



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Unidad de Integración Curricular
previo a la Obtención del título de
Ingeniera en Alimentos

Título de la Unidad de Integración Curricular:
VALORACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS EN LA
MADURACIÓN ARTIFICIAL DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)
VARIEDAD HAWAIANA USANDO ACETILURO DE CALCIO CaC_2
COMO AGENTE DE MADURACIÓN.

Autora:

Liz Geanella Aspiazu Sánchez

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Diego Armando Tuárez García M.Sc

Mocache-Los Ríos- Ecuador

2021



Acreditada

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 –05) 753 300 / 753 303 / 752 177

E.mail.info@uteq.edu.ec /fcp_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

*La Primera Universidad Agropecuaria del País. **Acreditada***

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Liz Geanella Aspiazu Sánchez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.....
Liz Geanella Aspiazu Sánchez

C.I.: 1206678904.



Acreditada

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 –05) 753 300 / 753 303 / 752 177

E.mail.info@uteq.edu.ec /fcp_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

El suscrito, **Ing. Diego Armando Tuárez García, M.Sc.**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Liz Geanella Aspiazú Sánchez**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“VALORACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS EN LA MADURACIÓN ARTIFICIAL DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) VARIEDAD HAWAIANA USANDO ACETILURO DE CALCIO CaC_2 COMO AGENTE DE MADURACIÓN”** previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....
Ing. Diego Armando Tuárez García, M.Sc.
TUTOR DE LA UNIDAD INTEGRACIÓN CURRICULAR



Acreditada

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177

E.mail.info@uteq.edu.ec /fcp_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito Ing. Diego Amando Tuárez García M.Sc., en calidad de Director del Proyecto de Investigación **“VALORACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS EN LA MADURACIÓN ARTIFICIAL DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) VARIEDAD HAWAIANA USANDO ACETILURO DE CALCIO CaC_2 COMO AGENTE DE MADURACIÓN”**, realizado por el Srta. Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Alimentos Aspiazu Sánchez Liz Geanella, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 6%, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.



Document Information

Analyzed document	Tesis maduracion papaya- Liz Aspiazu.docx (D102836651)
Submitted	4/25/2021 7:56:00 PM
Submitted by	
Submitter email	liz.aspiazu2016@uteq.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	dtuarez.uteq@analysis.orkund.com

.....
Ing. Diego Armando Tuárez García, M.Sc.

TUTOR DE LA UNIDAD INTEGRACIÓN CURRICULAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“VALORACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS EN LA
MADURACIÓN ARTIFICIAL DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) VARIEDAD
HAWAIANA USANDO ACETILURO DE CALCIO CaC_2 COMO AGENTE DE
MADURACIÓN”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos.

Aprobado por:

.....
Ing. Christian Vallejo Torres M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Ángel Fernández Escobar M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Vicente Guerrón Troya M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios quien me dio la vida y me ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, al él que con su infinito amor me brinda sabiduría para culminar este proyecto.

También quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mis padres Alfredo Aspiazu y Juana Sánchez por todo su esfuerzo y por hacerme una joven de bien, además de su sacrificio y paciencia que me demostraron durante todos estos años.

Aprovecho también este espacio para agradecer a mis hermanas Deyanira y Arianna y a mi pareja Kelvin Naranjo por estar siempre presentes, por su cariño y apoyo incondicional de igual manera agradecer a un excelente amigo Martin Solórzano por su valiosísima ayuda de forma desinteresada y buena voluntad.

Muy especialmente quiero agradecer al director de tesis Ing. Diego Tuárez por su inestimable ayuda, sus aportaciones y acertada orientación a este proyecto de investigación.

Gracias a todas las personas que han formado parte de mi vida que de uno u otro modo me ayudaron a crecer como persona y profesionalmente, me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía, algunos están conmigo y otras en mis recuerdos y mi corazón, sin importar donde se encuentren quiero darles las gracias.

Para ellos: Muchas gracias...

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres quienes día a día han caminado de la mano junto a mí, a ellos por brindarme un amor incondicional y haber estado allí en cada momento de mi infancia y juventud, por todos los sacrificios que han hecho, por su amor y dedicación. Me alegra que hoy me acompañen en mis logros porque cada uno se los dedico a ustedes, sin duda son todo para mí. Gracias por darme la vida y espero que la vida me dé la dicha de estar juntos siempre.

Con amor

Liz

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo valorar los parámetros físicos, químicos en la maduración artificial de papaya (*Carica papaya* L.) variedad hawaiana usando el acetiluro de calcio CaC_2 como agente de maduración. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial $A \times B$ para determinación de diferencias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad, se analizaron variables fisicoquímicas (textura, pH, brix, acidez) y variables bromatológicas (humedad, cenizas, proteína, fibra, energía), los resultados del análisis fisicoquímicos demostraron que existieron diferencias significativas, en la variable textura la mejor respuesta fue el tratamiento T_6 con (1,80 kg/f) , el pH con los tratamiento T_1 (5,76), T_4 (5,42), T_6 (5,54), brix con los tratamientos T_4 y T_6 con 10,07 y 12,40%, acidez con el tratamiento T_6 con el valor más bajo con (0,8%), a nivel de humedad el mejor tratamiento fue el T_6 con (92,22%), ceniza el T_1 con el valor más bajo (3,20%), proteína los tratamientos T_5 y T_6 con 4,34 y 5,34 %, fibra presenta una leve disminución siendo su mejor tratamiento el T_6 con 1,42%, energía con el T_6 (0,87kcal) dichos valores registrados en este estudio son comparables a otras investigaciones similares ajustándose a los parámetros establecidos.

Palabras claves: fruta climatérica, acetileno, bromatológico, etileno.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The objective of this research was to evaluate the physical and chemical parameters in the artificial ripening of papaya (*Carica papaya* L.) Hawaiian variety using calcium acetylide CaC₂ as ripening agent. A completely randomized design with AxB bifactorial arrangement was applied to determine differences using Tukey's multiple range test at 5% probability, physicochemical variables (texture, pH, brix, acidity) and bromatological variables (humidity, ash, protein, fiber, energy, energy, protein, protein, fiber and acidity) were analyzed, The results of the physicochemical analysis showed that there were significant differences in the texture variable, the best response was the T₆ treatment with (1.80 kg/f), the pH with the treatment T₁ (5,76), T₄ (5,42), T₆ (5,54), brix with treatments T₄ and T₆ with (10.07) and (12.40%), acidity with treatment T₆ with the lowest value with (0.8%), at moisture level the best treatment was T₆ with (92.22%), ash the T₁ with the lowest value (3.20%), protein the treatments T₅ and T₆ with (4,34) and (5.34%), fiber showed a slight decrease being the best treatment T₆ with 1.42%, energy with T₆ (0.87kcal), these values recorded in this study are comparable to other similar researches, adjusting to the established parameters.

Key words: fruit climacteric, acetylene, bromatological, ethylene.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.	5
1.1.3. Sistematización del problema.	5
1.2. OBJETIVOS.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.	6
1.3. Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual.	9
2.1.1. Maduración.	9
2.1.2. Maduración artificial.....	9
2.1.3. Fruta climatérica.	9
2.1.4. Etileno.....	9
2.1.5. Acetiluro de calcio.	9
2.1.6. Gas acetileno.....	10
2.2. Marco referencial.....	10
2.2.1. Papaya (<i>Carica papaya</i>).	10
2.2.1.1. Composición química de la papaya.....	10
2.2.1.2. Variedades de papaya.....	11
2.2.1.3. Producción de papaya en Ecuador.	12

2.2.2.	Procesos fisiológicos de la papaya.....	12
2.2.2.1.	Respiración.....	12
2.2.2.2.	Transpiración.....	12
2.2.2.3.	Producción de etileno.	13
2.2.3.	Maduración.	14
2.2.3.1.	Tipos de madurez.	15
2.2.3.2.	Principales cambios durante la maduración.	16
2.2.3.3.	Índice de maduración.	17
2.2.3.4.	Control de la maduración.	18
2.2.4.	Procesos de maduración artificial.	19
2.2.4.1.	Condiciones para la maduración artificial.....	19
2.2.5.	Acetiluro de calcio.	20
2.2.5.1.	Efectos del acetileno en la maduración.	20
2.2.5.2.	Aplicación de acetiluro de calcio.	20
2.2.6.	Normativa del uso de acetiluro de calcio.....	21
CAPÍTULO III.		22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		22
3.1.	Localización.....	23
3.2.	Tipo de investigación.	23
3.2.1.	Investigación documental.	23
3.2.2.	Investigación experimental.	23
3.3.	Métodos de investigación.	24
3.3.1.	Método deductivo- inductivo.....	24
3.3.2.	Método estadístico.	24
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	24
3.5.	Diseño de investigación.....	24
3.6.	Esquema del ANDEVA.....	24

3.7.	Factores de estudio.	25
3.8.	Tratamientos de datos.	26
3.8.1.	Modelo matemático.	27
3.9.	Procedimiento experimental.	27
3.9.1.	Muestreo.	27
3.9.2.	Maduración.	27
3.9.3.	Preparación de las muestras.	28
3.10.	Instrumentos de la investigación.	28
3.10.1.	Variables a estudiar.	28
3.10.1.1.	Brix.	28
3.10.1.2.	pH.	28
3.10.1.3.	Acidez.	28
3.10.1.4.	Textura.	29
3.10.1.5.	Humedad.	29
3.10.1.6.	Cenizas.	29
3.10.1.7.	Proteína.	29
3.10.1.8.	Fibra.	29
3.10.1.9.	Energía.	30
3.11.	Recursos humanos y materiales.	30
3.11.1.	Recursos humanos.	30
3.11.2.	Materiales.	30
3.11.2.1.	Materiales y equipos de campo.	30
3.11.2.2.	Materiales y equipos de laboratorio.	30
3.11.2.3.	Reactivos.	31
3.11.2.4.	Materiales de oficina.	31
CAPÍTULO IV.		32
RESULTADOS.		32

4.1. Valoración de los análisis fisicoquímicos.	33
4.1.1. Textura.	33
4.1.2. Brix.	33
4.1.3. pH.....	34
4.1.4. Acidez.	34
4.1.5. Humedad.....	36
4.1.6. Ceniza.	36
4.1.7. Fibra.	36
4.1.8. Proteína.	37
4.1.9. Energía.	37
CAPÍTULO V.	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. Conclusiones.....	40
5.2. Recomendaciones.....	41
CAPÍTULO VI.	42
BIBLIOGRAFÍA	42
6.1. Bibliografía citada.	43
CAPÍTULO VII.....	47
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la papaya en 100 g de pulpa.	11
Tabla 2. Localización de la investigación.....	23
Tabla 3. Esquema del ANDEVA.....	25
Tabla 4. Factores de estudio.	25
Tabla 5. Descripción de tratamientos.	26
Tabla 6: Promedios registrados en las variables textura, brix, pH, acidez en la maduración artificial de papaya hawaiana.	35
Tabla 7: Promedios registrados en las variables humedad, cenizas, fibra, proteína y energía en la maduración artificial de papaya hawaiana.	38

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Producción de etileno durante la maduración de frutas.....	13
Figura 2: Representación esquemática de la vía de síntesis de etileno.	14
Figura 3: Estados de madurez en papaya.	15

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Reacción óxido de calcio y carbono.	10
Ecuación 2. Hidrólisis.....	10

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis de la investigación.....	48
Anexo 2. Fotografías del experimento.	49
Anexo 3. Análisis fisicoquímicos, proximal.	50
Anexo 4. Métodos analíticos aplicados.	51
Anexo 5. Análisis de varianza.	55

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Valoración de parámetros físicos, químicos en la maduración artificial de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) variedad hawaiana usando acetiluro de calcio CaC_2 como agente de maduración.
Autor:	Liz Geanella Aspiazú Sánchez
Palabras clave:	Fruta climatérica, acetileno, bromatológico, etileno.
Fecha de publicación:	2021
Editorial:	Quevedo, UTEQ 2021
Resumen:	La presente investigación tuvo como objetivo valorar los parámetros físicos, químicos en la maduración artificial de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) variedad hawaiana usando el acetiluro de calcio CaC_2 como agente de maduración. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial AxB para determinación de diferencias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad, se analizaron variables fisicoquímicas (textura, pH, brix, acidez) y variables bromatológicas (humedad, cenizas, proteína, fibra, energía), los resultados del análisis fisicoquímicos demostraron que existieron diferencias significativas, en la variable textura la mejor respuesta fue el tratamiento T_6 con (1,80 kg/f) , el pH con los tratamiento T_1 (5,76), T_4 (5,42), T_6 (5,54), brix con los tratamientos T_4 y T_6 con 10,07 y 12,40%, acidez con el tratamiento T_6 con el valor más bajo con (0,8%), a nivel de humedad el mejor tratamiento fue el T_6 con (92,22%), ceniza el T_1 con el valor más bajo (3,20%), proteína los tratamientos T_5 y T_6 con 4,34 y 5,34 %, fibra presenta una leve disminución siendo su mejor tratamiento el T_6 con 1,42%, energía con el T_6 (0,87kcal) dichos valores registrados en este estudio son comparables a otras investigaciones similares ajustándose a los parámetros establecidos.

Abstract:	The objective of this research was to evaluate the physical and chemical parameters in the artificial ripening of papaya (<i>Carica papaya</i> L.) Hawaiian variety using calcium acetylide CaC₂ as ripening agent. A completely randomized design with AxB bifactorial arrangement was applied to determine differences using Tukey's multiple range test at 5% probability, physicochemical variables (texture, pH, brix, acidity) and bromatological variables (humidity, ash, protein, fiber, energy, energy, protein, protein, fiber and acidity) were analyzed, The results of the physicochemical analysis showed that there were significant differences in the texture variable, the best response was the T₆ treatment with (1.80 kg/f), the pH with the treatment T₁ (5,76), T₄ (5,42), T₆ (5,54), brix with treatments T₄ and T₆ with (10.07) and (12.40%), acidity with treatment T₆ with the lowest value with (0.8%), at moisture level the best treatment was T₆ with (92.22%), ash the T₁ with the lowest value (3.20%), protein the treatments T₅ and T₆ with (4,34) and (5.34%), fiber showed a slight decrease being the best treatment T₆ with 1.42%, energy with T₆ (0.87kcal), these values recorded in this study are comparable to other similar researches, adjusting to the established parameters.
Descripción:	79 Hojas, 29 x 21 cm + CD
URL:	(En blanco hasta cuando se disponga en repositorios)

INTRODUCCIÓN.

La papaya es una fruta cultivada en la mayor parte países tropicales y además una de la más comercializadas en el mundo, con respecto a la distribución regional se estima que en 2018 el 60 por ciento se originó en Asia, el 29 por ciento en América Latina y el 10 por ciento en el continente Africano, siendo India el mayor productor, seguido de Brasil y México (1).

Los frutos carnosos son cultivos importantes en todo el mundo y representan una fracción sustancial de la producción agrícola mundial, la regulación de la maduración de la fruta es un desafío porque son productos vivos y por lo tanto perecederos y si no se ejecuta de manera correcta las tecnologías de post- cosecha ocurrirían grandes pérdidas económicas (2).

La maduración de la papaya y de las demás frutas es una etapa del desarrollo que debido a hormonas siendo el etileno el principal responsable para inducir a mecanismos moleculares en acelerar la senescencia y los cambios propios de la madurez como textura, color, composición de los azúcares, tales transformaciones ocurren rápidamente haciendo que la fruta alcance su máxima calidad para el consumo (3).

Dado que los frutos de papaya maduran de manera desigual en el árbol y la maduración natural suele ser muy lenta e impredecible, y para superar este tipo de problemas se utilizan agentes químicos de maduración, la fruta se expone brevemente a gases de forma exógena para iniciar el proceso de madurez, las frutas maduras con acetiluro de calcio son blandas y tienen un buen desarrollo del color de la cáscara pero pobre en sabor (4).

Los tratamientos con acetiluro de calcio se consideran peligrosos ya que contiene impurezas de arsénico y cloruro de fósforo componentes tóxicos para la salud humana. El acetileno se genera a partir del contacto con la humedad y actúan sobre la fruta provocando que maduren de manera similar (5). Las principales razones para justificar esta práctica por parte de los vendedores se debe a las posibles pérdidas durante el almacenamiento, la ausencia de legislación para controlar el uso, la facilidad de obtención y bajo costo (6).

Aunque el acetiluro de calcio se usa metódicamente en otros países en el Ecuador es utilizado de forma abierta, común e inapropiada para la maduración de frutos, cuando se usa en dosis altas da como resultado un sabor pobre de la fruta y posiblemente tóxico, a diferencia de países desarrollados donde las frutas se maduran en cámaras tecnificadas para no tener riesgos en la salud y en la calidad de la fruta (4).

El presente estudio tiene como objeto valorar los parámetros fisicoquímicos en la maduración artificial de papaya variedad hawaiana usando acetiluro de calcio y conocer que concentración es la más apropiada para inducir a una rápida maduración con bajos niveles de metales pesados.

CAPÍTULO I.
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

La maduración es aquel proceso donde la fruta cambia de color, se ablanda y desarrolla características organolépticas (sabor, textura y aroma) la maduración es un fenómeno irreversible que conlleva una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos, estos incluyen en contenido de carbohidratos, incremento en contenido de azúcar, compuestos fenólicos y ácidos orgánicos que finaliza al desarrollo del fruto maduro.

El fácil acceso al acetiluro de calcio y el costo que representa, ha provocado que se utilice para madurar frutas de manera irregular y desproporcionada, sin tener en cuenta efectos secundarios asociados a la salud sobre las personas que consumen frutas.

Es pertinente realizar investigaciones que analicen la viabilidad de utilizar acetiluro de calcio como agente de maduración, determinar dosis y otras variables que favorezcan la maduración y garanticen el consumo.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Diagnóstico.

Las frutas son unos de los mejores alimentos naturales que se suelen consumir crudos, sin embargo se están contaminando deliberadamente con productos químicos, entre los tratamientos que siguen para una mejor aceptación por parte del consumidor y facilitar la comercialización se encuentra la maduración artificial con acetiluro de calcio que al disolver en agua produce acetileno que actúa como agente de maduración imitando la acción del etileno una hormona natural de las frutas, la utilización indiscriminada de acetiluro produce sobre maduración, deterioro de la fruta, riesgos en la salud consumidor y la persona quien manipula, esto sucede por diversos factores como la facilidad de obtención e incorrecta aplicación y poco control de su uso.

Pronóstico.

Las circunstancias anteriores pueden generar un producto de mala calidad y nocivo además de provocar manifestaciones alérgicas y alteraciones en las funciones vitales y deterioros en órganos, esta situación hace necesaria la utilización de otros agentes de maduración y realizar pruebas analíticas que determinarán la idoneidad sobre la utilidad para proporcionar una mejor calidad de los frutos de papaya madurados artificialmente para su consumo local y nacional.

1.1.2. Formulación del problema.

¿De qué manera el uso indiscriminado del acetiluro de calcio como agente de maduración puede afectar la calidad del fruto de papaya?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Qué dosis de acetiluro de calcio es la correcta para llegar a una maduración adecuada en la papaya?

¿Qué condiciones son necesarias para llevar a cabo la maduración artificial en frutos de papaya?

¿Qué tiempo las papayas estarán expuestas al gas acetileno producido por el acetiluro de calcio para lograr una maduración uniforme?

1.2. OBJETIVOS.

1.2.1. Objetivo general.

Valorar los parámetros físicos, químicos en la maduración artificial de papaya (*Carica papaya* L.) variedad hawaiana usando el acetiluro de calcio CaC_2 como agente de maduración.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar dosis y condiciones en la maduración artificial utilizando acetiluro de calcio CaC_2 como agente de maduración sobre la papaya (*Carica papaya* L.).
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos en la papaya (*Carica papaya* L.) madurada artificialmente con acetiluro de calcio CaC_2 .
- Realizar un análisis proximal en la papaya (*Carica papaya* L.) madurada artificialmente con acetiluro de calcio CaC_2 .

1.3. Justificación.

La maduración es un proceso fisiológico, que provoca que los frutos sean apetecibles, se vuelven más dulces, suaves, y en frutas climatéricas como la papaya que en su mayoría se cosechan inmaduras se tratan con la maduración inducida, una práctica que se realiza en muchos países mediante ciertas sustancias que producen gas acetileno donde se involucra cámaras de maduración con ventilación, temperatura y humedades controladas, sin embargo podrían afectar negativamente a la calidad de la fruta.

Los estudios realizados sobre el proceso maduratorio de frutos se ha incrementado, varios métodos artificiales de maduración en frutos han sido creados principalmente para cumplir la demanda de los consumidores y otros factores económicos. Sin embargo, en los últimos años, la maduración artificial de frutas ha sido considerada un motivo de preocupación y se ha vuelto cuestionable debido a cambios en la calidad bromatológica y varios problemas relacionados con la salud.

Es por esto que la investigación propuesta tiene como propósito valorar la acción del acetiluro de calcio en los procesos de maduración de la papaya en condiciones determinadas y su efecto sobre la calidad del fruto para aportar con información científica sobre procesos de maduración artificial.

CAPÍTULO II.
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Maduración.

La maduración de los frutos es un proceso fisiológico complejo que involucra importantes cambios externos e internos, como fenómenos fenotípicos drásticos entre ellos cambio de forma, color aroma, degradaciones y síntesis de nuevos pigmentos (7).

2.1.2. Maduración artificial.

Son métodos practicados que afectan los procesos fisiológicos e inicia el proceso de maduración de las frutas y los agentes de maduración comúnmente utilizados son carburo de calcio, etileno, propileno, etefón, glicol, etanol y algunos otros (8).

2.1.3. Fruta climatérica.

Son aquellos que pueden madurar no solo adheridos a la planta, sino también después de la cosecha cuando son cortados en la etapa pre climática, este tipo de frutos alcanza más pronto la senescencia en vista de que la respiración está acompañada por un aumento similar en los niveles de etileno, que coordina y sincroniza el proceso de maduración (9).

2.1.4. Etileno.

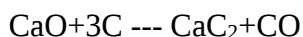
Es una hormona vegetal gaseosa que desempeña un papel en muchas respuestas y procesos de desarrollo dentro de las plantas, el papel del etileno es la regulación de la maduración de frutas (10).

2.1.5. Acetiluro de calcio.

El acetiluro o carburo de calcio CaC_2 es un compuesto químico, es un material incoloro pero la mayoría de las muestras van de un color negro o grisáceo. Se produce carburo de calcio industrialmente en un horno de arco eléctrico de una mezcla de cal y coque a 2000°C (11).

La reacción de la interacción del óxido de calcio y carbono:

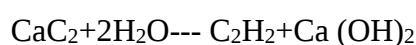
Ecuación 1. *Reacción óxido de calcio y carbono.*



2.1.6. Gas acetileno.

Es el resultado del carburo de calcio cuando se hidroliza descubierta la reacción por Friedrich Wohler en 1862 (11).

Ecuación 2. *Hidrólisis*



2.2. Marco referencial.

2.2.1. Papaya (*Carica papaya*).

La papaya es una baya alargada de varios tamaños con piel lisa y fina, de color amarillo verdoso, su pulpa es gruesa que va de un color amarillo al rojo anaranjado de sabor dulce y agradable, los frutos verdes producen látex como mecanismo de defensa en contra de ataques dañinos, este látex contiene una mezcla de endopeptidasas rica en cisteína: papaína utilizada en aplicaciones alimentarias (12).

La primera mención de la existencia del fruto de papaya fue en 1535 por el escritor G.H. Oviedo en su libro “La historia natural de las Indias”, algunos informes sostienen que esta especie se originó en el sur de México y Nicaragua, mientras que otros sugieren un origen en el noroeste de América del Sur, el árbol de papaya se extendió rápidamente en los trópicos de África y Asia (12).

2.2.1.1. Composición química de la papaya.

Las frutas de papaya contienen principalmente agua y carbohidratos, son bajos en caloría y ricos en vitaminas y minerales particularmente en vitamina A y C.

Tabla 1. Composición química de la papaya en 100 g de pulpa.

Componente	Cantidad
Proteínas	0.6 g
Lípidos	0.1 g
Carbohidratos	7.2 g
Fibra	0.8 g
Energía	32.1 kcal
Sodio	3 mg
Potasio	257 mg
Fosforo	5 mg
Magnesio	10 mg
Hierro	0.1 mg
Calcio	24 mg
Vitamina C	61.8 mg
Vitamina B9	38 mg
Vitamina B3	0.34 mg
Vitamina A	328 mg
Sodio	3 mg
Potasio	257 mg
Fosforo	5 mg

Fuente: (13).

2.2.1.2. Variedades de papaya.

Papaya hawaiana.- esta variedad tiene forma de pera, su peso varía entre 400 y 800 g., es la más dulce y es frecuentemente utilizada en jugos.

Papaya tainung.- se diferencia de las demás variedades porque tiene la pulpa roja y aroma fuerte, su peso promedio es de 1,1 kg

Papaya maradol.- se asemeja a una pera, pero más alargada en relación con la papaya hawaiana, su peso varía entre 1,5 y 2 kg.

2.2.1.3. Producción de papaya en Ecuador.

En Ecuador se produce en las provincias de Guayas, Manabí, Los Ríos, Santo Domingo y Santa Elena, existen alrededor 3000 hectáreas cultivadas, donde se producen tres variedades, tainung, hawaiana, y la maradol o nacional.

Este tipo de variedades son ofertadas en mercados y supermercados del país, forma parte de la cultura alimenticia local, asimismo la fruta encontró un nicho de mercado exterior, las ventas llegaron a USD 5.7 millones en el 2011, los principales destinos de la fruta fueron el continente europeo, países como Canadá, EEUU, incluso Colombia y Perú.

2.2.2. Procesos fisiológicos de la papaya.

Son los procesos vitales que ocurren en los seres vivos, cuando se recolectan los frutos, dichos procesos continúan aunque en forma modificada debido a que no pueden reponer las sustancias nutritivas y utilizan sus reservas almacenadas y cuando estas se agotan se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la descomposición y a la putrefacción (14).

2.2.2.1. Respiración.

Es un proceso metabólico que ocurre en los productos cosechados o en cualquier producto vegetal, durante el proceso de respiración los carbohidratos, proteínas, lípidos y otros compuestos se metabolizan a productos finales simples con liberación de energía, la papaya al respirar presenta una pérdida en la reserva de productos almacenados lo que conduce a la senescencia rápida, es decir la respiración influye fuertemente en la conservación de un producto vegetal. La papaya es una fruta climatérica con patrones típicos de producción de CO₂ y etileno durante la madurez (15).

2.2.2.2. Transpiración.

La pérdida de humedad de las frutas es un proceso controlado por transferencia de masa por evaporación o difusión de agua a través de estructuras (rasgos anatómicos), la transpiración se produce mediante el paso de vapor de agua de la fruta al medio ambiente, ésta pérdida de agua depende de la temperatura de la fruta, la humedad del medio y barreras naturales o

artificiales. La papaya puede verse seriamente afectada por sudoración excesiva, ya que la piel se arruga, el brillo, la textura y la mayor parte del agua se pierde durante el almacenamiento (16).

2.2.2.3. Producción de etileno.

El etileno es una hormona natural producida por las frutas aun a niveles bajos menores a una parte por millón (1 ppm) es fisiológicamente activo, ejerciendo gran influencia sobre los procesos de maduración y senescencia de las frutas, influyendo de esta manera en la calidad de las mismas, el etileno tiene entre otras características de aumentar la actividad metabólica de los frutos, acelerando su maduración.

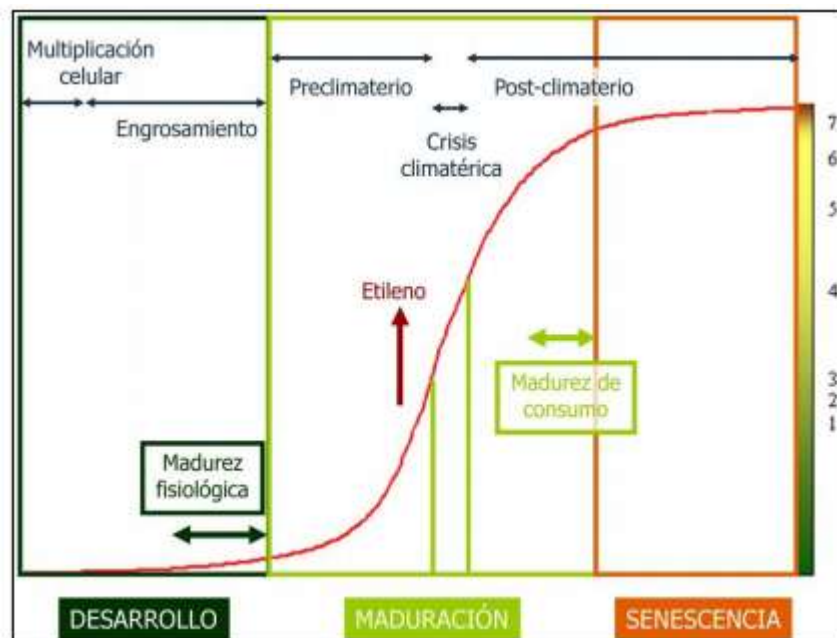


Figura 1: Producción de etileno durante la maduración de frutas.

Fuente: (17).

El etileno desencadena reacciones características que marcan la transición entre el desarrollo y senescencia de la papaya y los demás frutos y vegetales. El aumento de la respiración también provoca el aumento de la producción de etileno que estimula la síntesis de enzimas como la fenilalanina amonioliase (PAL) involucrada en los procesos de senescencia (18).

El etileno se produce en la mayoría de los tejidos de plantas, y en los frutos existen dos sistemas distintivos de biosíntesis, el sistema uno corresponde a una baja producción de

etileno en el periodo pre-climatérico de los frutos climatéricos y está presente a lo largo del desarrollo de frutos no climatéricos. El sistema dos se refieren a una producción de etileno autoregulatoria llamada “síntesis autocatalítica”, y es específica para frutos climatéricos (9).

La ruta biosintética está bien establecida, inicia con la conversión de metionina a S-adenosil-L-metionina (SAM) y ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), dos enzimas clave están involucradas en la ruta biosintética, la ACC sintasa (ACS), que convierte a SAM en ACC oxidasa (ACO) que convierte a ACC en etileno (9).

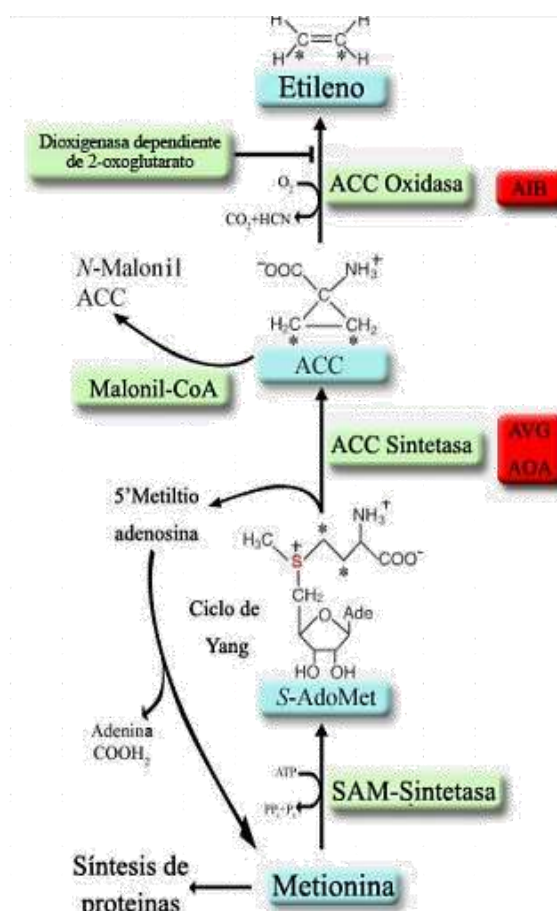


Figura 2: Representación esquemática de la vía de síntesis de etileno.

Fuente: (19).

2.2.3. Maduración.

Es el conjunto de procesos que acontecen desde las últimas etapas de crecimiento y desarrollo de una fruta hasta las primeras etapas de la senescencia y se manifiestan por cambios en su composición, color, textura, y demás propiedades organolépticas (20).

Las frutas pueden dividirse en dos grupos: las frutas que no pueden continuar su proceso de maduración una vez separadas de las plantas conocidas como frutos no climatéricos y las frutas que pueden cosecharse en estado de madurez fisiológica y adquirir su madurez de consumo después de separadas de la planta llamadas también frutos climatéricos (20).

2.2.3.1. Tipos de madurez.

Madurez fisiológica.- es definida como el estado de desarrollo completo de un fruto donde no necesariamente está listo para su consumo pero que cuenta con los elementos necesarios para continuar su maduración (21).

Madurez cosecha.- este tipo de madurez está referida al momento en el que el producto alcanza una serie de cualidades cuantitativas con las que puede comercializarse (21).

Madurez consumo.- es cuando el fruto está en un estado adecuado para su consumo en fresco o procesamiento industrial con todas las características organolépticas (sabor, textura, color, aroma, composición nutricional (21).



Figura 3: Estados de madurez en papaya.

Fuente: (22).

2.2.3.2. Principales cambios durante la maduración.

Durante la maduración se llevan a cabo una serie de transformaciones que modifican la composición química y la estructura del fruto y hace posible que la papaya verde, dura y de sabor poco intenso en un fruto coloreado, blando y perfumado con calidad sensorial deseada (14).

Cambio de color.- la pérdida de color verde durante la maduración es principalmente por la degradación de las moléculas de clorofila que esta mediada por la enzima clorofilasa, pH, fuga de ácidos orgánicos de las vacuolas, estrés oxidativo y síntesis de metabolitos como carotenoides, que enmascaran la expresión del pigmento de clorofila. El color del fruto de papaya durante su maduración se debe a la síntesis de las xantofilas y carotenoides que dan el color amarillento (23).

Pérdida de firmeza.-es causado por el efecto acumulativo de una serie de modificaciones que ocurren en las redes de polímeros de la pared celular primaria, involucra tres pasos: 1) relajación de la pared celular; 2) despolimerización de hemicelulosa; 3) despolimerización de poliuronidos por la poligalacturonasa u otras enzimas hidrolíticas, lo que contribuye a una pérdida de firmeza (9).

La pérdida de firmeza en la papaya está directamente relacionada con la acción de la pectinasa, responsables de la hidrólisis de los componentes de la pared celular (24).

Modificación del aroma.- el fruto sufre una serie de cambios organolépticos, principalmente de olor y sabor, que están ligados a variaciones de concentraciones de compuestos volátiles, estos aparecen durante el desarrollo y maduración fisiológica de los frutos (14). La papaya posee aproximadamente entre 150-200 componentes volátiles, algunos identificados constan compuestos heterocíclicos, terpenoides, hidrocarburos aromáticos, ácidos, alcoholes, esteres y cetonas, sin embargo el linalol es el compuesto aromático activo más dominante presente en la papaya, es un acíclico terpeno de olor floral y fresco (25).

2.2.3.3. Índice de maduración.

Determina el grado de desarrollo de las frutas o el estado de madurez para la recolección, que debe ser igual o muy cercana a la de consumo, entre los indicadores se encuentran índices físicoquímicos y fisiológicos.

Índices físicoquímicos.

Son aquellos índices que sus resultados se obtienen en poco tiempo y su realización es sencilla, los indicadores más utilizados son firmeza, acidez, colorimetría, sólidos solubles (26).

- **Firmeza:** se considera la respuesta al tacto esta medida se relaciona con el nivel de madurez, está relacionado con los componentes de la pared celular de los tejidos de las frutas por eso se dan variaciones de firmeza durante la maduración, las mediciones se realizan mediante equipos como el penetrómetro y se basa en la presión necesaria para insertar un puntal en la pulpa a una profundidad dada, los resultados se miden kg/f (26).
- **Sólidos solubles (SST):** a lo largo del desarrollo de la pulpa de una fruta se depositan nutrientes en forma de almidón que se transforman en azúcares durante el proceso de maduración, el método es en especial útil en frutas maduras y jugosas, es realizado por medio del refractómetro que se basa en la capacidad para desviar la luz de los azúcares.
- **Acidez:** la proporción entre azúcar y ácido provee a muchas frutas su sabor característicos, además de ser un indicador de la madurez comercial y organoléptica. La titulación es un proceso químico utilizado en la evaluación de la cantidad de ácidos y consiste en la utilización de un reactivo de compensación estandarizado, por ejemplo, el hidróxido de sodio (NaOH) (27).
- **Colorimetría:** para determinar el estado de madurez se realiza por medio del colorímetro instrumento que mide el color en la fruta, la función del colorímetro es describir la coloración de la epidermis de la pieza de fruta, reflejan tres parámetros

L^* , a^* , b^* . La luminosidad viene descrita por L^* ; el color negro representa la luminosidad de 0 mientras que el blanco presenta luminosidad de 100, los parámetros a^* y b^* se utilizan para evaluar la saturación y el tono, la saturación da la pureza y el tono es el color propiamente dicho (27).

Índices fisiológicos.

La maduración se asocia con cambios en su fisiología medida por el cambio de patrones en su respiración y producción de etileno.

- **Tasa de respiración:** se define como la cantidad de anhídrido carbónico emitido de oxígeno consumido por kg de fruta y por hora, para determinar la TR se utiliza un analizador de gases del espacio de cabeza e indica la concentración de O_2 y CO_2 en el mismo (28).
- **Producción de etileno:** se describe como un proceso catalítico donde se produce grandes cantidades de etileno hasta que alcanza una concentración máxima para medir la concentración de etileno se utiliza el método estático mediante un cromatógrafo de gases, la producción de etileno se mide $\mu l.kg^{-1}.h^{-1}$ (29).

2.2.3.4. Control de la maduración.

Temperatura.

La temperatura es el factor ambiental de mayor importancia en el control de los cambios que acontecen durante la maduración, la temperatura ideal de maduración es aquella que va a producir la máxima expresión potencial de las cualidades sensoriales y nutritivas de la fruta con el mínimo impacto en su vida poscosecha (30).

La temperatura tiene influencia sobre la respiración y puede causar daño al producto mismo, si el producto se mantiene a una temperatura superior a los $40^{\circ}C$ se dañan los tejidos y a los $60^{\circ}C$ toda actividad enzimática se destruye quedando el producto totalmente muerto, el daño causado por altas temperaturas se caracteriza por sabores alcohólicos desagradables como resultado de reacciones de fermentación (30).

Bajas temperaturas entre 5 y 10°C se frena la producción de etileno y la velocidad de respuesta de dicho gas ocasionando el rompimiento de los tejidos, en el caso de los frutos de papaya ocasiona manchas aisladas, sabores desagradables e incapacidad de madurar, una maduración organoléptica normal es posible en un intervalo entre 12 y 30°C (17).

Humedad relativa.

La humedad relativa es un factor ambiental importante que influye en la vida útil y la calidad de las frutas frescas y afecta la actividad de agua (a_w) en los frutos y en el crecimiento de microorganismos en la superficie, en condiciones de humedad relativa bajas ocasiona ciertos atributos indeseables en la firmeza y la textura por la pérdida del clímax y es susceptible a la descomposición, una humedad relativa alta reduce la pérdida de agua y alarga la vida de anaquel (14). Una vez cosechado el fruto frutícola tiene tendencia natural a la pérdida de agua, condicionada por la naturaleza de su piel, la humedad relativa ideal para la maduración de papayas esta entre 80 y 95% (30).

2.2.4. Procesos de maduración artificial.

La maduración artificial de frutas se realiza con fines comerciales permite a los comerciantes a minimizar las pérdidas durante el transporte y liberar oportunamente el producto en la etapa de maduración deseada, se logra utilizando diferentes productos químicos o agentes de maduración entre ellos están el etileno, acetiluro de calcio, etefón (10).

2.2.4.1. Condiciones para la maduración artificial.

Las condiciones óptimas para la maduración de frutas climatéricas como la papaya con gases exógenos incluyen temperaturas de 19-25 °C y una humedad relativa entre el 90-95%, la duración del tratamiento varía entre 24, 48 a 72 horas dependiendo del grado de madurez.

Durante el proceso de maduración la temperatura no debe superar los 25°C pues produce un daño conocido como cocinado o cooked dando como resultado pulpas blandas, la humedad relativa debe mantenerse en el orden de 90-95% por debajo de estas cifras la fruta tiene más sensibilidad al manchado, desmejorando la presentación de la papaya (31).

2.2.5. Acetiluro de calcio.

Es un compuesto químico, el material puro es incoloro pero la mayoría de las muestras presentan un color que va del negro al blanco grisáceo, contiene trazas de arsénico y fósforo (11). Cuando el carburo de calcio o acetiluro de calcio se disuelve en agua produce acetileno que actúa como agente de maduración artificial, este gas se ejerce como alternativa al gas etileno (32). Dicho gas también contiene fosfina y arsina hasta 95 y 3 ppm respectivamente. La ecuación de la reacción es la siguiente:



El carburo de calcio es un agente de uso común en el proceso de maduración de frutas, aunque se utiliza principalmente con fines de soldadura, para el tratamiento de alimentos se considera extremadamente peligroso, porque contiene trazas de metales pesados lo que puede afectar el sistema neurológico induciendo a la hipoxia, dolor de cabeza, mareos, alteraciones del estado de ánimo, edema cerebral (33).

2.2.5.1. Efectos del acetileno en la maduración.

Entre los numerosos efectos fisiológicos que produce el gas acetileno destacan la estimulación de la respiración del fruto, la influencia en el metabolismo péptico favoreciendo el aumento de pectinas solubles por tanto la reducción de la dureza de la pulpa, degradación de la clorofila, la despolimerización de polisacáridos, la pérdida de ácidos taninos y fenoles (34).

2.2.5.2. Aplicación de acetiluro de calcio.

La forma de aplicación recomendada es utilizar agua en un recipiente con las dosis de carburo debido a que es más seguro ya que se considera explosivo e inflamable, colocando los frutos de papaya en recipientes para evitar la fuga del acetileno producido, el acetileno que se genera es responsable de la fruta madura, concluida en la etapa de maduración (4).

Según las investigaciones de Bawa, M *et al.*, en su artículo “Effect of calcium on concentration of trace elements in fruits grown within Kaduna Metropolis” examinaron los efectos del acetiluro de calcio como agente de maduración en frutos de papaya, mango y

banano donde administraron dosis en tres concentraciones 1g/ 5g/ 10g/ de acetiluro de calcio sobre kg de fruta, con un tiempo de maduración de 48 horas en todas las frutas. Los resultados obtenidos revelaron que el acetiluro de calcio es un buen agente de maduración, además los elementos minerales analizados en las frutas eran inferiores a la ingesta diaria recomendada, las frutas mostraron un aumento en los niveles de arsénico de ND a <0,001 ppm que está por debajo de los límites permisibles de la FAO (0,1 ppm) (33).

2.2.5.3. Normativa del uso de acetiluro de calcio.

Según la información proporcionada por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario de la resolución N°7, artículo 1 del año 2019 se prohíbe el registro, comercialización y uso del acetiluro de calcio como agente de maduración artificial en productos agrícolas, de acuerdo con este artículo ninguna persona venderá, ofrecerá o expondrá frutas que hayan sido maduras artificialmente mediante el uso de gas acetileno (35).

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización.

La investigación se desarrolló en distintas localidades que se detallan a continuación.

Tabla 2. *Localización de la investigación.*

INVESTIGACIÓN	LOCALIZACIÓN
Recolección de frutos	Parroquia Patricia Pilar, Km 55 vía Quevedo-Santo Domingo
Análisis físico-químicos y proximal	Laboratorio de Bromatología ubicado en el campus “La María” en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en la km 7 de la vía Quevedo- El Empalme

Elaborado por: (Aspiazu, 2021).

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación documental.

La investigación se considera documental porque se seleccionó, compiló y analizó información a partir de fuentes documentales o bibliográficas con respecto a los procesos y agentes de maduración en el fruto de papaya.

3.2.2. Investigación experimental.

Esta investigación es experimental debido a que se llevó a cabo ensayos para poder analizar el efecto del acetiluro de calcio en el fruto de papaya variedad hawaiana.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Método deductivo- inductivo.

Se empleó este método por lo que se aplicó el diseño experimental para la obtención de resultados investigativos.

3.3.2. Método estadístico.

Con la ayuda de software se cuantificó, tabuló y ordenó los datos obtenidos de la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La información primaria se obtuvo a través de la observación directa sobre las variables estudiadas. La información secundaria se alcanzó mediante artículos científicos y tesis de grado.

3.5. Diseño de investigación.

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial A*B con seis tratamientos y tres repeticiones, conformado por los factores dosis (A) y tiempo de exposición (B), los resultados se sometieron a la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$) para determinar diferencias entre ellos, los datos fueron analizados por medio del programa estadístico InfoStat.

3.6. Esquema del ANDEVA.

En la siguiente tabla, se muestra el esquema del ANDEVA.

Tabla 3. *Esquema del ANDEVA*

Fuente de variación	Grados de libertad	
Tratamiento	(A*B-1)	5
Factor A	(a-1)	2
Factor B	(b-1)	1
Interacción	(a-1) (b-1)	2
Error experimental	(a*b)(r-1)	12
Total	a*b*r-1	17

Elaborado por: (Aspiazu, 2021).

3.7. Factores de estudio.

En la siguiente tabla se detallan los factores planteados para la investigación.

Tabla 4. *Factores de estudio.*

Código	Factores	Niveles	
A	Dosis de acetiluro de calcio	0 g	a1
		5 g	a2
		10 g	a3
B	Tiempo	48 h	b1
		72 h	b2

Elaborado por: (Aspiazu, 2021).

Para la presente investigación, las papayas serán tratadas con acetiluro de calcio se pesará con una balanza de medición en concentraciones de 0g/kg, 5g/kg, 10g/kg, las frutas se empacarán de acuerdo al tratamiento y se almacenarán en una caja de madera para evitar la fuga de vapores, se realizarán en dos tiempos de exposición 48 y 72 horas en condiciones de temperatura y HR monitoreados para acelerar y uniformizar la maduración de papaya variedad hawaiana.

Las dosis y tiempos establecidos se basan en referencias de investigaciones anteriores de Bawa, *et al.*, tomando valores bajos y con un tiempo de exposición corto para inducir a una adecuada maduración y no provocar una sobre maduración por los tratamientos de acetiluro de calcio.

3.8. Tratamientos de datos.

En la tabla 5 se detalla la combinación de los factores y tiempos mencionados del experimento.

Tabla 5. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Código	Detalle
T1	a1b1	0 g de acetiluro + 48 horas de maduración
T2	a1b2	0 g de acetiluro + 72 horas de maduración
T3	a2b1	5 g de acetiluro + 48 horas de maduración
T4	a2b2	5 g de acetiluro + 72 horas de maduración
T5	a3b1	10 g de acetiluro + 48 horas de maduración
T6	a3b2	10 g de acetiluro + 72 horas de maduración

Elaborado por: (Aspiazu, 2021).

Las hipótesis del experimento son:

H_i : La aplicación de acetiluro de calcio tendrá un efecto en la calidad físico-química y tiempo de vida en el fruto de papaya.

H_0 : La aplicación de acetiluro de calcio no tendrá un efecto en la calidad físico-química en y tiempo de vida útil en el fruto de papaya.

3.8.1. Modelo matemático.

Las fuentes de variación para esta investigación se realizaron con el siguiente modelo lineal de experimentación.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_i + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observacion de la unidad experimental

μ = media por observación

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A

β_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_i$ = interacción entre valor A y B

ε_{ijk} = error experimental (36).

3.9. Procedimiento experimental.

3.9.1. Muestreo.

El muestreo se realizó escogiendo al azar los frutos de papaya variedad hawaiana en estado de madurez fisiológica proveniente de la finca perteneciente al Sr Rubén Demera ubicada en la parroquia Patricia Pilar del cantón Buena Fe.

3.9.2. Maduración.

El proceso de maduración inducida con acetiluro de calcio CaC_2 se requiere de la utilización de cajas de madera, este proceso es llevado a cabo bajo condiciones de hermeticidad. El total de los frutos en el experimento fueron sometidos a concentraciones de 5 y 10 g/kg empacado en cajas de madera herméticamente selladas para evitar fugas por 48 y 72 horas con monitorización de temperatura y humedad relativa para acelerar el proceso metabólico de los frutos y contribuir a una maduración uniforme.

3.9.3. Preparación de las muestras.

Para la ejecución de las determinaciones analíticas (composición proximal y fisicoquímico) en los frutos de papaya, se redujeron a un tamaño de partícula apropiado para ser trabajado mediante la trituración, mezclado, agitación o cualquier mecanismo físico que puedan hacer la muestra lo más homogénea posible.

La manipulación de la muestra se realizó lo más rápido posible para evitar que pierda o absorba humedad, su identificación fue realizada de forma clara y precisa escrito en etiquetas resistentes con marcadores insolubles en agua y guardadas en recipientes herméticos.

3.10. Instrumentos de la investigación.

3.10.1. Variables a estudiar.

3.10.1.1. Brix.

El porcentaje de sólidos solubles se obtuvo de muestras de la pulpa de papaya, a través de un refractómetro digital de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 1842:2013, esta técnica se fundamenta en la lectura directa del contenido de sólidos solubles en el refractómetro.

3.10.1.2. pH.

El pH de la papaya antes y después de la maduración se realizó mediante un muestreo por cada unidad experimental mediante un potenciómetro de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 1842:2013

3.10.1.3. Acidez.

Mediante muestras del jugo de la pulpa se realizó la titulación con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) y fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron en porcentaje de acidez total en base del ácido cítrico, método de ensayo NTE INEN-ISO 750:2013.

3.10.1.4. Textura.

La textura se realizó de acuerdo a la norma NTE INEN 1909:2015 usando un texturómetro, esta técnica mide las características mecánicas, propiedades físicas de los alimentos para proporcionar información relacionada de cómo se comporta el material.

3.10.1.5. Humedad.

El método de ensayo utilizado para determinación de humedad es de acuerdo a la norma INEN ISO 712/ gravimetría, esta técnica consiste en someter la muestra a un secado térmico bajo condiciones específicas y la pérdida de peso se utiliza para calcular el contenido de humedad.

3.10.1.6. Cenizas.

De acuerdo a la norma INEN ISO 520/gravimetría se realizó la determinación de cenizas en frutos de papaya, consiste en el calentamiento para eliminar el agua presente y carbonizar la muestra completamente y finalmente incinerar a 55°C en una mufla.

3.10.1.7. Proteína.

Para la determinación de proteínas se basó en el método de referencia INEN ISO 20483/Kjeldahl, este método consiste en convertir la concentración de nitrógeno a una concentración de proteína mediante un factor de conversión, este procedimiento se realiza en tres pasos digestión, neutralización y titulación.

3.10.1.8. Fibra.

El contenido de fibra se realizó de acuerdo al método de referencia INEN 522/gravimetría se expresó en porcentaje, la fibra se determinó mediante el principio de separación de la fibra de otros componentes mediante el método de digestión ácida y alcalina tratando la muestra con éter para eliminar la grasa presente y luego hirviéndola con ácido débil y un álcali.

3.10.1.9. Energía.

La determinación de poder calorímetro del fruto de papaya se llevó a cabo mediante el método calorímetro donde consiste en la estimación del contenido de EB de los alimentos, esto se logra quemando la muestra en una bomba de calor midiendo el aumento de temperatura del agua en el calorímetro.

3.11. Recursos humanos y materiales.

3.11.1. Recursos humanos.

El talento humano que contribuyo en la realización del presente proyecto de investigación son:

- Director de proyecto de Investigación el Ing. Diego Tuárez García.
- Co-director del proyecto de Investigación la Ing. Cyntia Erazo Solórzano.
- Estudiante y autor del proyecto de investigación Liz Geanella Aspiazú Sánchez.

3.11.2. Materiales.

3.11.2.1. Materiales y equipos de campo.

- Acetiluro de calcio
- Cajas de madera
- Higrómetro

3.11.2.2. Materiales y equipos de laboratorio.

- Refractómetro
- Potenciómetro
- Colorímetro
- Texturómetro
- Balanza
- Estufa

- Mufla
- Digestor
- Equipo dosi-fiber
- Desecador
- Vaso de precipitación
- Matraz Erlenmeyer
- Bureta
- Soporte
- Pinzas
- Crisoles de porcelana

3.11.2.3. Reactivos.

- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Agua destilada
- Ácido sulfúrico

3.11.2.4. Materiales de oficina.

- Cuadernos
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Lápices y esferográficos.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS

4.1. Valoración de los análisis fisicoquímicos.

La investigación generó los siguientes resultados sometidos a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

4.1.1. Textura.

Los promedios de la variable textura se muestran en la tabla 6, los resultados obtenidos demuestran diferencias estadísticas significativas en el (factor A) destacando la dosis de 0g de acetiluro de calcio con un promedio de 22,63 kg/F, en cuanto al factor B (tiempo) no se registraron diferencias significativas. De acuerdo al análisis de varianza la interacción entre factores mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con un coeficiente de variación de 12,18 siendo el mayor tratamiento T_2 (0g de acetiluro de calcio a 72 horas) con un valor de 23,28 kg/F, le siguieron el T_1 , T_4 , T_3 , T_6 , T_5 con valores de 21,98; 2,48; 1,90; 1,80; 1,40 kg/ F respectivamente.

Según Bogantes y Mora (2013) la fruta de papaya en estado verde se requiere una resistencia a la penetración de 2,40 kg/f pero a medida que la maduración avanza alcanza a 1,0 kg/f, donde mencionan que la pérdida de textura se debe a que existen modificaciones en la composición interna y una degradación de los compuestos de la pared celular confiriendo una menor resistencia.

4.1.2. Brix.

Los promedios de los valores de Brix se describen en la tabla 6, donde se observa que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los factores de estudio donde el factor A (dosis) destaca el tratamiento de 10 g de acetiluro de calcio mientras que el factor b es notable el tiempo de 72 horas. Según el cuadro ANOVA la interacción entre factores presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con un coeficiente de variabilidad de 2,64% siendo los mejores tratamientos el T_6 con un promedio de 12,40 y T_4 con un valor de 10,07 %.

De acuerdo a las normas INEN 2337 los sólidos solubles de la pulpa de papaya varía entre 8-13°Bx y según esta investigación el mejor tratamiento coincide con los valores establecidos en la norma.

4.1.3. pH

Se observa que la tabla 6 el factor A (dosis) no presenta diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre las dosis de acetiluro de calcio, esto significa que las dosis aplicadas no inciden en los valores de pH, en tanto el factor B (tiempo) presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) siendo superior el tiempo de exposición de 48 horas. De acuerdo el análisis de varianza la interacción entre factores mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) del testigo en frente a los demás tratamientos, con un coeficiente de variación de 1,94% siendo los mejores tratamientos el T₁, T₆, T₄ con valores de 5,76; 5,54; 5,42 respectivamente.

Moreno, (2011) manifiesta que la porción comestible del fruto de papaya tiene un pH entre 4,5 y 6,0 sin embargo en esta investigación se aprecia un ligero incremento en los valores, alcanzando un máximo de 6,63, este aumento se produce en respuesta a una mayor acidez.

4.1.4. Acidez.

Para la variable acidez, el análisis de varianza registro que para ambos factores existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$), para el factor A (dosis) mostró una media de 1,78 correspondiente a la dosis de 5 g de acetiluro, y el factor B (tiempo) predomina la exposición de 48 horas. En cuanto la interacción entre factores se halla diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con un coeficiente de variación de 6,24%, el tratamiento que presentó mayor promedio fue el T₃ con 2,70%, seguido del T₅ con 2,20%, mientras que el valor más bajo lo presentaron el T₄ y T₆ con medias de 0,87 y 0,80 respectivamente.

Según Alonso (2008) (37) la acidez total de la pulpa de papaya varia de 0,12-0,15% sin embargo en la caracterización realizada de los frutos utilizados en el presente estudio manifestaron un aumento en sus valores lo que se plantea que no están en conformidad con los patrones sugeridos, Miranda *et al* (2014) (38) manifiesta que el aumento de acidez se debe probablemente a la formación del ácido galacturónico proveniente a la degradación de las pectinas estas reacciones de liberación de ácidos conlleva al aumento de la acidez.

Tabla 6: Promedios registrados en las variables textura, brix, pH, acidez en la maduración artificial de papaya hawaiana.

Factores	Textura kg/f	Brix %	pH	Acidez %
Factor A: Dosis				
0 g	22,63 ^a	7,00 ^a	6,09 ^a	1,78 ^a
5 g	2,19 ^b	5,63 ^b	6,05 ^a	1,78 ^a
10 g	1,60 ^b	1,30 ^c	6,02 ^a	1,50 ^b
Factor B: Horas				
48	9,19 ^a	7,93 ^a	6,33 ^a	2,23 ^a
72	8,43 ^a	1,36 ^b	5,77 ^b	1,74 ^b
Interacción				
T1 (0 g/kg acetiluro de calcio + 48 horas)	21,98 ^a	1,27 ^{cd}	5,76 ^b	1,80 ^c
T2 (0 g/kg acetiluro de calcio + 72 horas)	23,28 ^a	1,33 ^{cd}	6,34 ^a	1,77 ^c
T3 (5 g/kg acetiluro de calcio + 48 horas)	1,90 ^b	1,20 ^d	6,61 ^a	2,70 ^a
T4 (5 g/kg acetiluro de calcio + 72 horas)	2,48 ^b	10,07 ^b	5,42 ^c	0,87 ^d
T5 (10 g/kg acetiluro de calcio + 48 horas)	1,40 ^b	1,60 ^c	6,63 ^a	2,20 ^b
T6 (10 g/kg acetiluro de calcio + 72 horas)	1,80 ^b	12,40 ^a	5,54 ^{bc}	0,80 ^d
CV %	12,18	2,64	1,94	6,24

Letras iguales no son significativas según el test de Tukey (P<0.05).

Elaborado: Aspiazu, 2021.

4.1.5. Humedad.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) se encontró diferencias estadísticas significativas en los factores de estudio donde el factor A (dosis) indica que la dosis de 10 g de acetiluro de calcio presenta el mayor promedio con 90,33%, mientras que el factor B lo presenta el tiempo de 72 horas. Del mismo modo existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos con un coeficiente de variabilidad de 0,58%, indicando el valor más alto al tratamiento T_6 con un promedio de 92,22% mientras con los valores mínimos residen en el T_3 con una media de 87,45%.

Estos resultados se asemejan a los reportados por Selvaraj y col (2010) donde el contenido en humedad varía entre 87 a 94%, coincidiendo con los valores de la presente investigación. Con el aumento en la cantidad del acetiluro de calcio debilita la fibra de la piel de modo que la humedad se absorbe fácilmente.

4.1.6. Ceniza.

En la tabla 7 y de acuerdo al análisis de varianza demuestra diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los factores y tratamientos, el factor A destaca la dosis de 5g de acetiluro de calcio con una media de 4,68%, y el factor B el mayor promedio lo presenta las 72 horas de exposición del acetiluro. Los tratamientos demostraron un coeficiente de variación de 0,72% donde el mayor promedio lo presenta el tratamiento T_4 con un valor de 5,03%, seguido del T_6 con 4,91%.

Según los datos mencionados por Bharathi (2014) (39) el contenido de cenizas en la pulpa de papaya está presente en un 0,49% sin embargo en esta investigación existe un aumento en su contenido; Tukur (2020) (40) manifiesta que en concentraciones altas el contenido mineral de este compuesto se absorbe en la piel del fruto.

4.1.7. Fibra.

En la tabla 7 muestran los resultados obtenidos del análisis de fibra donde se demuestra la presencia de diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el factor A destacando la dosis de 10g de acetiluro con un valor de 1,42%, y el factor B destaco el tiempo de 72 horas. En conformidad con el cuadro de varianza existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con un coeficiente de

variabilidad de 1,49% teniendo el mayor promedio el tratamiento T₅ con 1,43% seguido del tratamiento T₆ con 1,42%, los valores mínimos residen en los tratamientos T₁, T₄ y T₃ con 1,20% cada uno.

Por parte de Bharathi *et al.* (2020) (39) en su estudio presenta un contenido de fibra del 1,73% esto es similar al trabajo de Oloyede (2005) (41) donde demuestra que la pulpa de papaya tiene un 1,88% de fibra cruda, también sugiere que a medida que aumenta la madurez su contenido de fibra será inferior, es por esta razón que los valores actuales de la presente investigación son ligeramente inferiores a los registrados por ambos autores.

4.1.8. Proteína.

Acorde a los resultados de la tabla 7 tanto el factor A y B demostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) donde el mayor resultado del factor A lo presenta la dosificación de 5g de acetiluro de calcio, el factor B el mayor valor está en un tiempo de 72 horas, en cuanto a la interacción entre factores presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con un coeficiente de variación de 0,23% en donde se observó que el promedio más alto lo presenta el tratamientos T₄ con 9,02 %, en cambio el menor promedio se presentó en el tratamiento T₅ con 4,34%.

Según Mitiku (2017) (42) el contenido de proteína en pulpa madura de papaya reporta un valor de 5,39% el mismo autor afirma que las proteínas aumentan durante el proceso de maduración.

4.1.9. Energía.

El análisis de varianza para la variable de energía se encontró diferencias significativas entre factores y tratamientos, donde el factor A destaca la dosis de 5g de acetiluro de calcio y el factor B el tiempo de 72 horas, en cuanto a los tratamientos presenta un coeficiente de variación de 0,23% donde se demuestra que el tratamiento T₄ tiene el mayor valor proteico con 9,02% y el menor valor reside en el tratamiento T₅ con 4,34%.

Los datos obtenidos por Zerihun *et al* (2020) la pulpa de papaya tiene un valor de 3,7 kcal aquello se pudo evidenciar en los resultados obtenidos de los tratamientos T₁ y T₂.

Tabla 7: Promedios registrados en las variables humedad, cenizas, fibra, proteína y energía en la maduración artificial de papaya hawaiana.

Factores	Humedad (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)	Proteína (%)	Energía (kcal)
Factor A: Dosis					
0 g	90,27 ^a	3,35 ^c	1,26 ^b	5,99 ^b	0,31 ^c
5 g	89,42 ^b	4,68 ^a	1,20 ^c	7,50 ^a	0,68 ^b
10 g	90,33 ^a	4,56 ^b	1,42 ^a	4,84 ^c	0,73 ^a
Factor B: Horas					
48	88,28 ^b	4,01 ^b	1,27 ^b	5,46 ^b	0,52 ^b
72	91,28 ^a	4,38 ^a	1,31 ^a	6,76 ^a	0,63 ^a
Interacción					
T1 (0 g/kg acetiluro de calcio + 48 horas)	90,30 ^b	3,50 ^e	1,20 ^c	6,07 ^b	0,33 ^e
T2 (0 g/kg acetiluro de calcio + 72 horas)	90,24 ^b	3,20 ^f	1,33 ^b	5,91 ^d	0,30 ^e
T3 (5 g/kg acetiluro de calcio + 48 horas)	87,45 ^c	4,33 ^c	1,20 ^c	5,97 ^c	0,65 ^c
T4 (5 g/kg acetiluro de calcio + 72 horas)	91,39 ^{ab}	5,03 ^a	1,20 ^c	9,02 ^a	0,71 ^b
T5 (10 g/kg acetiluro de calcio + 48 horas)	88,43 ^c	4,20 ^d	1,43 ^a	4,34 ^f	0,59 ^d
T6 (10 g/kg acetiluro de calcio + 72 horas)	92,22 ^a	4,91 ^b	1,42 ^a	5,35 ^e	0,87 ^a
CV %	0,58	0,72	1,49	0,23	2,46

Letras iguales no son significativas según el test de Tukey (P<0.05).

Elaborado: Aspiazu, 2021

CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La maduración en el fruto de papaya variedad hawaiana en concentraciones de 10 g/kg otorga una maduración rápida, uniforme y efectiva en condiciones de temperatura de 19-25 °C y humedad relativa de entre el 90-95% con una exposición de 72 horas en ambientes herméticamente sellados.
- Este estudio ha demostrado que la administración de acetiluro de calcio y el tiempo de exposición presentó cambios en el contenido de las variables fisicoquímicas evaluadas
- En cuanto a los elementos proximales presentaron incrementos en el contenido de cenizas, proteína, y disminución del contenido de fibra y energía.

5.2. Recomendaciones.

- Profundizar un nuevo estudio analizando metales pesados y comprobar la presencia de arsénico, cadmio, hierro y mercurio en los frutos madurados artificialmente con acetiluro de calcio CaC_2 .
- Conducir la investigación en instalaciones de temperatura y humedad controladas para mayor uniformidad de la maduración en los frutos de papaya.
- Continuar la investigación utilizando el acetiluro de calcio y otros agentes de maduración para comprobar los cambios en las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas.

CAPÍTULO VI.

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía citada.

1. FAO. Análisis del mercado 2018. Roma; 2018.
2. Jia H, Wang Y, Sun M, Li B, Han Y, Zhao Y, et al. Sucrose functions as a signal involved in the regulation of strawberry fruit development and ripening. *New Phytol.* 2013;198(2):453–65.
3. Gapper NE, McQuinn RP, Giovannoni JJ. Molecular and genetic regulation of fruit ripening. *Plant Mol Biol* [Internet]. 2013 Aug 13 [cited 2020 Dec 11];82(6):575–91. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11103-013-0050-3>
4. Chowdhury FR, Alam B. Artificial ripening : what we are eating. *J Med.* 2008;9:42–4.
5. Kaur S. Effect of different treatments of ethrel on ripening behaviour and post- harvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) during storage. *J Appl Nat Sci.* 2017;9(1):85–93.
6. Cissé M, Silue Y, Cissé M, Kouadio ADS, Nindjin C. Effect of Calcium Carbide Treatment on Ripening Time and Physicochemical Properties of Mango (*Mangifera indica* L.) Variety “Kent”, Côte d’Ivoire. *Curr J Appl Sci Technol.* 2020;39(38):24–30.
7. Corpas FJ, Palma JM. Nitric oxide on/off in fruit ripening. *Plant Biol.* 2018;20(5):805–7.
8. Abhishek R, Venkatesh H. (PDF) Artificial ripening of fruits—misleading ripe and health risk. *Everyman’s Sci* [Internet]. 2016 Feb 16 [cited 2020 Dec 12];6:364–9. Available from: https://www.researchgate.net/publication/326207587_Artificial_ripening_of_fruits-misleading_ripe_and_health_risk
9. Martinez M, Balois R, Alia I, Cortes M, Palomino Y, López G. Poscosecha de frutos : maduración y cambios bioquímicos. *Rev Mex Ciencias Agric.* 2017;(19):4075–87.
10. Maduwanthi SDT, Marapana RAUJ. Induced Ripening Agents and Their Effect on Fruit Quality of Banana. *Int J Food Sci* [Internet]. 2019 [cited 2020 Aug 4]; Available from: <https://doi.org/10.1155/2019/2520179>

11. Asif M. Physico-chemical properties and toxic effect of fruit-ripening agent calcium carbide. *Ann Trop Med Public Heal*. 2012;5(3):150.
12. Gonçalves J, Oliveira D, Pierre A. Papaya: Nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. *FRIN* [Internet]. 2011;44(5):1306–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.035>
13. Santana L, Inada A, Spontoni B. Nutraceutical Potential of *Carica papaya* in Metabolic Syndrome. *Nutrients*. 2019;11(3):267–86.
14. Blandón S. Fisiología de poscosecha. *Lab Fisiol y Bioquim Veg* [Internet]. 2012;20. Available from: http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11_Cap09.pdf
15. Oliveira JG, Michelle Silva GC, Oliveira MG, Silva WB, Souza AF, Renata Silva LA, et al. VII Simpósio do papaya brasileiro Produção e Sustentabilidade Hídrica metabolismo respiratório no mamão e sua influência na qualidade e conservação pós-colheita do fruto. 2018.
16. Oliveira E. Conservação pós-colheita de mamão “sunrise solo” com uso de revestimentos naturais [Internet]. Universidade Federal do Acre; 2010 [cited 2020 Aug 4]. Available from: <http://www2.ufac.br/ppga/menu/dissertacoes/dissertacoes-2/2008/elizangela-barbosa.pdf>
17. Coro ME. Evaluación del etileno como agente madurador en babaco (*Vasconcellea x heilbornii* var. pentagona). [Internet]. Universidad Central del Ecuador; 2017. Available from: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10016/1/T-UCE-0004-19.pdf>
18. Chamorro V-. Cambio Metabólicos Y Fisiológicos En Los Productos De Iv Y V Gama. *Rev Iberoam Tecnol Postcosecha*. 2015;16(1):1–7.
19. Liu M, Pirrello J, Chervin C, Roustan JP, Bouzayen M. Ethylene control of fruit ripening: Revisiting the complex network of transcriptional regulation. *Plant Physiol*. 2015;169(4):2380–90.
20. Crisosto C, Gonzales ID, Técnicos E, García SP, Arpaia ML, Mitcham EB, et al. Madurez, maduración y relaciones de calidad de la fruta. *Posharvest Technol*. 2014;1–86.

21. Intagri. Bioestimulación de la maduración de cultivos hortofrutícolas | Intagri S.C. [Internet]. 2018 [cited 2021 May 20]. Available from: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulacion-de-la-maduracion>
22. Santamaría. Antracnosis - CropLife Latin America [Internet]. 2010 [cited 2021 May 20]. Available from: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/antracnosis>
23. Gundewadi G, Rakesh V, Bb R. Physiological and biochemical basis of fruit development and ripening - a review. Hill Agric. 2018;9(1):7–21.
24. Souza AF, Da Silva WB, Gonçalves YS, Da Silva MG, De Oliveira JG. Fisiologia do amadurecimento de mamões de variedades comercializadas no Brasil. Rev Bras Frutic. 2014 Apr 1;36(2):318–28.
25. Wijaya CH, Chen F. Flavour of papaya (*Carica papaya* L .) Fruit. Biotropia (Bogor). 2013;20(1):50–71.
26. Angón P et al. Indices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. Cienc y Tecnol. 2006;10:3–8.
27. Brezsmes J. Diseño de una nariz electrónica para la determinacion no destructiva del grado de maduracion de la fruta. Universidad Politécnica de Cataluña; 2006.
28. Ortola M. Determinacion de la tasa respiratoria de frutas. Valencia; 2011.
29. Ávalos A. Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del género *Opuntia*. Chapingo. 2006;12(1027-152X):127–33.
30. Rodriguez W. Diseño y construccion de un generador catalítico de etileno para la maduración de frutas climatéricas. Universidad del Magdalena; 2013.
31. Juarez O. Elaboración de un concentrado para bebidas a base de pulpa de banano de rechazo con saborizantes artificiales. Universidad Galileo; 2012.
32. Sreeraj M, Joy J, Kuriakose A, Sujith MR, Vishnu PK, Unni H. CLadron*: AI assisted device for identifying artificially ripened climacteric fruits. Procedia Comput Sci [Internet]. 2020;171(2019):635–43. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.069>

33. M.H B, Patience N. E, Fatima A. Effect of Calcium Carbide on Concentration of Trace Elements in Fruits Grown Within Kaduna Metropolis. *Int J Sci Eng Appl.* 2020;9(1):008–11.
34. Ordoñez A. Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefon como agente madurador. Escuela Politecnica del Litoral; 2010.
35. Almeida W. Resolucion N°7 [Internet]. 7 Ecuador: Registro Oficial N° 429, 15 de febrero de 2019.; 2019. Available from: <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC196043>
36. Benitez CG, Pece MG, Galindez MJ de. Análisis de la Varianza en Experimentos Factoriales: Cátedra de Estadística Forestal [Internet]. Serie Didáctica Nro 21. 2010. Available from: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-21-estadistica.pdf>
37. Alonso M. Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo Solo, introducidos en Cuba. *Agron Costarric Rev ciencias agrícolas.* 2008;32(2):169–75.
38. Miranda A, Alvis A, Arrazola Paternina G. Efectos de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (carica papaya) variedad tainung. *Temas Agrar.* 2016;19(1):7–18.
39. Parni B, Verma Y. Biochemical properties in peel, pulp and seeds of Carica papaya. *Plant Arch.* 2014;14(1):565–8.
40. Tukur HR. Proximate and elemental analysis of banana fruits (musa spp) ripened with various concentrations of calcium carbide . *Soc Niger.* 2020;45:648–65.
41. Oloyede O. papaya propiedades fisicoquim.pdf. *Pakistan J Nutr.* 2005;6.
42. Mitiku DH. Effect of maturity stage analysis on post harvest physicochemical characteristics and mineral contents of papaya (Carica papaya) fruit grown in Horo Guduru Wollega Zone ,Ethiopia. *Food Sci Qual Manag.* 2017;62:17–22.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Croquis de la investigación.

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

T6R1 	T2R3 	T2R1 	T3R2 	T4R2 	T4R3 
T3R3 	T5R2 	T1R1 	T1R3 	T4R1 	T6R2 
T5R3 	T6R3 	T3R1 	T5R1 	T1R2 	T2R2 

**CROQUIS DE LAS UNIDADES
EXPERIMENTALES**

Código: Descripción

T1=a1b1	0 g de acetiluro + 24 horas de maduración (testigos)	
T2=a1b2	0 g de acetiluro + 48 horas de maduración (testigos)	
T3=a1b3	5 g de acetiluro + 24 horas de maduración	
T4= a2b1	5 g de acetiluro + 48 horas de maduración	
T5= a2b2	10 g de acetiluro + 24 horas de maduración	
T6=a2b3	10 g de acetiluro + 48 horas de maduración	

Anexo 2. Fotografías del experimento.



Inicio de la maduración en
dosis de 10g/Kg-48 h



Inicio de la maduración en
dosis de 5g/Kg-48 h



Inicio de maduración
natural-48 h



Fin de la maduración en
dosis de 10g/Kg-48 h



Fin de la maduración en
dosis de 5g/Kg-48 h



Fin de la maduración
natural 48 h



Inicio de la maduración en
dosis de 10g/Kg-72h



Inicio de la maduración en
dosis de 5g/Kg 72 h



Inicio de maduración
natural-72 h



Fin de la maduración en
dosis de 10g/Kg-72 h



Fin de la maduración en
dosis de 10g/Kg-72 h



Fin de la maduración en
dosis de 10g/Kg-72 h

Anexo 3. Análisis fisicoquímicos, proximal.



Determinación de pH



Determinación de acidez



Determinación de SST



Determinación de cenizas



Determinación de humedad



Determinación de proteína



Determinación de energía

Anexo 4. Métodos analíticos aplicados.

a) Determinación de humedad.

Principio: método para determinar la cantidad de agua de un alimento, se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento e estufa expresada en porcentaje.

Instrumental:

- Balanza analítica sensible al 0,1 mg
- Crisoles de porcelana
- Estufa
- Desecador
- Pinzas

Procedimiento:

1. Pesar el crisol previamente tarado y colocar 1,5 g de la muestra a estudiar.
2. Colocar el crisol con muestra en la estufa a una temperatura de 105 °C durante 4 horas.
3. Transcurrido el tiempo introducir los crisoles en el desecador y esperar entre 10 y 15 minutos para que libere calor.
4. Pesar los crisoles y anotar.

Cálculos:

$$\%H = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100$$

Donde:

W_0 = Peso de la Muestra (gr.)

W_1 = Peso del crisol más la muestra después del secado.

W_2 = Peso del crisol más la muestra antes del secado

b) Determinación de ceniza.

Principio: consiste en la calcinación de la muestra donde se incinera la materia inorgánica, esto representa el contenido mineral.

Instrumental:

- Balanza analítica
- Capsulas
- Mufla
- Desecador
- Pinzas

Procedimiento:

1. Calentar el crisol de porcelana vacío en la mufla durante 30 min a una temperatura 550 °C.
2. Retirar y colocar en estufa por 15 minutos.
3. Pesar los crisoles vacíos en balanza analítica y anotar el peso.
4. Pesar 2 g de muestra homogenizada.
5. Calcinar la muestra en la mufla por 4 horas a 550 °C hasta lograra cenizas blanquecinas
6. Retirar y colocar en el desecador y pesar.

Cálculo:

$$C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \times 100$$

Donde:

m= masa del crisol vacío

m₁= masa del crisol con muestra antes de incinerar

m₂= masa del crisol con las cenizas después de la incineración

c) Determinación de proteína.**Instrumental y reactivos:**

- Digestor
- Tubo de digestión
- Matraz Erlenmeyer
- Ácido sulfúrico
- Solución ácido bórico
- Solución de hidróxido de sodio

Procedimiento:**Digestión**

1. Pesar 1,2 g de muestra perfectamente homogenizada e introducirla en el tubo digestor
2. Añadir al tubo con muestra 5g de catalizador o sulfato de cobre
3. Colocar los tubos en el blocdigest, realizar la digestión a una temperatura de 400°C por 30 minutos
4. Retirar y enfriar.

Neutralización y destilación.

5. Añadir 25 ml de ácido bórico en un matraz de 250 mL y 2 gotas de indicador.
6. Colocar el matraz en la alargadera del refrigerante teniendo la precaución de quede sumergida dentro de la disolución.
7. Colocar el tubo en el destilador dosificar 40 mL de NaOH e iniciar la destilación
8. La destilación deberá prolongarse el tiempo suficiente para que se destilen un mínimo de 150 mL por 10 minutos.

Valoración.

9. Valorar con ácido clorhídrico hasta que la solución torne de verde a violeta

Cálculo:

$$\%Nitrogeno = \frac{1,4x(V_1 - V_0)x N}{P}$$

Donde:

P= peso en g de la muestra

V1= volumen consumido en la valoración

V0= volumen consumido en la valoración de un blanco mL

d) Determinación de fibra.

Instrumental:

- Equipo dosi-fiber
- Balanza analítica
- Bomba a vacío
- Matraz kitasato
- Crisoles
- Mufla
- Desecador
- Pinzas

Reactivos:

- Ácido sulfúrico 0,180 M (7.1. ml 96% con un litro de agua destilada)
- Hidróxido de potasio o Sodio 0,223 (12,5 g en litro con agua destilada)
- Antiespumante
- Acetona

Procedimiento:

1. Pesar de 1,5 g de muestra en un crisol poroso
2. Introducir los crisoles en el dosi-ber.
3. Asegurar las válvulas en cerrado
4. Añadir 100 de H₂SO₄ caliente en cada columna y gotas de antiespumante
5. Abrir el circuito de refrigeración y activar las resistencias calefactoras
6. Esperar a q hierva durante el tiempo de extracción.
7. Abrir el circuito de vacío y poner los mandos de las válvulas en posición adsorción, lavar y filtrar, repetir tres veces.

Cálculo:

$$\% \text{fibra bruta} = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100$$

Anexo 5. Análisis de varianza.

Textura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	18	0,99	0,99	12,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1723,82	5	344,76	299,42	<0,0001
Dosis	1720,54	2	860,27	747,12	<0,0001
Tiempo	2,60	1	2,60	2,25	0,1590
Dosis*Tiempo	0,68	2	0,34	0,30	0,7493
Error	13,82	12	1,15		
Total	1737,64	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,65282

Error: 1,1514 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.	
0	22,63	6	0,44	A
5	2,19	6	0,44	B
10	1,60	6	0,44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,10214

Error: 1,1514 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.	
72	9,19	9	0,36	A
48	8,43	9	0,36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,94290

Error: 1,1514 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.	
0	72	23,28	3	0,62	A
0	48	21,98	3	0,62	A
5	72	2,48	3	0,62	B
5	48	1,90	3	0,62	B
10	72	1,80	3	0,62	B
10	48	1,40	3	0,62	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Brix

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Brix	18	1,00	1,00	2,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	399,16	5	79,83	5322,19	<0,0001
Dosis	106,27	2	53,14	3542,37	<0,0001
Tiempo	194,70	1	194,70	12980,15	<0,0001
Dosis*Tiempo	98,19	2	49,10	3273,04	<0,0001
Error	0,18	12	0,01		
Total	399,34	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18865

Error: 0,0150 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.	
10	7,00	6	0,05	A
5	5,63	6	0,05	B
0	1,30	6	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12579

Error: 0,0150 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.	
72	7,93	9	0,04	A
48	1,36	9	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,33589

Error: 0,0150 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.	
10	72	12,40	3	0,07	A
5	72	10,07	3	0,07	B
10	48	1,60	3	0,07	C
0	72	1,33	3	0,07	C
0	48	1,27	3	0,07	D
5	48	1,20	3	0,07	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	18	0,96	0,95	1,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,42	5	0,88	64,23	<0,0001
Dosis	0,01	2	0,01	0,54	0,5987
Tiempo	1,45	1	1,45	105,38	<0,0001
Dosis*Tiempo	2,96	2	1,48	107,34	<0,0001
Error	0,17	12	0,01		
Total	4,59	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18072

Error: 0,0138 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.
10	6,09	6	0,05 A
0	6,05	6	0,05 A
5	6,02	6	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12051

Error: 0,0138 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.
48	6,33	9	0,04 A
72	5,77	9	0,04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32179

Error: 0,0138 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.
10	48	6,63	3	0,07 A
5	48	6,61	3	0,07 A
0	72	6,34	3	0,07 A
0	48	5,76	3	0,07 B
10	72	5,54	3	0,07 B C
5	72	5,42	3	0,07 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Acidez

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	18	0,98	0,98	6,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,30	5	1,66	149,48	<0,0001
Dosis	0,32	2	0,16	14,45	0,0006
Tiempo	5,34	1	5,34	480,20	<0,0001
Dosis*Tiempo	2,65	2	1,32	119,15	<0,0001
Error	0,13	12	0,01		
Total	8,44	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16236

Error: 0,0111 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.	
5	1,78	6	0,04	A
0	1,78	6	0,04	A
10	1,50	6	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10827

Error: 0,0111 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.	
48	2,23	9	0,04	A
72	1,14	9	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28909

Error: 0,0111 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.	
5	48	2,70	3	0,06	A
10	48	2,20	3	0,06	B
0	48	1,80	3	0,06	C
0	72	1,77	3	0,06	C
5	72	0,87	3	0,06	D
10	72	0,80	3	0,06	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Humedad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	18	0,94	0,91	0,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47,88	5	9,58	34,74	<0,0001
Dosis	3,08	2	1,54	5,59	0,0192
Tiempo	29,41	1	29,41	106,70	<0,0001
Dosis*Tiempo	15,39	2	7,69	27,91	<0,0001
Error	3,31	12	0,28		
Total	51,19	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,80872

Error: 0,2757 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.	
10	90,33	6	0,21	A
0	90,27	6	0,21	A
5	89,42	6	0,21	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,53927

Error: 0,2757 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.	
72	91,28	9	0,18	A
48	88,73	9	0,18	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,43996

Error: 0,2757 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.	
10	72	92,22	3	0,30	A
5	72	91,39	3	0,30	A
0	48	90,30	3	0,30	B
0	72	90,24	3	0,30	B
10	48	88,43	3	0,30	C
5	48	87,45	3	0,30	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ceniza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ceniza	18	1,00	1,00	0,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,11	5	1,62	1781,14	<0,0001
Dosis	6,47	2	3,24	3550,96	<0,0001
Tiempo	0,62	1	0,62	680,22	<0,0001
Dosis*Tiempo	1,02	2	0,51	561,77	<0,0001
Error	0,01	12	9,1E-04		
Total	8,13	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04649

Error: 0,0009 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.	
5	4,68	6	0,01	A
10	4,56	6	0,01	B
0	3,35	6	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03100

Error: 0,0009 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.	
72	4,38	9	0,01	A
48	4,01	9	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08278

Error: 0,0009 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.	
5	72	5,03	3	0,02	A
10	72	4,91	3	0,02	B
5	48	4,33	3	0,02	C
10	48	4,20	3	0,02	D
0	48	3,50	3	0,02	E
0	72	3,20	3	0,02	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Proteína

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	18	1,00	1,00	0,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36,79	5	7,36	37844,09	<0,0001
Dosis	21,25	2	10,63	54643,20	<0,0001
Tiempo	7,61	1	7,61	39111,43	<0,0001
Dosis*Tiempo	7,94	2	3,97	20411,31	<0,0001
Error	2,3E-03	12	1,9E-04		
Total	36,80	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02148

Error: 0,0002 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.	
5	7,50	6	0,01	A
0	5,99	6	0,01	B
10	4,84	6	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01432

Error: 0,0002 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.	
72	6,76	9	4,6E-03	A
48	5,46	9	4,6E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03824

Error: 0,0002 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.	
5	72	9,02	3	0,01	A
0	48	6,07	3	0,01	B
5	48	5,97	3	0,01	C
0	72	5,91	3	0,01	D
10	72	5,35	3	0,01	E
10	48	4,34	3	0,01	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Energía

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Energía	18	1,00	1,00	2,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,75	5	0,15	753,84	<0,0001
Dosis	0,63	2	0,31	1565,86	<0,0001
Tiempo	0,05	1	0,05	256,00	<0,0001
Dosis*Tiempo	0,08	2	0,04	190,75	<0,0001
Error	2,4E-03	12	2,0E-04		
Total	0,76	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02178

Error: 0,0002 gl: 12

Dosis	Medias	n	E.E.	
10	0,73	6	0,01	A
5	0,68	6	0,01	B
0	0,31	6	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01453

Error: 0,0002 gl: 12

Tiempo	Medias	n	E.E.	
72	0,63	9	4,7E-03	A
48	0,52	9	4,7E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03879

Error: 0,0002 gl: 12

Dosis	Tiempo	Medias	n	E.E.	
10	72	0,87	3	0,01	A
5	72	0,71	3	0,01	B
5	48	0,65	3	0,01	C
10	48	0,59	3	0,01	D
0	48	0,33	3	0,01	E
0	72	0,30	3	0,01	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)