosa y fructosa (Quiceno, Giraldo y Villamizar 2014). La concentración de azúcares totales en el plátano determinados por refractometría no fueron afectados significativamente por la radiación al no existir diferencias estadísticamente significativas entre las muestras irradiadas y el blanco. Sin embargo, las muestras irradiadas mostraron un menor porcentaje de azúcares totales manteniéndose esta tendencia en el tiempo (Patil, Vanamala y Hallman 2004) debido al efecto retardante en el proceso de maduración por la irradiación con ^{60}Co . De acuerdo a Quiceno, Giraldo y Villamizar el plátano verde presenta entre 5 y 8 grados en la escala de Brix, en nuestro estudio se evidenció que tanto las frutas verde irradiadas como la muestra control se encuentran dentro de ese rango. Así también Quiceno, Giraldo y Villamizar mencionan que la fruta amarilla presenta un contenido de azúcares totales entre 28 a 30 °Brix.

No obstante en el presente estudio las muestras irradiadas con 150, 250 y 300 Gy presentaron un máximo contenido de azúcares totales de 25,38; 25,12 y 24,46 °Brix respectivamente, determinando así que la aplicación de radiación a plátanos afecta a la transformación bioquímica de almidón a azúcares.

3.4 Análisis estadístico

Prueba de hipótesis para Vitamina C

El análisis estadístico se evaluó mediante t-Student para muestras independientes unilateralmente.

Hipótesis: La irradiación por una fuente de cobalto 60 incide en la concentración de Vitamina C.

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la pérdida de Vitamina C.

Variable Independiente: Dosis de irradiación, Tiempo

Variable Dependiente: Vitamina C.

Hipótesis alterna por cada tratamiento aplicado.

Para 150 Gy

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la pérdida del contenido de Vitamina C de la Fruta tropical a una dosis de irradiación de 150 Gy.

Para 250 Gy

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la Fruta tropical a una dosis de irradiación de 250 Gy.

Para 3000 Gy

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la Fruta tropical a una dosis de irradiación de 300 Gy.

Modelo matemático

Representación de las hipótesis:

H₀: $\mu_2 = \mu_1$

H₁: $\mu_2 > \mu_1$

Donde:

μ_1 = concentración media de la muestra en sin tratamiento.

μ_2 = concentración media de la muestra irradiada con cobalto 60.

La fórmula del valor de t calculado es la siguiente:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_p^2 \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}} \quad \text{Ecuación. 1}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad \text{Ecuación. 2}$$

Donde:

\bar{x}_1 = promedio del contenido de Vitamina C de la muestra sin tratamiento.

\bar{x}_2 = promedio de la concentración de la muestra irradiada con cobalto.

S_p = varianza combinada de las muestras.

n_1 = número de datos de la muestra sin tratamiento (15 datos).

n_2 = número de datos de la muestra irradiada con una fuente de cobalto 60 (15 datos).

Mediante resolución en un software estadístico se obtuvieron los siguientes resultados:

Para muestras irradiadas a una dosis de 150 Gy

Tabla 2-3: Estadísticas de grupo para 150 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Contenido de Vitamina c mg/100g	Muestra irradiada con 150 Gy	15	16,5432	7,4048	1,9119
	Muestra blanco	15	11,3179	11,9385	3,0825

Realizado por: Italo Freire

Tabla 3-3: Prueba de muestras independientes para 150 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Vitamina C	Se asumen varianzas iguales	18,402	,000	1,441	28	0,161	5,225	3,627	-2,20485	12,655
	No se asumen varianzas iguales			1,441	23,38	0,163	5,225	3,627	-2,2715	12,722

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{\text{Significancia bilateral}}{2}$$

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0.163}{2} = 0,0802$$

Para muestras irradiadas a una dosis de 250 Gy

Tabla 4-3: Estadísticas de grupo para 250 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Contenido de Vitamina c mg/100g	Muestra irradiada con 250 Gy	15	14,8129	10,4551	2,6994
	Muestra blanco	15	11,3179	11,9385	3,0825

Realizado por: Italo Freire

Tabla 5-3: Prueba de muestras independientes para 250 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Vitamina C	Se asumen varianzas iguales	1,968	0,172	0,853	28	0,401	3,4950	4,0974	-4,8982	11,8882
	No se asumen varianzas iguales			0,853	27,5	0,401	3,4950	4,0974	-4,9048	11,8948

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,401}{2} = 0,205$$

Para muestra irradiadas a una dosis de 300 Gy

Tabla 6-3: Estadísticas de grupo para 300 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Contenido de Vitamina C mg/100g	Muestra irradiada con 300 Gy	15	14,9011	11,3888	2,9406
	Muestra blanco	15	11,3179	11,9385	3,0825

Realizado por: Italo Freire

Tabla 7-3: Prueba de muestras independientes para 300 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Vitamina	Se asumen varianzas iguales	1,968	0,172	0,853	28	0,401	3,4950	4,09745	-4,8983	11,8883
	No se asumen varianzas iguales			0,853	27,5	0,401	3,4950	4,0974	-4,9048	11,8948

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,401}{2} = 0,200$$

T de tablas

Grados de libertad (*gl*):

$$gl = n_1 + n_2 - 2 \quad \text{Ecuación 4}$$

$$gl = 15 + 25 - 2$$

$$gl = 28$$

Nivel de confianza: 95%

Regla de decisión

Para rechazar la hipótesis nula y consecuentemente aceptar la hipótesis alterna se requiere que el valor de t calculado sea mayor que el T de tablas (Anexo 16). Esto implica que el valor de la significancia estadística sea menor que el 5% (0,05).

$$t_{\text{calculado}} < t_{\text{tablas}}$$

Decisión

Para 150 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t-Student para muestra independientes, con los grados de libertad de $gl= 28$, el valor t calculado es 1,441; cual es menor que el t-de tablas de 2,05. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de la investigación H_0 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la fruta tropical a una dosis de irradiación de 150 Gy”.

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$
$$1,441 < 2,05 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis nula}$$

Para 250 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t-Student para muestra independientes, con los $gl= 28$, el valor t calculado es 0,853; cual es menor que el t-de tablas de 2,05. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de la investigación H_0 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la fruta tropical a una dosis de irradiación de 250 Gy”.

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$
$$0,853 < 2,05 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis nula}$$

Para 300 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t-Student para muestra independientes, con $gl= 28$, el valor t calculado es 0,853; que es menor que el t-de tablas de 2,05. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de la investigación H_0 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la fruta tropical a una dosis de irradiación de 300 Gy”.

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$
$$0,853 < 2,05 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis nula}$$

Prueba de hipótesis para azúcares totales determinados por grados Brix

El análisis estadístico se evaluó mediante t-Student para muestras independientes unilateralmente.

Azúcares totales (°Brix)

Hipótesis: La irradiación por una fuente de cobalto 60 incide en el contenido de azúcares totales.

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la producción de azúcares totales conforme la fruta madura va madurando.

- **Variable Independiente:** Dosis de irradiación, Tiempo
- **Variable Dependiente:** Azúcares totales.

Hipótesis alterna por cada tratamiento aplicado.

Para 150 Gy

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la producción de azúcares totales conforme la fruta va madurando a una dosis de irradiación de 150 Gy.

Para 250 Gy

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la producción de azúcares totales conforme la fruta va madurando a una dosis de irradiación de 250 Gy.

Para 300 Gy

Hipótesis alterna: La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la producción de azúcares totales conforme la fruta va madurando a una dosis de irradiación de 300 Gy.

Modelo matemático

Representación de las hipótesis:

$$\mathbf{H_0: } \mu_2 = \mu_1$$

$$\mathbf{H_1: } \mu_2 \neq \mu_1$$

Donde:

μ_1 = concentración media de la muestra en sin tratamiento.

μ_2 = concentración media de la muestra irradiada con cobalto 60.

El valor de t calculado se calcula mediante la *Ecuación 1 y 2*

Donde:

\bar{x}_1 = promedio °Brix de la muestra sin tratamiento.

\bar{x}_2 = promedio °Brix de la muestra irradiada con cobalto.

Sp = varianza combinada de las muestras.

n_1 = número de datos de la muestra sin tratamiento (15 datos).

n_2 = número de datos de la muestra irradiada con una fuente de cobalto 60 (15 datos).

Mediante resolución en un software estadístico se obtuvieron los siguientes resultados:

Estadísticas de grupo para 150 Gy

Tabla 8-3: Estadísticas de grupo de Azúcares totales (°Brix) para 150 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
°Brix	Muestra irradiada con 150 Gy	15	19,0913	10,55175	2,72445
	Muestra blanco	15	21,1313	12,58941	3,25057

Realizado por: Italo Freire

Tabla 9-3: Prueba de muestras independientes de Azúcares totales (°Brix) para 150 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
°Brix	Se asumen varianzas iguales	2,213	0,148	0,481	28	0,634	2,0400	4,2413	-10,728	6,64796
	No se asumen varianzas iguales			0,481	27,2	0,634	2,0400	4,2413	-10,7399	6,65993

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,634}{2} = 0,317$$

Irradiada con 250 Gy

Tabla 10-3: Estadísticas de grupo de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 250 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
°Brix	Muestra irradiada con 250 Gy	15	17,9133	10,2308	2,6416
	Muestra blanco	15	21,1313	12,5894	3,2506

Realizado por: Italo Freire

Tabla 11-3: Prueba de muestras independientes de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 250 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
°Brix	Se asumen varianzas iguales	3,08	0,090	0,768	28	0,449	3,2180	4,1886	-11,7979	5,3619
	No se asumen varianzas iguales			0,768	26,9	0,449	3,2180	4,1886	-11,8141	5,3781

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,449}{2} = 0,225$$

Tabla 12-3: Estadísticas de grupo de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 300 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
°Brix	Muestra irradiada con 300 Gy	15	16,8733	10,1614	2,6237
	Muestra blanco	15	21,1313	12,5894	3,2506

Realizado por: Italo Freire

Tabla 13-3: Prueba de muestras independientes de Azúcares totales (°Brix) Irradiada con 300 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
°Brix	Se asumen varianzas iguales	3,28	0,081	1,019	28	0,317	4,2580	4,1773	-12,8148	4,2988
	No se asumen varianzas iguales			1,019	26,81	0,317	4,2580	4,1773	-12,832	4,3160

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,317}{2} = 0,108$$

T de tablas

Grados de libertad:

$$gl = n_1 + n_2 - 2 \quad \text{Ecuación 4}$$

$$gl = 15 + 15 - 2$$

$$gl = 28$$

Nivel de confianza: 95%

Regla de decisión

Para rechazar la hipótesis nula y consecuentemente aceptar la hipótesis alterna se requiere que el valor de t calculado sea mayor que el t de tablas (Anexo16). Esto implica que el valor de la significancia estadística sea menor que el 5% (0,05).

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$

Decisión

Para 150 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t -Student para muestra independientes, con $gl= 28$, el valor calculado o valor es de 0,418; que es mayor que el t -de tablas de 2,05. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de la investigación H_0 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la producción de azúcares totales conforme la fruta va madurando a una dosis de irradiación de 150 Gy.”.

$$t_{calculado} > t_{tablas}$$

$$0,418 < 2,05 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis nula}$$

Para 250 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t -Student para muestra independientes, con los $gl= 28$, el valor calculado o valor es de 0,768; que es mayor que el t -de tablas de 2,05. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de la investigación H_0 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la producción de azúcares totales conforme la fruta va madurando a una dosis de irradiación de 250 Gy.”.

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$

$$0,768 < 2,05 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis nula}$$

Para 300 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t -Student para muestra independientes, con los $gl= 28$, el valor calculado o valor es de 1,019; que es mayor que el t -de tablas de 2,05 (Anexo 16). Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de la investigación H_0 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la producción de azúcares totales conforme la fruta va madurando a una dosis de irradiación de 150 Gy.”.

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$

$$1,019 < 2,05 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis nula}$$

CONCLUSIONES

El plátano irradiado en todas las dosis aplicadas presentó bronceamiento debido a un aumento de la enzima polifenol oxidasa, observándose mayor firmeza en contraste con la fruta no irradiada, además se evidenció una deshidratación en el pedicelo, concluyendo que la irradiación con una fuente de cobalto ^{60}Co incide en orgánulos como las vacuolas y en la hidrólisis de celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina responsables de la firmeza del plátano retrasando la reacción.

El contenido de azúcares totales en las muestras irradiadas a 300 Gy, 250 Gy y 150Gy se obtuvieron valores de 27,40 , 28,10 y 30,69 ° Brix respectivamente, los cuales mostraron menor contenido de azúcares totales en confrontación con la muestra blanco, concluyendo que la irradiación con ^{60}Co retrasa la transformación bioquímica de polímeros a azúcares.

Las muestras tratadas presentaron un efecto de oxidación de vitamina C en el proceso de irradiación observándose una oxidación del contenido de ácido ascórbico a ácido deshidroascórbico al aumentar la dosis de ^{60}Co . Sin embargo las muestras irradiadas al transcurso del tiempo de maduración presentaron al final un mayor contenido de ácido ascórbico durante el tiempo de estudio, esta tendencia se mantuvo hasta el índice de Losecke = 8, evidenciando la inhibición de la enzima ácido ascórbico-oxidasa.

La radiación gamma proveniente de ^{60}Co presenta efectos retardantes en la maduración de la fruta, observando que la muestra tratada con 250 Gy fue la que mejor conservo las propiedades organolépticas y presentó menor cantidad de podredumbre de la corona del plátano, evidenciándose un retraso de dos puntos (20 días post irradiación) y un punto (23 días post irradiación) en la escala de maduración de Loesecke.

A este estudio la irradiación con una fuente de ^{60}Co tuvo un efecto conservativo del contenido de vitamina C en todos las dosis de irradiación principalmente en las muestra tratadas a 150 Gy, sin embargo los valores obtenidos de los tratamientos frente a la muestra control no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Hasta el grado de maduración IL= 5 la radiación presentó un mayor efecto de conservación de vitamina C considerando desde esta fase, se obtuvo diferencias significativas para las muestras irradiadas con 250 Gy y 300 Gy, concluyendo que la irradiación sobre *Musa paradisiaca* tiene efectos retardantes en la degradación ácido ascórbico.

RECOMENDACIONES

- Realizar un proceso de extracción y determinación de vitamina C estandarizado, a una temperatura ambiente alrededor de 20 °C y protegido de la luz directa, ya que el ácido ascórbico es foto sensible y termolábil, si no se tiene en cuenta estas determinantes se pueden perturbar los resultados.
- Previo al proceso de extracción de vitamina C enfriar los materiales por un tiempo mínimo de 3 minutos a utilizar, para garantizar que en el transcurso de la extracción los materiales no lleguen a temperaturas que puedan oxidar el ácido ascórbico.
- Se recomienda agua tipo I y reactivos grado HPLC así como de materiales limpios con el fin evitar interferencias y contaminación de las muestras.
- Se recomienda realizar estudios de contenido de vitamina C en muestras irradiadas con un acelerador de electrones para evaluar resultados con ejemplares irradiadas con una fuente de cobalto 60.
- Es trascendental el apoyo a este tipo de proyectos en nuestro país tanto a nivel académico como empresarial, ya que con la irradiación de frutas (un proceso mínimamente invasivo), se puede retardar la maduración y alargar la vida de estantería, ofertando mayores capacidades competitivas internacionalmente.

BIBLIOGRAFÍA

Aina, J.O., Adesiji, O.F. Y Ferris, S.R.B., 1999. Effect of γ -irradiation on post-harvest ripening of plantain fruit (*Musa paradisiaca*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 79, no. 5, pp. 653-656. ISSN 00225142. DOI 10.1002/(SICI)1097-0010(199904)79:5<653::AID-JSFA227>3.0.CO;2-A.

Ansorena, D., et.al. 2003. *Alimentos Composición y Propiedades*. S.l.: s.n. ISBN 8448603052.

Apicius Apicio, [sin fecha]. Vagabundeando por los libros: ORIGEN E HISTORIA DEL PLATANO *Musa paradisiaca* L. [en línea]. [Consulta: 4 marzo 2019]. Disponible en: <https://apiciusysuslibros.blogspot.com/2010/12/origen-e-historia-del-platano-musa.html>.

Atómica, O.I. de E., 2013. *Manuales de buenas prácticas para la irradiación de alimentos*, vol. 481, pp. 108.

Badui Dergal, S., 2006. *Salvador Badui Dergal*. S.l.: s.n. ISBN 9702606705.

Baquero Méndez, D. y Mieles López, J.D., [sin fecha]. Los 'booms' en perspectiva: cacao y banano.

Castellanos, D.A., Algecira, N.A. y Villota, C.P., 2011. Aspectos relevantes en el almacenamiento de banano en empaques con atmósferas modificadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha*, vol. 12, no. 2, pp. 114-134. ISSN 01887017.

CODEX ALIMENTARIUS, 2003. Norma General para los alimentos Irradiados CODEX STAN 106-1983. , pp. 1-3.

Diehl, J.F., 2002. Food irradiation Past, present and future. , vol. 63, pp. 211-215.

Ecuador, U.A. Del, 2015. Universidad Agraria Del Ecuador Facultad De Ciencias Agrarias Programa Regional De Enseñanza Balzar

Espinosa, A. y Santacruz, S., 2017. Phenolic compounds from the peel of *Musa cavendish*, *Musa acuminata* and *Musa cavandanaish* Compuestos fenólicos a partir de la corteza de *Musa cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish*. , vol. 38, no. 2.

GARCÍA et.al. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin- Ciocalteu. [en línea], Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia Martínez et al.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia_Martínez_et_al.pdf?sequence=1).

Garzón, M.A.G., Rojano, B.A. y Guerrero, C.A., 2012. Inhibición de la polifenoloxidasas extraída del banano (*cavendish*) por medio de algunos derivados del isoespintanol. *Corporación Universitaria Lasallista* [en línea], pp. 193-248. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/148>.

GOLDING, et al. 2014. Low dose gamma irradiation does not affect the quality, proximate or nutritional profile of «Brigitta» blueberry and «Maravilla» raspberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 96, pp. 49-52. ISSN 09255214. DOI 10.1016/j.postharvbio.2014.05.002.

Graham, W.D. y Stevenson, M.H., 1997. Effect of irradiation on vitamin C content of strawberries and potatoes in combination with storage and with further cooking in potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 75, no. 3, pp. 371-377. ISSN 00225142. DOI 10.1002/(SICI)1097-0010(199711)75:3<371::AID-JSFA890>3.0.CO;2-P.

Hernandez, E., 1986. Physical And Chemical Changes During The Ripening Of Bananas And Plantains. (a review). [en línea], vol. 7, no. 1. Disponible en: <http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/viewFile/11413/11403>.

Jo, Y., Nam, H., Rani, S., Baek, M. Y Lim, S., 2018. Scientia Horticulturae Postharvest irradiation as a quarantine treatment and its effects on the physicochemical and sensory qualities of Korean citrus fruits. *Scientia Horticulturae*, vol. 236, no. December 2017, pp. 265-271. ISSN 0304-4238. DOI 10.1016/j.scienta.2017.12.029.

Johnson, et. al., 1990. Interaction of post harvest disease control treatments and gamma irradiation on mangoes. *Annals of Applied Biology*, vol. 116, no. 2, pp. 245-251. ISSN 17447348. DOI 10.1111/j.1744-7348.1990.tb06604.x.

Ketiku, A.O., 1973. Chemical composition of unripe (green) and ripe plantain (*Musa paradisiaca*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 24, no. 6, pp. 703-707. ISSN 10970010. DOI 10.1002/jsfa.2740240610.

Magwaza, L.S. y Opara, U.L., 2015. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products-A review. *Scientia Horticulturae* [en línea], vol. 184, pp. 179-192. ISSN 03044238. DOI 10.1016/j.scienta.2015.01.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.001>.

MOY, J.H., [sin fecha]. Tropical Fruit Irradiation-From Research to Commercial Application. [en línea]. S.l.: [Consulta: 17 marzo 2019]. Disponible en: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/40/051/40051969.pdf.

Nucleares, I. de investigaciones, 1991. Investigación de irradiación de frutas. ,

P.B. Roberts, [sin fecha]. Cobalt 60 - an overview | ScienceDirect Topics. [en línea]. [Consulta: 17 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/cobalt-60>.

Patil, B.S., Vanamala, J. y Hallman, G., 2004. Irradiation and storage influence on bioactive components and quality of early and late season ' Rio Red ' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.), vol. 34, pp. 53-64. DOI 10.1016/j.postharvbio.2004.03.015.

Patil, S.K. y Shanmugasundaram, S., 2015. Physicochemical Changes During Ripening Of Monthan Banana. , vol. 3, no. 02, pp. 18-21.

Quiceno, M.C., Giraldo, G.A. y Villamizar, H. rafael, 2014. Physical-chemical characterization of plantain (*Musa paradisiaca* sp . AAB , Simmonds) for industrialization *Materiales y métodos*. ,

RAMAIYA, S.D., et. al. 2013. Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 93, no. 5, pp. 1198-1205. ISSN 00225142. DOI 10.1002/jsfa.5876.

RNI, 2005. 10 Ascorbic Acid (Vitamin C). [en línea], no. Vitamin C. Disponible en: http://www.moh.gov.my/images/gallery/rni/10_chat.pdf.

SENA, [sin fecha]. Centro Internacional de Producción Limpia Lope Nariño Aprendiz Eduardo Esneider Pasaje alvear Tecnólogo Mecanización Agrícola ficha San Juan de. - ppt descargar. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2019]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/13917693/>.

Skoog, D., Holler, F. y Nieman, T., 2008. *Principios de analisis instrumental* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9706868291. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Principios+de+analisis+instrumental#1%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Principios+de+an?lis+instrumental%231>.

Torres, A., Cortez, R. y Zambrana, R., 2003. Estudio proximal comparativo de la cáscara y pulpa del plátano variedad dominico (musa paradisiaca) para su aprovechamiento completo en la alimentación humana y animal. *Sistema Bibliotecario Universidad de El Salvador*, pp. 86.

Vargas, J., Vivanco, M. y Maldonado, M., 2012. Aplicaciones de la radiación gamma en frutas y hortalizas . Perspectivas agroindustriales para el espárrago peruano. *Ipen*, no. 1, pp. 123-128.

VON LOESECKE, H.W., 1950. *Bananas; chemistry, physiology, technology*. [en línea]. 2d rev. ed. S.l.: New York,. [Consulta: 5 marzo 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2027/mdp.39015069710070>.

Wall, M.M., 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 19, no. 5, pp. 434-445. ISSN 08891575. DOI 10.1016/j.jfca.2006.01.002.

Wall, M.M., 2007. Postharvest Quality and Ripening of Dwarf Brazilian Bananas (*Musa sp.*) after X-ray Irradiation Quarantine Treatment. , vol. 42, no. 1, pp. 130-134.

Wang, J. y Chao, Y., 2002. Drying characteristics of irradiated apple slices. *Journal of Food Engineering*, vol. 52, no. 1, pp. 83-88. ISSN 02608774. DOI 10.1016/S0260-8774(01)00090-5.

Anexo B: Resultados de vitamina C

ÁCIDO ASCÓRBICO															
Día post-irradiació n	4			8			20			23			26		
	Àrea	Concentració n mg/100g	X mg/100g												
Muestra blanco 1	9250,4253	25,7460	26,3219	8840,2350	24,5745	24,2888	1742,3432	4,3036	4,5802	759,8352	1,4977	1,1560	240,3451	0,0141	0,2427
	9452,4351	26,3229		8739,4020	24,2865		1742,3028	4,8494		640,6342	1,1573		300,4451	0,1857	
	9653,4351	26,8969		8640,9241	24,0053		1648,2741	4,5877		520,1245	0,8131		420,4032	0,5283	
Muestra irradiada con 150Gy A 1	8954,2221	24,9000	25,3591	8653,5483	24,0414	23,2735	5880,8530	16,3683	16,9965	3664,7230	9,7938	9,5936	2973,4242	7,8195	7,4936
	9140,3281	25,4316		7954,5361	22,0450		6704,4232	18,6605		3678,8735	9,8342		2753,4242	7,1912	
	9250,3253	25,7457		8545,9540	23,7341		5734,4232	15,9607		3440,3420	9,1529		2851,1311	7,4702	
Muestra irradiada con 250Gy A 2	9030,4215	25,1177	24,9006	8749,3569	24,3150	24,1977	7142,4020	19,8795	19,6755	1423,8351	3,3940	2,8066	1040,8520	2,3002	2,4843
	8945,3741	24,8748		8543,4254	23,7269		6923,3271	19,2698		1224,8353	2,8257		1134,8435	2,5687	
	8887,4512	24,7094		8832,0542	24,5511		7141,5028	19,8770		1005,8315	2,2002		1140,2554	2,5841	
Muestra irradiada con 300Gy A 3	8765,2342	24,3603	22,7575	8552,3242	23,7523	24,1502	8891,4032	24,7476	24,5526	959,6300	2,0683	1,4274	754,6353	1,4828	1,6175
	8867,5425	24,6525		8643,5376	24,0128		8840,3025	24,6053		874,2790	1,8245		860,4012	1,7849	
	6979,207	19,2596		8879,1217	24,6856		8732,4020	24,3050		371,7900	0,3895		790,3475	1,5848	

Realizado por: Italo Freire

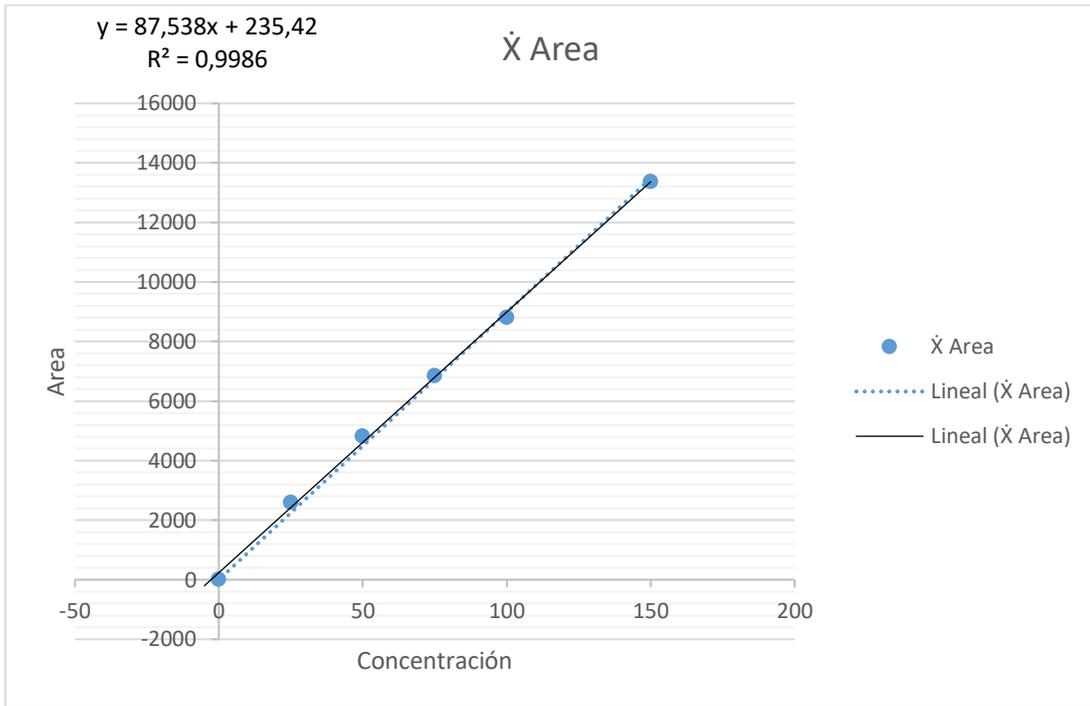
Anexo C: Resultado de azúcares totales

AZÚCARES TOTALES

	DÍA 4		DÍA 8		DÍA 20		DÍA 23		DÍA 26	
	° Brix	Ẋ	° Brix	Ẋ	° Brix	Ẋ	° Brix	Ẋ	° Brix	Ẋ
Muestra blanco 1	5,35	5,34	8,30	7,88	27,56	27,54	29,4	29,50	35,41	35,39
	5,21		7,45		27,47		29,54		35,42	
	5,45		7,90		27,60		29,57		35,34	
Muestra irradiada con 150Gy A 1	6,37	6,39	7,21	7,26	25,75	25,73	25,37	25,38	30,67	30,69
	6,45		7,35		25,65		25,39		30,71	
	6,35		7,22		25,80		25,38		30,7	
Muestra irradiada con 250Gy A2	5,23	5,33	6,42	6,49	24,54	24,53	25,11	25,12	27,9	28,10
	5,35		6,72		24,55		25,12		28,1	
	5,40		6,33		24,50		25,13		28,3	
Muestra irradiada con 300Gy A3	4,60	4,53	5,40	5,49	22,49	22,48	24,47	24,46	27,4	27,40
	4,50		5,60		22,47		24,47		27,5	
	4,48		5,48		22,49		24,45		27,3	

Realizado por: Italo Freire

Anexo D: Curva de calibración de vitamina C



Realizado por: Italo Freire

Anexo E: Muestras en la incubadora a temperatura de 25°C



Realizado por: Italo Freire

Anexo F: Muestras a los 4 días post irradiación

Muestra sin tratamiento



Muestra irradiada con 150 Gy



Muestra irradiada con 250 Gy



Muestra irradiada con 300 Gy



Realizado por: Italo Freire

Anexo G: Muestra a temperatura constante al día 8 pos- Irradiación



Realizado por: Italo Freire

Anexo H: Certificado de irradiación de muestras



SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES
NUCLEARES



LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIONES DOSIMÉTRICAS

CERTIFICADO DE IRRADIACIÓN DE MUESTRAS

El Laboratorio de Patrones Secundarios certifica que realizó la irradiación de 3 muestras,
ITALO FREIRE, con la descripción detallada a continuación.

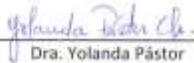
Cliente: ITALO FREIRE
RUC: 1804269122
Contacto: Italo Freire
Nº De Servicio: 1533-2018
La muestras fueron recibidas, irradiadas y entregadas a Italo Freire

DETALLE DE LA IRRADIACIÓN:

Equipo Irradiador: JLSHEPARD MODEL 109 COBALTO-60

Fecha de irradiación:		2019-01-23		Tasa de Dosis:		3,28 Gy/min	
Código	Tipo de muestra	Dosis irradiada [Gy]	Tiempo de irradiación [min dec]	Número de Muestras	Observaciones		
s/n	Banano	150	45,67	1			
s/n	Banano	250	76,12	1			
s/n	Banano	300	91,34	1			
Total de muestras irradiadas:			3				

El Laboratorio de Patrones Secundarios certifica además que las muestras han sido irradiadas bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Irradiado por: 
Dra. Yolanda Pástor

Responsable LPS: 
Ing. Enrique Arévalo

Fecha emisión: 2019-01-30

Anexo I: Muestras en el Día 20 posterior a la irradiación.



Realizado por: Italo Freire

Anexo J: Muestras en el día 26 posterior a la irradiación



Realizado por: Italo Freire

Anexo K: Preparación de reactivos



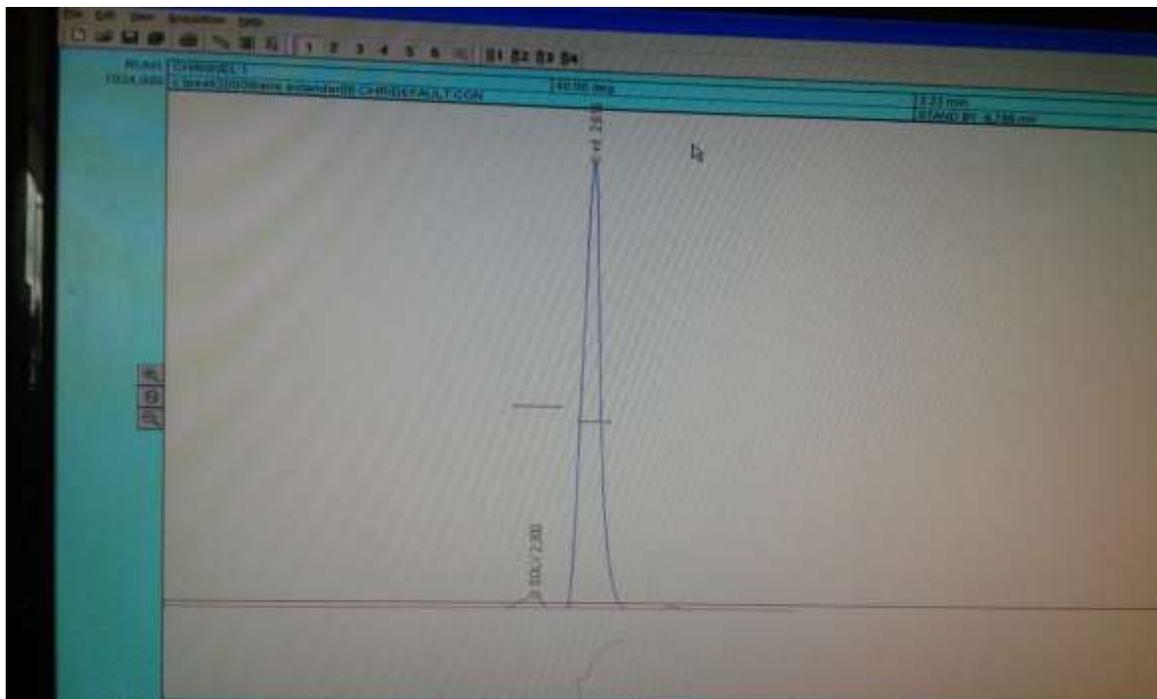
Realizado por: Italo Freire

Anexo L: Preparación de estándar



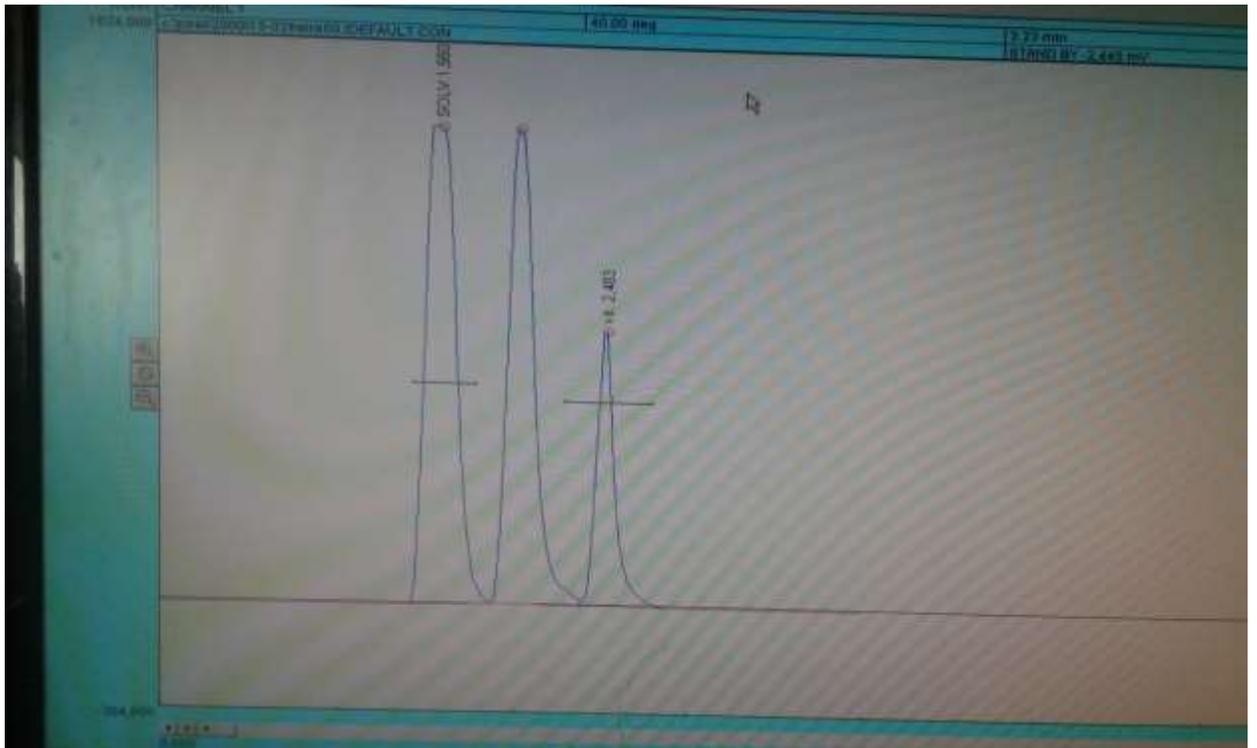
Realizado por: Italo Freire

Anexo M: Pico del estándar de Vitamina C



Realizado por: Italo Freire

Anexo N: Pico de las muestras de banano



Realizado por: Italo Freire

Anexo O: Refractómetro

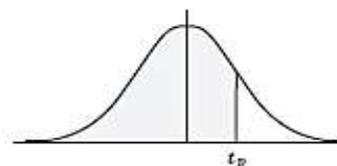


Realizado por: Italo Freire

Anexo P: Valores de la distribución t-student

Apéndice III

Valores percentiles (t_p)
correspondientes a
la distribución t de Student
con ν grados de libertad
(área sombreada = p)



ν	$t_{.995}$	$t_{.99}$	$t_{.975}$	$t_{.95}$	$t_{.90}$	$t_{.80}$	$t_{.75}$	$t_{.70}$	$t_{.60}$	$t_{.55}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08	1.376	1.000	.727	.325	.158
2	9.92	6.96	4.30	2.92	1.89	1.061	.816	.617	.289	.142
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64	.978	.765	.584	.277	.137
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	.941	.741	.569	.271	.134
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48	.920	.727	.559	.267	.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	.906	.718	.553	.265	.131
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42	.896	.711	.549	.263	.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	.889	.706	.546	.262	.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	.883	.703	.543	.261	.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	.879	.700	.542	.260	.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	.876	.697	.540	.260	.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36	.873	.695	.539	.259	.128
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.35	.870	.694	.538	.259	.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	.868	.692	.537	.258	.128
15	2.95	2.60	2.13	1.75	1.34	.866	.691	.536	.258	.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	.865	.690	.535	.258	.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	.863	.689	.534	.257	.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	.862	.688	.534	.257	.127
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33	.861	.688	.533	.257	.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	.860	.687	.533	.257	.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	.859	.686	.532	.257	.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	.858	.686	.532	.256	.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	.858	.685	.532	.256	.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	.857	.685	.531	.256	.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
27	2.77	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.684	.531	.256	.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.683	.530	.256	.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
30	2.75	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
40	2.70	2.42	2.02	1.68	1.30	.851	.681	.529	.255	.126
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	.848	.679	.527	.254	.126
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	.845	.677	.526	.254	.126
∞	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	.842	.674	.524	.253	.126

Fuente: R. A. Fisher y F. Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research* (Tablas de estadísticas para la investigación biológica, agrícola y médica) (5a. edición), Tabla III, Oliver and Boyd Ltd., Edinburg, con autorización de los autores y editores.

Anexo Q: Datos de las muestras para los diferentes tratamientos

No. muestra	Tipo de tratamiento	Día	Vitamina C	Grados Brix
1	Muestra blanco	4	25,7460	5,35
2	Muestra blanco	4	26,3229	5,21
3	Muestra blanco	4	26,8969	5,45
4	Muestra blanco	8	24,5745	8,30
5	Muestra blanco	8	24,2865	7,45
6	Muestra blanco	8	24,0053	7,90
7	Muestra blanco	20	4,3036	27,56
8	Muestra blanco	20	4,8494	27,47
9	Muestra blanco	20	4,5877	27,60
10	Muestra blanco	23	1,4977	29,40
11	Muestra blanco	23	1,1573	29,54
12	Muestra blanco	23	0,8131	29,57
13	Muestra blanco	26	0,0141	35,41
14	Muestra blanco	26	0,1857	35,42
15	Muestra blanco	26	0,5283	35,34
16	Muestra irradiada con 150 Gy	4	24,9000	6,37
17	Muestra irradiada con 150 Gy	4	25,4316	6,45
18	Muestra irradiada con 150 Gy	4	25,7457	6,35
19	Muestra irradiada con 150 Gy	8	24,0414	7,21
20	Muestra irradiada con 150 Gy	8	22,0450	7,35
21	Muestra irradiada con 150 Gy	8	23,7341	7,22
22	Muestra irradiada con 150 Gy	20	16,3683	25,75
23	Muestra irradiada con 150 Gy	20	18,6605	25,65
24	Muestra irradiada con 150 Gy	20	15,9607	25,80
25	Muestra irradiada con 150 Gy	23	9,7938	25,37
26	Muestra irradiada con 150 Gy	23	9,8342	25,39
27	Muestra irradiada con 150 Gy	23	9,1529	25,38
28	Muestra irradiada con 150 Gy	26	7,8195	30,67
29	Muestra irradiada con 150 Gy	26	7,1912	30,71
30	Muestra irradiada con 150 Gy	26	7,4702	30,70
31	Muestra irradiada con 250 Gy	4	25,1177	5,23
32	Muestra irradiada con 250 Gy	4	24,8748	5,35
33	Muestra irradiada con 250 Gy	4	24,7094	5,40
34	Muestra irradiada con 250 Gy	8	24,3150	6,42
35	Muestra irradiada con 250 Gy	8	23,7269	6,72
36	Muestra irradiada con 250 Gy	8	24,5511	6,33
37	Muestra irradiada con 250 Gy	20	19,8795	24,54
38	Muestra irradiada con 250 Gy	20	19,2698	24,55
39	Muestra irradiada con 250 Gy	20	19,8770	24,50
40	Muestra irradiada con 250 Gy	23	3,3940	25,11

No. muestra	Tipo de tratamiento	Día	Vitamina C	Grados Brix
41	Muestra irradiada con 250 Gy	23	2,8257	25,12
42	Muestra irradiada con 250 Gy	23	2,2002	25,13
43	Muestra irradiada con 250 Gy	26	2,3002	27,90
44	Muestra irradiada con 250 Gy	26	2,5687	28,10
45	Muestra irradiada con 250 Gy	26	2,5841	28,30
46	Muestra irradiada con 300Gy	4	24,3603	4,60
47	Muestra irradiada con 300Gy	4	24,6525	4,50
48	Muestra irradiada con 300Gy	4	19,2596	4,48
49	Muestra irradiada con 300Gy	8	23,7523	5,40
50	Muestra irradiada con 300Gy	8	24,0128	5,60
51	Muestra irradiada con 300Gy	8	24,6856	5,48
52	Muestra irradiada con 300Gy	20	24,7476	22,49
53	Muestra irradiada con 300Gy	20	24,6053	22,47
54	Muestra irradiada con 300Gy	20	24,3050	22,49
55	Muestra irradiada con 300Gy	23	2,0683	24,47
56	Muestra irradiada con 300Gy	23	1,8245	24,47
57	Muestra irradiada con 300Gy	23	0,3895	24,45
58	Muestra irradiada con 300Gy	26	1,4828	27,40
59	Muestra irradiada con 300Gy	26	1,7849	27,50
60	Muestra irradiada con 300Gy	26	1,5848	27,30

Realizado por: Italo Freire

Anexo R: Prueba T-student para datos de contenido de vitamina C IL> 5 (día 20 al día 26)

Estadísticas de grupo para 150 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Contenido de Vitamina c mg/100g	Muestra irradiada con 150 Gy	9	11,6532	4,17521	1,39174
	Muestra blanco	9	2,4167	1,82978	0,60993

Realizado por: Italo Freire

Prueba de muestras independientes para 150 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Vitamina C	Se asumen varianzas iguales	9,573	,007	-6,07	16	0,000	9,23655	1,51952	6,01531	12,4577
	No se asumen varianzas iguales			-6,07	10,96	0,000081	9,23655	1,51952	5,89076	12,5823

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,00008}{2} = 0,00004$$

Estadísticas de grupo para 250 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Contenido de Vitamina c mg/100g	Muestra irradiada con 250 Gy	9	2,4167	1,82978	0,60993
	Muestra blanco	9	8,7140	8,22954	2,74318

Realizado por: Italo Freire

Prueba de muestras independientes para 250 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Vitamina C	Se asumen varianzas iguales	36,005	0,000	-2,24	16	0,040	-6,29734	2,81017	12,25463	-,34005
	No se asumen varianzas iguales			-2,24	8,789	0,05245	-6,29734	2,81017	-12,6777	,08304

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,05245}{2} = 0,026225$$

Para 300 Gy

Estadísticas de grupo para 300 Gy

Estadísticas de grupo					
	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Contenido de Vitamina c mg/100g	Muestra irradiada con 300 Gy	9	2,4167	1,82978	0,60993
	Muestra blanco	9	9,6102	11,21664	3,73888

Realizado por: Italo Freire

Prueba de muestras independientes para 300 Gy

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Vitamina C	Se asumen varianzas iguales	42,967	0,000	-1,899	16	0,076	-7,19347	3,78830	-15,22432	,83737
	No se asumen varianzas iguales			-1,899	8,425	0,09228	-7,19347	3,78830	-15,85312	1,46617

Realizado por: Italo Freire

$$\text{Significancia unilateral} = \frac{0,09228}{2} = 0,04614$$

T de tablas

Grados de libertad:

$$gl = n_1 + n_2 - 2$$

$$gl = 9 + 9 - 2$$

$$gl = 16$$

Nivel de confianza: 95%

Regla de decisión

Para rechazar la hipótesis nula y consecuentemente aceptar la hipótesis alterna se requiere que el valor de t calculado sea menor que el T de tablas (Anexo 16). Esto implica que el valor de la significancia estadística sea menor que el 5% (0,05).

$$t_{\text{calculado}} < t_{\text{tablas}}$$

Decisión

Para 150 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t-Student para muestra independientes, con los grados de libertad de 16, el valor calculado o valor es de 6,079; que es mayor que el t-de tablas de -1,7459. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de la investigación H_0 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la Fruta tropical a una dosis de irradiación de 150 Gy”.

$$t_{calculado} > t_{tablas}$$
$$6,076 > -1,7459 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis nula}$$

Para 250 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t-Student para muestra independientes, con 16 grados de libertad, el valor calculado o valor es de -2,24, que es menor que el t-de tablas de -1,7459. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de la investigación y se acepta la hipótesis alterna H_1 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la Fruta tropical a una dosis de irradiación de 250 Gy.”. El margen de error en la aceptación de la hipótesis alterna es de 0,0134 (1,34%), que es menor al 0,05 (5%) admisible.

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$
$$-2,24 < -1,7459 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis alternativa}$$

Para 300 Gy

De acuerdo al resultado obtenido para la t-Student para muestra independientes, con 16 grados de libertad, el valor calculado o valor es de -1,899, que es menor que el t-de tablas de -1,7459. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de la investigación y se acepta la hipótesis alterna H_1 : “La irradiación por una fuente de cobalto 60 no retarda la pérdida del contenido de vitamina C de la Fruta tropical a una dosis de irradiación de 300 Gy.”. El margen de error en la aceptación de la hipótesis alterna es de 0,026225 (2,62%), que es menor al 0,05 (5%) admisible.

$$t_{calculado} < t_{tablas}$$
$$-1,899 < -1,7459 \rightarrow \text{Se acepta la hipótesis alternativa}$$