

**Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas**



**“Evaluación de tres dosis de etileno comercial sobre la maduración de piña (*Ananas comosus* L.)”.**

**por**

**Br. Fatima Gabriela Guardado Guardado**

**Ingeniería Agroindustrial**

**Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Ingeniería Agroindustrial**



**“Evaluación de tres dosis de etileno comercial sobre la maduración de piña (*Ananas comosus* L.)”.**

**Por**

**Br. Fatima Gabriela Guardado Guardado**

**Presentada como requisito para obtener el  
Título de Ingeniero Agroindustrial**

**Ciudad Universitaria, Septiembre 2024**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA

**SECRETARIO GENERAL**

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DECANO**

MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

**SECRETARIO**

M. Sc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA**

M. Sc. HUMBERTO RUIZ MEJÍA

**COORDINADOR DEL CURSO**

M. Sc. OMAR ANTONIO LARA DÍAZ

**ASESOR DIRECTO**

ING. Qco. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

ING. Qco. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ

## **Dedicatoria**

A Dios todo poderoso por darme la sabiduría y fuerza necesaria para culminar esta meta tan importante en mi vida.

A mis amados padres, Francisco Guardado y Guadalupe Guardado, por acompañarme en todo momento y por haberme educado para ser la persona que soy en la actualidad, todos mis logros se los debo a ustedes incluyendo este.

# **Agradecimientos**

## **A Dios**

En primer lugar, le agradezco a Dios por haberme acompañado a lo largo mi carrera, brindándome en todo momento paciencia, entendimiento y sabiduría, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad.

## **A mis padres**

Le agradezco a mis queridos padres Juan Francisco Guardado y Nery Guadalupe Guardado, que siempre me brindaron su apoyo incondicional para cumplir mis objetivos, gracias por creer siempre en mí. Ellos con su amor y cariño me han impulsado a seguir mis metas y nunca abandonarlas, también son ellos quienes con mucho esfuerzo me sustentaron económicamente durante toda mi carrera.

## **A mi pareja**

Le agradezco a mi pareja Rodrigo Galdámez por estar conmigo en todo momento, gracias por su apoyo, paciencia y comprensión.

## **A mis tutores**

También a mis tutores Haydee Esmeralda Munguía y Juan de Dios Santamaria, les agradezco profundamente por su dedicación y paciencia, su guía constante durante el desarrollo de mi trabajo de investigación fue fundamental para alcanzar este logro.

## **A mis compañeros y amigos**

Agradecerles a todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se convirtieron en mis amigos y hermanos, gracias por las horas y días compartidos, los trabajos realizados en grupo y las historias vividas.

## **A la universidad**

Por último, agradecer a la Universidad de El Salvador que me exigió tanto durante toda mi carrera, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi título de Ingeniero Agroindustrial

# Índice General

	<b>Página</b>
I. Introducción .....	1
II. Antecedentes .....	2
III. Planteamiento del problema .....	5
IV. Objetivos .....	6
4.1 Objetivo general.....	6
4.2 Objetivos específicos .....	6
V. Marco Teórico .....	7
5.1 Origen .....	7
5.2 Taxonomía.....	7
5.3 Descripción botánica de la Piña.....	8
5.4 Producción de piña.....	9
5.4.1 Consumo de piña en El Salvador.....	10
5.4.2 Aporte nutricional del consumo de piña.....	10
5.5 Comportamiento fisiológico del fruto de piña.....	11
5.5.1 Respiración y producción de etileno en el fruto de piña .....	11
5.6 Cambios de color en el proceso de maduración del fruto de piña .....	12
5.7 Producción de Etileno .....	13
5.8 Madurantes artificiales.....	14
5.8.1 Madurantes más comunes.....	14
5.9 El etileno y la maduración de las frutas .....	14
VI. Metodología.....	15
6.1 Ubicación de la investigación .....	15
6.2 Fase de campo.....	16
6.2.1 Materiales y equipo .....	16
6.2.2 Descripción de la materia prima.....	16
6.2.3 Tamaño de la muestra .....	17
6.2.4 Fuentes de recopilación de información.....	18
6.3 Fase de laboratorio.....	18
6.3.1 Marcha para la preparación de solución de etileno .....	19
6.3.2 Marcha para la preparación de las piñas.....	20
6.4 Variables a estudiar .....	22

6.4.1	Pérdida de peso.....	22
6.4.2	Sólidos solubles totales (Grados Brix).....	22
6.4.3	Acidez titulable.....	23
6.4.4	Medición de pH:.....	24
6.4.5	Medición de color.....	24
6.5	Análisis de datos.....	25
6.5.1	Diseño estadístico.....	25
VII.	Resultados y análisis.....	27
7.1	Variable pérdida de peso.....	27
7.1.1	Efectos presentados por los tratamientos.....	27
7.2	Variable grados Brix.....	29
7.2.1	Efectos presentados por los tratamientos.....	29
7.3	Variable acidez titulable.....	31
7.3.1	Efectos presentados por los tratamientos.....	32
7.4	Variable pH.....	33
7.4.1	Efectos presentados por los tratamientos.....	34
7.5	Variable color en pulpa.....	36
7.5.1	Efectos presentados por los tratamientos (L*).....	36
7.5.2	Comportamiento de la diferencia de color amarillo-azul (b*).....	37
7.6	Variable de color en cascara.....	38
7.6.1	Efectos presentados por los tratamientos (L*).....	39
7.6.2	Comportamiento de la diferencia de color amarillo-azul (b*).....	40
VIII.	Conclusiones.....	43
IX.	Recomendaciones.....	44
X.	Bibliografía.....	45
XI.	Anexos.....	49

## Índice de cuadros

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Taxonomía de la piña.....	7
Cuadro 2. Materiales y equipo utilizado.....	16
Cuadro 3. Esquema del montaje del ensayo.....	17

Cuadro 4. Cuadrícula para la toma de datos por tratamiento y variable .....	18
Cuadro 5. Identificación de tratamientos aplicados.....	25
Cuadro 6. Resultados de significancia estadística (análisis de varianza), para la variable pérdida de peso. ....	27
Cuadro 7. Resultados de significancia estadística (análisis de varianza), para la variable grados brix.....	29
Cuadro 8. Significancia estadística de P-valor para la variable acidez titulable .....	31
Cuadro 9. Significancia estadística de P-valor para la variable pH.....	33
Cuadro 10. Significancia estadística de P-valor para la variable color en pulpa.....	36
Cuadro 11. Significancia estadística de P-valor para la variable color en cascara.....	39

## Índice de figuras

	<b>Página</b>
Figura 1. Planta de piña con su fruto completamente formado .....	8
Figura 2. Curva de intensidad respiratoria de la piña .....	12
Figura 3. Proceso de maduración de la piña.....	13
Figura 4. Localización de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.....	15
Figura 5. Cosecha de piñas en Santa María Ostuma .....	17
Figura 6. Preparación del equipo y utensilios a utilizar .....	19
Figura 7. Medición de etileno utilizando una jeringa.....	19
Figura 8. Cosecha, transporte y recibimiento de la piña en Estación Experimental .....	20
Figura 9. Clasificación de las piñas .....	20
Figura 10. Preparación de la mezcla para realizar la inmersión de las piñas .....	20
Figura 11. Inmersión de las piñas .....	21
Figura 12. Escurrido de las piñas.....	21
Figura 13. Colocación de las piñas y rotulación de las cajas de cartón.....	21
Figura 14. Medición de la variable pérdida de peso.....	22
Figura 15. Medición de la variable de sólidos solubles totales .....	22
Figura 16. Medición de variable acidez titulable .....	23
Figura 17. Medición de la variable pH.....	24

Figura 18. Medición de la variable color utilizando el colorímetro .....	25
Figura 19. Peso medido en gramos de piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey). .....	28
Figura 20. °Brix de piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).....	30
Figura 21. Acidez titulable en piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey). .....	32
Figura 22. Medición de pH en piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey). .....	34
Figura 23. Comportamiento de la luminosidad (Negro, blanco) en la pulpa de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey). .....	37
Figura 24. Comportamiento de la variable b* (amarillo, azul) en la pulpa de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey). .....	38
Figura 25. Comportamiento de la luminosidad (Negro, blanco) en la cascara de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey). .....	40
Figura 26. Comportamiento de la variable b* (amarillo, azul) en la cascara de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey). .....	41
Figura 27. Cambio de color en las piñas según la dosis de etileno aplicada .....	42

## Índice de anexos

### Página

Cuadro A 1. Resumen de datos P-valor de las variables evaluadas.....	49
--	----

## **Resumen**

Los madurantes artificiales son compuestos orgánicos, que en pequeñas cantidades inhibe, fomenta o modifica los procesos fisiológicos de la planta, entre estos está el etileno o etileno el cual se clasifica como un regulador de crecimiento fosfórico que su acción es liberar etileno artificial en el interior de las plantas. El objetivo principal de la investigación fue determinar la dosis óptima y tiempo de aplicación de etileno comercial para lograr una maduración uniforme en el fruto de la piña sin afectar su calidad visual. Para el ensayo se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), estuvo constituido por 4 tratamientos (Testigo, T1, T2, T3) y 4 repeticiones por cada uno lo cual es equivalente a 16 unidades experimentales, la toma de datos se realizó cada 48 horas por un periodo de 8 días, partiendo el día en que se aplicó el etileno en las distintas dosis a las piñas. Las variables evaluadas fueron pérdida de peso, grados brix, acidez titulable, pH y color. Para verificar los resultados obtenidos se realizó una prueba de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey) para determinar cuál de los tratamientos produjo los mejores resultados, bajo un nivel de significancia del 5%. La aplicación del etileno comercial presentó diferencias significativas principalmente en la variable color, el mejor resultado se obtuvo en la aplicación de 0.5 ml de etileno comercial por litro de agua, en cuanto a las variables grados brix y acidez titulable, no presentaron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos. Por otra parte, el pH produjo una gran variabilidad durante todo el proceso presentando de manera constante aumento y disminución en sus valores.

## **Abstract**

Artificial ripening agents are organic compounds, which in small quantities inhibit, promote or modify the physiological processes of the plant, among these is ethylene or ether which is classified as a phosphoric growth regulator whose action is to release artificial ethylene inside. . of the plants. The main objective of the research was to determine the optimal dose and application time of commercial ethylene to achieve uniform ripening in the pineapple fruit without affecting its visual quality. For the test, a completely randomized design (DCA) was used, it was composed of 4 treatments (Control, T1, T2, T3) and 4 repetitions for each one, which is equivalent to 16 experimental units, data collection was carried out every 48 hours for a period of 8 days, starting from the day the ethylene was applied in the different doses to the pineapples. The variables evaluated were weight loss, brix degrees, titratable acidity, pH and color. To verify the results obtained, a multiple comparison test of means (Tukey's test) was carried out to determine which of the treatments produced the best results, under a significance level of 5%. The application of commercial ethylene presents significant differences mainly in the color variable, the best result was obtained in the application of 0.5 ml of commercial ethylene per liter of water, in terms of the titratable brix and acidity variables, they did not present significant statistical differences in the treatments. On the other hand, the pH produced great variability throughout the process, presenting a constant increase and decrease in its values.

## **I. Introducción**

La piña forma parte de la familia de las bromelias, pertenece al género *Ananas comosus*, que es la que se explota con fines comerciales. Las principales variedades se clasifican en cinco grupos de acuerdo a sus hábitos de crecimiento, la forma de la fruta, las características de la pulpa y la morfología de las hojas (Dawson 2015).

Este cultivo ocupa el segundo lugar en volumen de producción, solo superado por la banana (*Musa acuminata*). Los principales países productores son Brasil, China, Filipinas, India y Tailandia, ocupa la decimoprimer posición de las frutas más cultivadas según las estadísticas de la FAO, con algo más de 24,8 millones de toneladas en 2013. La cosecha de este fruto depende del destino si es para exportación, se debe cosechar cuando la fruta esté completamente sazón, en las primeras etapas de maduración, pero de coloración verde, si es para el mercado nacional la fruta se cosecha recién madura, no en estado avanzado de madurez (MAG 1991).

La maduración de la fruta consiste en la secuencia de cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que desencadenan una serie de modificaciones en el color, acidez, textura, contenido de azúcar, sabor y color del fruto. La piña al ser una fruta no climatérica debe recolectarse cuando esta lista para el consumo (SOBITEC 2017). Los frutos no climatéricos no presentan variaciones importantes en su tasa de respiración ni en la síntesis de etileno, esto implica que una vez cortado no mejoran de manera notable sus características organolépticas por lo cual para estos frutos la aplicación artificial de etileno posiblemente no altera las características de maduración, aunque si aumenta la respiración (SOBITEC 2017).

El etileno es utilizado principalmente para desarrollar la maduración de consumo de frutas climatéricas y para inducir la respiración y el color típico de ciertas frutas no climatéricas como los cítricos (Coro 2017). La aplicación del tratamiento debe ser durante la fase pre-climatérica, debido a que las aplicaciones tardías son innecesarias y por lo tanto inútiles, debido a que en esas circunstancias los tejidos se hallan saturados de etileno naturalmente producido por la fruta (Coro 2017).

Es por ello que con la presente investigación se pretende evaluar la aplicación de diferentes dosis de etileno comercial en la piña, tomando en cuenta el cambio de las características físico químicas en la fruta durante el tiempo de aplicación, determinando de esta manera si es recomendable o no la aplicación de este producto sobre un fruto no climatérico como la piña.

## **II. Antecedentes**

El origen y posterior distribución de la piña han sido ampliamente estudiadas, sin embargo, existe poca información a pesar de ser una de las frutas más cultivadas en el mundo. Para identificar el centro de origen de esta fruta hay que situarse en América del Sur específicamente en la Amazonia entre Brasil y Paraguay. Una de las pruebas del origen de esta fruta la podemos encontrar en su nombre científico que deriva de palabras usadas por los pueblos aborígenes, es así que *ananás/nana* significa con gran olor mientras que *comosus* puede estar referido a la corona que lleva el fruto (Borjas *et al.* 2020).

La domesticación de esta planta ocurrió mucho antes de la llegada de los europeos, pero fue mediante ellos que se hizo famosa a nivel mundial. El uso de la piña fue muy variado por parte de los indígenas, se usaba para curar enfermedades, se tomaba como refresco, como bebida alcohólica o para la guerra donde se usaba el jugo en descomposición como veneno para enemigos. Hoy en día está distribuida y cultivada en todos los continentes excepto Europa, siendo los principales países productores Brasil, Tailandia, Filipinas, Costa Rica, China, India, Indonesia, Nigeria y México (Borjas *et al.* 2020).

### **Usos del etileno**

El etileno ha sido utilizado desde los antiguos egipcios, cortaban y dañaban frutas como los higos con el fin de estimular la maduración, cuando descubrieron que el daño estimulaba la producción de etileno de los tejidos vegetales. En 1864, se descubrió que fugas de gas provenientes de las luces de la calle provocaban un retraso del crecimiento, la torción de las plantas y el engrosamiento del tallo, lo cual fue ligado al etileno 40 años más tarde (UWT 2023).

El etileno sirve como una hormona en las plantas y actúa en mínimas cantidades a lo largo de la vida de la planta mediante la estimulación y regulación del proceso de maduración. Uno de los usos más comunes del etileno en la actualidad en la industria de frutas y vegetales es el gaseamiento de algunas frutas como el plátano, se realiza con etileno a la llegada a su destino final. Las frutas sin madurar son transportadas con mayor facilidad, su calidad no sufre tanto daño durante el transporte como lo haría si se tratara de producto maduro, y tiene una vida de venta más larga al ser una vez gaseados en el punto de destino (UWT 2023).

### **Evaluación de etileno como agente madurador.**

La aplicación de etileno es comúnmente utilizada para tener una maduración acelerada y uniforme en frutas climatéricas principalmente, de esta manera se puede mejorar la apariencia y características organolépticas (Coro 2017).

Según Coro (2017), en un estudio realizado en cual se evaluó el etileno como agente madurador en babaco (*Vasconcellea x heilbornii* var. *pentagona*) y su efecto en la calidad del fruto, donde se trataron frutos de babaco recolectados con tres índices de madurez, inmersos durante 5 y 10 minutos, en etileno (comercialmente conocido como Ethrel) en dosis de 500, 1000 y 1500 ppm; concluyendo lo siguiente: todos los tratamiento mostraron una respuesta positiva en cuanto a una maduración acelerada, ya sea por la disminución de la firmeza, aumento de los °Brix, disminución del % de acidez y características organolépticas uniformes en algunos casos, aunque al final no todos los frutos llegaron a tener las características deseadas para el consumo, en especial en los frutos más tiernos es decir aquellos tratamientos que corresponden al índice 0 y también algunos de los tratamientos del índice 1.

En cuanto a las diferentes concentraciones de etileno (500, 1000 y 1500 ppm. L<sup>-1</sup>) aplicadas a los frutos de babaco, se observó que las mismas solo afectaron a la firmeza; porque a mayor concentración fueron expuestos los frutos menor firmeza tuvieron señalando a la vez que la concentración trabajó conjuntamente con el índice de madurez porque aquellos frutos que tuvieron madurez más avanzada adquirieron menor firmeza (Coro 2017).

### **Evaluación de etileno combinado con carbón activado para inducción de la floración**

El cultivo de piña presenta un problema de mucha relevancia y es que de forma natural se obtiene una floración muy heterogénea. La utilización de reguladores de crecimiento como Ethrel y Carburo de calcio es una práctica muy común para la inducción de la floración mediante la liberación de etileno. Carias (1999), realizó una investigación con la necesidad de evaluar diferentes combinaciones de los productos para ver la posibilidad de bajar un poco la utilización de los dos productos sobre los frutos. Se evaluaron dos factores (El gas etileno y el carbón activado) y la combinación de tres dosis para cada factor, las dosis evaluadas para el factor gas etileno fueron: 5.82, 6.55 y 7.27 kg·Ha<sup>-1</sup> y para el factor carbón activado la dosis fueron de 36.36, 43.64 y 50.91 kg·Ha<sup>-1</sup>.

Según los resultados obtenidos se concluyó que no existen diferencias estadísticamente significativas para las variables número de días de floración, rendimiento y contenido de azúcares, por lo cual se puede concluir que el tratamiento que presentó mejor resultado fue la combinación de 5.82 kg de etileno + 36.36 kg de carbón activado, con un porcentaje de floración de 98.93% un rendimiento de 98.75 toneladas métricas por hectárea (Carias 1999).

### **III. Planteamiento del problema**

La piña (*Ananas comosus* L.) es un cultivo de gran importancia para los pequeños agricultores y para el país como generador de mayores ingresos, por la demanda internacional con posibilidad de exportación a Estados Unidos y Europa para el consumo fresco, así como también para ser industrializada (Rengifo 2013).

En la comercialización de frutas, en ocasiones la demanda del mercado es mayor que la oferta del producto, por lo cual el productor no da abasto a las necesidades del consumidor, ya que los frutos no cuentan con características de madurez aceptable. Por esto es necesario contar con alternativas, como el uso de técnicas de maduración artificial (uso de madurantes). Un madurante es un compuesto orgánico que, aplicado en pequeñas cantidades, inhibe o modifica procesos fisiológicos de la planta (Villegas y Arcilla 1995).

Cuando se utiliza etileno como madurante en los frutos, ya sean, climatéricos o no climatéricos, se debe tener en cuenta las concentraciones que se van a usar. Debemos tomar en cuenta al momento de aplicar etileno si vamos a tratar sobre frutos climatéricos o frutos no climatéricos (Gavin *et al.* 2021).

Las piñas sometidas a exposición de etileno pueden dar lugar también a un desverdizado de la cascara ligeramente más rápido, pero sin afectar la calidad interna del fruto. El desverdizado es una técnica de poscosecha mediante la cual se acelera la desaparición del color verde, cuyo propósito de esta práctica es comercializar en momentos óptimos de mercado frutos que no han alcanzado el grado de coloración exigido por el consumidor (Kader 2021).

Sin embargo, la aplicación de etileno comercial en la maduración de piña no ha sido estudiada anteriormente, por lo cual la presente investigación permitirá determinar la dosis óptima y tiempo de aplicación para lograr una maduración uniforme en el fruto sin afectar su calidad visual.

**¿Cuál es la dosis optima de etileno comercial y los tiempos de aplicación para obtener una maduración uniforme del fruto de piña (*Ananas comosus* L.)?**

## **IV. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de etileno comercial sobre la maduración de piña (*Ananas comosus* L.) para obtener una maduración uniforme del fruto.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar el tiempo de exposición y las dosis de aplicación de etileno sobre la piña (*Ananas comosus* L.) de la variedad Golden.
- Evaluar las características físico químicas durante el ensayo al aplicar las diferentes dosis de etileno comercial a la piña (*Ananas comosus* L.)
- Determinar el periodo de vida útil o vida de anaquel de la piña (*Ananas comosus* L.) de la variedad Golden, influenciado por la aplicación de etileno comercial.

## V. Marco Teórico

### 5.1 Origen

La piña (*Ananas comosus*) es originaria de América del sur, del Centro y Sur de Brasil y Noreste de Argentina y Paraguay. El momento de su descubrimiento por el mundo occidental remonta a la segunda expedición de Cristóbal Colón a América, cuando desembarcó en una de las islas del Caribe (Rengifo 2013).

Su propagación se realizó al compás que portugueses y españoles abrían las grandes vías marítimas durante el siglo XVI. Su presencia ha sido confirmada en Santa Elena en 1505, en las Indias en 1545 y en Madagascar en 1548. Aparece en Asia a mitad del siglo XVI. A finales del siglo XVII, la piña estaba implantada en toda la zona tropical. La fruta llegó a Europa en 1535, llevada a España por los navegantes y presentada como curiosidad en las cortes europeas, confitada o fresca (Dawson 2000).

Algunos productores intentaron expedir piña fresca a centros de consumo por barco, pero tropezaron con el grado perecedero del producto. De esta manera, las exportaciones se realizaban únicamente en distancias cortas bien comunicadas, principalmente en los alrededores de Florida, importante zona de producción a principios del siglo XX a la que rápidamente Cuba, Puerto Rico o las Bahamas hicieron la competencia (Dawson 2000).

### 5.2 Taxonomía

Cuadro 1. Taxonomía de la piña

Taxonomía del fruto de piña	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Bromeliaceae
Genero	Ananas
Especie	Comosus

Fuente: Rengifo 2013

La piña de la familia bromeliácea, genero Ananas y especie Comosus. En lo que se refiere al tipo de alimento pertenece al grupo de frutas y por sus características lo enmarcan dentro de la rama tropical.

### 5.3 Descripción botánica de la Piña

La planta de piña pertenece a la familia de las Bromeliaceae, es una planta monocotiledónea, herbácea y perenne (Carías 1999).

Es una planta herbácea de 1 a 1.5 metros de extensión, tanto a lo alto como en lo que a su circunferencia se refiere. Está formada por una roseta de hojas duras, lanceoladas y más o menos espinosas, organizadas alrededor de un tallo que constituye el eje de la planta (Dawson 2000).

En su prolongación crece un ápice en cuyo extremo nace la fruta terminada en una corona. La inflorescencia es racimosa y puede producir más de cien flores. De hecho, la fruta está formada por el conjunto de flores que crecen alrededor del ápice que, a partir de ahí, constituye el tallo de la fruta del pedúnculo hasta la corona. Cada flor origina una fruta independiente organizada en espiral alrededor del tallo. Estas frutas se fusionan durante la fructificación hasta originar la piña (Figura 1). Las frutas unidas aparecen en la parte exterior en forma de escamas espesas denominadas ojos (Dawson 2000).



Figura 1. Planta de piña con su fruto completamente formado

Fuente: Dawson 2000

Los tipos cultivados pertenecen al género Ananas que reagrupa varias especies, entre ellas las Ananas comosus (Carías 1999).

Las principales variedades se clasifican en cinco grupos de acuerdo con sus hábitos de crecimiento, la forma de la fruta, las características de la pulpa y la morfología de las hojas, se han propagado por todo el mundo en función de su capacidad de adaptación. Actualmente se conocen más de 1,400 variedades, en los mercados internacionales existen algunas como, la cayena, española, Queen, Pernambuco, Perolera (Carías 1999).

Según Navarrete (2013), Las más comunes en el Salvador son la Piña de castilla, Piña Golden (MD2), Azucarón.

#### **5.4 Producción de piña**

En el periodo comprendido entre el año 2004 y 2013 la producción promedio mundial de piña fue de 20.7 millones de toneladas cultivada en un área de 897.9 miles de hectáreas.

De acuerdo a datos estimados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO) en el año 2014, el 90% de las frutas tropicales se producen en países que están en vías de desarrollo, lo que contribuiría a generar empleo, aumentar el ingreso de los agricultores, la seguridad alimentaria y a reducir los niveles de pobreza. Dentro de estas frutas las principales son el mango, la piña, el aguacate y la papaya ya que ellas representan el 75% de la producción de fruta a nivel mundial para el año 2004 manteniendo su importancia en los siguientes años (Batres *et al.* 2015).

La piña ha obtenido un incremento en el mercado mundial de las frutas debido a la demanda de consumo de alimentos saludables es por ello que es una de las frutas tropicales de mayor demanda en el mundo (Batres *et al.* 2015).

Al analizar la estructura productiva del país, dentro del sector agropecuario se encuentra las producciones agrícolas que agrupa una serie de actividades entre las cuales están el cultivo de frutas tropicales, entre ellas, la piña. Este producto es importado de diferentes países tanto para el consumo final como para materia prima, entre ellos Costa Rica, categorizado como uno de los mayores productores de piña a nivel mundial (Batres *et al.* 2015).

En El Salvador dentro de la rama agrícola existe una infinidad de productos que son cultivados en micro, pequeña, mediana y gran escala en algunos casos, dentro del área de frutícolas encontramos el cultivo de piña que, en comparación con otros países centroamericanos, la producción total

interna no es muy representativa, pero existen ciertos lugares en el territorio nacional donde se produce dicha fruta, departamentos de Santa Ana y de La Paz (Batres *et al.* 2015).

Desde el año 2004 hasta el 2013 los años de mayor producción de piña fueron 2008 y 2009, donde se produjo un total de 8.6 mil toneladas en cada año. La crisis mundial que fue considerablemente sensible para muchos países alrededor del mundo también afectó al sector de la piña en El Salvador, ya que para el año 2010 se dice que hubo un decrecimiento de la producción, pasando de producir 8.6 mil toneladas en el año 2009 a 3.1 mil toneladas en el año 2010, es decir, una disminución de alrededor del 64% (Batres *et al.* 2015).

#### **5.4.1 Consumo de piña en El Salvador**

La piña para consumo doméstico y como materia prima en El Salvador en su mayor parte proviene del mercado externo, principalmente de países centroamericanos como Costa Rica, Guatemala y Honduras. El consumo de piña para 2004 fue de 15.4 mil toneladas con un valor de \$2.27 millones, para el año 2008 el consumo ya se había cuadruplicado. En el año 2008 se obtuvo el mayor nivel de consumo de piña, el cual ascendió a 21.1 mil toneladas, con un valor de \$11.25 millones, mientras que el menor nivel de consumo se dio en el 2005 con \$2.2 millones, equivalente a 15.1 mil toneladas de piña (Batres *et al.* 2015).

#### **5.4.2 Aporte nutricional del consumo de piña**

La piña contiene un 86.60% de agua, y por lo tanto favorece la hidratación de nuestro organismo, al que debemos abastecer, incluyendo el consumo a través de los alimentos, con una cantidad de agua que oscila entre los 2.7 y los 3.7 litros, dependiendo de cada constitución, de la actividad física desarrollada, o de estados como el embarazo, la lactancia, enfermedad o exposición a fuentes de calor, circunstancias como estas últimas donde las necesidades de consumo aumentan. Por la concentración de vitamina C, la piña presenta propiedades antioxidantes que ayudan a neutralizar los radicales libres y a eliminar determinadas sustancias tóxicas, reduciendo la probabilidad de desarrollar cáncer (Cerrato 2013).

La piña aporta fibra y agua a nuestro organismo, gracias a la fibra que contiene desempeña un papel fundamental en la función del colón y estimula el tránsito intestinal, arrastrando toxinas y ayudando a eliminar las grasas sobrantes. También mejora las digestiones, ya que posee bromelaína, una enzima proteolítica que ayuda a digerir y descomponer las proteínas de los alimentos en el estómago y páncreas facilitando la digestión (Cerrato 2013).

Es una de las frutas que más bromelina contiene, incluso en el tallo es en la zona que más se concentra, esta enzima ha resultado muy interesante en el ámbito clínico por sus múltiples propiedades, entre ellas, ha sido investigada, de forma aislada, por su mediación en procesos inflamatorios. Esta fruta posee minerales como el magnesio, el fósforo y el hierro, pero sobre todo destaca la cantidad de yodo que tiene (Cerrato 2013).

## **5.5 Comportamiento fisiológico del fruto de piña**

Las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas, según su patrón respiratorio y de producción de etileno durante la maduración organoléptica o de consumo (FAO 2007).

Las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. De igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, aroma, textura) son rápidos, intensos y variados. Estas frutas pueden ser maduras organolépticamente en la planta o después de cosechadas manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno (FAO 2007).

Mientras que las frutas No climatéricas como los cítricos, cerezas, fresas, piña o uvas necesitan madurar en la propia planta hasta alcanzar su madurez óptima (FAO 2007). Si se recogen verdes, se pudrirán sin haber llegado a madurar. Deben recolectarse cuando estén casi listas para el consumo. Su maduración es muy lenta y apenas observamos cambios bruscos en su aspecto (FAO 2007). Los frutos no climatéricos no presentan crisis climatérica, es decir, se deben recolectar casi en su punto de madurez comercial porque una vez cortados de la planta, solo madurarán un poco más, siendo para muchos cultivos una maduración casi despreciable. Los frutos no climatéricos no presentan variaciones importantes en su tasa de respiración durante la etapa de maduración, ni tampoco de síntesis de etileno. Esto implica que una vez cortados, no mejoran sus características organolépticas (sabor, aroma, color, firmeza). Por último, es importante mencionar que, para estos frutos, la aplicación exógena de etileno no altera las características de la maduración, aunque sí aumenta la respiración (FAO 2007).

### **5.5.1 Respiración y producción de etileno en el fruto de piña**

El fruto de piña presenta un patrón respiratorio de tipo no climatérico caracterizado por una baja producción de etileno y ausencia de una crisis respiratoria durante la maduración. El pH del jugo de la piña disminuye a medida que se acerca el estado de madurez total, los dos ácidos orgánicos predominantes son el ácido cítrico y el málico (Morales *et al* 2001). Los niveles de ácido ascórbico

cambian con la variedad y no contribuye de manera sustancial a la acidez total titulable. En el fruto de piña los sólidos solubles totales (SST) se incrementan gradualmente hasta el momento de consumo (Morales *et al* 2001).

Durante la fase inicial de desarrollo el fruto de la piña muestra un incremento en la intensidad respiratoria posiblemente producto de los procesos finales de transformación de la parte apical del fruto, puesto que el desarrollo del fruto se da en función de un patrón acropetalo (Morales *et al* 2001). En la gráfica podemos ver que en el día 15 se presenta la mayor tasa respiratoria con un valor de  $10.60 \text{ mgCO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ , posteriormente la intensidad respiratoria tiende a disminuir progresivamente hasta el final del ciclo de desarrollo (Figura 2). El comportamiento de la curva de la intensidad respiratoria clasifica a la piña como un fruto No climatérico de baja respiración (Morales *et al* 2001).

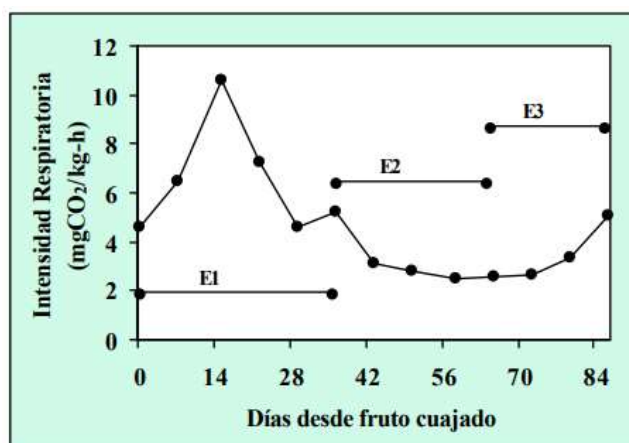


Figura 2. Curva de intensidad respiratoria de la piña

Fuente: Morales *et al* 2001

## 5.6 Cambios de color en el proceso de maduración del fruto de piña

Para Morales *et al* (2001). Se distinguen 5 estados de madurez según el objetivo de comercialización.

**Etapa 1:** La piña es de color verde oscuro y tiene signos de coloración amarilla en su 25%. Por eso, al tener una vida de anaquel más larga, es perfecta para distribución a tiendas, supermercados y otros puntos de venta que requieran un tiempo de transportación más largo.

**Etapa 2:** La fruta es amarilla en por lo menos un cuarto de su superficie, pero el color predominante sigue siendo el verde. En esta etapa la piña todavía puede ser transportada largas distancias y

exportada, evitando el calor extremo durante el viaje. También está en un punto perfecto para supermercados.

**Etapa 3:** En este momento, el 50% de la piña es amarillo, lo que la hace ideal para supermercados gracias a su tiempo moderado de vida en el anaquel. Sin embargo, la exportación ya no es muy recomendada en esta etapa.

**Etapa 4:** La fruta ya es de color amarillo intenso por lo menos en un 75%. Está casi lista para ser consumida, por lo que la venta local es lo más recomendable, incluyendo supermercados que puedan impulsar su venta rápidamente.

**Etapa 5:** En esta última fase la piña es, idealmente, completamente amarilla, aunque puede haber una ligera coloración verde cerca de la corona. Esto significa que está lista para consumirse, por lo que en este punto se sugiere que sea vendida localmente y no se transporte largas distancias (Figura 3).

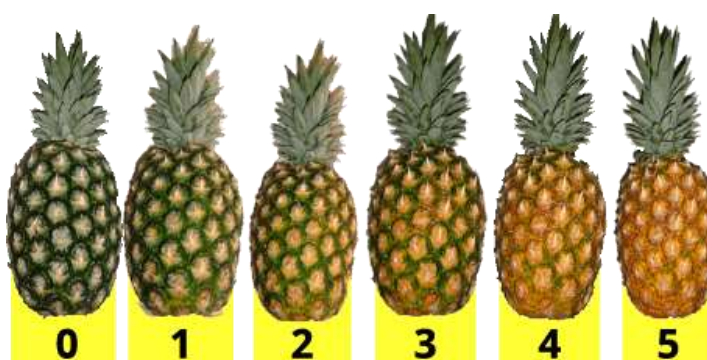


Figura 3. Proceso de maduración de la piña

Fuente: Morales *et al* 2001

## 5.7 Producción de Etileno

El etileno es una sustancia natural producida por las frutas conocido como hormona de la maduración (FAO 2007). Aun a niveles bajos menores a 1 parte por millón, el etileno es fisiológicamente activo ejerciendo gran influencia en los procesos de maduración y senescencia de las frutas, influyendo de esta manera en la calidad de las mismas (FAO 2007). Según la etapa de crecimiento y desarrollo las frutas y hortalizas llegan a un punto óptimo de maduración que es cuando están listas para ser cosechadas y continuar su proceso de maduración fuera de la planta, solo con los nutrientes que la misma fruta mantiene de reserva (FAO 2007).

En 1901 se reportó por primera vez el efecto fisiológico de esta hormona en plántulas de guisantes, posteriormente se logró conocer diferentes respuestas fisiológicas y su participación en varios procesos. El Etileno se deriva a partir del aminoácido metionina: La metionina se convierte en 5-adenosil metionina (SAM) por la acción de la enzima Adenosil Metionina Transferasa; SAM se convierte en ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) por acción de la ACC sintasa (ACS): ACC se convierte en Etileno por la acción de la ACC oxidasa (FAO 2007).

## **5.8 Madurantes artificiales**

Cuando las condiciones naturales no son favorables para la maduración del fruto, es posible inducirla aplicando productos químicos conocidos en el mercado como madurantes.

Un madurante es un compuesto orgánico, que, en pequeñas cantidades, inhibe, fomenta o modifica de alguna forma, procesos fisiológicos de la planta. En algunos materiales el madurante actúa como un regulador de crecimiento que permite una mayor concentración de sacarosa. El término correcto es madurador (que hace madurar), sin embargo, en la revisión de literatura aparece como madurante (participio activo de madurar, que madura) (Villegas y Arcilla 1995).

### **5.8.1 Madurantes más comunes**

- Etileno: El etherl o ethephon está clasificado como un regulador del crecimiento fosfórico que actúa liberando etileno en el interior de las plantas
- Round up: Es un herbicida, su ingrediente activo de glifosato penetra en el follaje y se transloca por el simplasto junto con los productos de la fotosíntesis. Se ha demostrado también que el glifosato actúa sobre la enzima invertasa ácida, necesaria para desdoblar la sacarosa en glucosa y fructosa que intervienen directamente en el crecimiento de la planta.
- Fusilade: Se trata de un herbicida, que permite la inhibición de la biosíntesis de lípidos, específicamente para el control de las gramíneas. La selectividad se produce dentro y entre especies, se absorbe rápidamente y se transloca por xilema y floema (Villegas y Arcilla 1995).

## **5.9 El etileno y la maduración de las frutas**

Cuando las frutas climatéricas maduran, la velocidad de la respiración se eleva llegando a un máximo y luego declina hasta el comienzo del envejecimiento, mientras que en las frutas no climatéricas la tasa de respiración decrece gradualmente. El etileno está presente en todas las frutas

y ahora se le reconoce como la principal hormona de la maduración que, en las frutas climatéricas puede en realidad iniciar la maduración a concentraciones umbrales tan bajas como 0.1 a 10 partes por millón (ppm) (FAO 2007). El etileno se produce en todos los tejidos vegetales como una respuesta al "stress". En consecuencia, el daño físico de las frutas también acelerará el proceso de maduración, y en las frutas climatéricas verdes (no maduras), puede ser su iniciador. De este modo la ventilación es también de gran importancia para prevenir la acumulación del etileno producido por frutas dañadas o en maduración, no sólo para evitar el aumento de temperatura que resulta del incremento de la respiración, sino también para prevenir la maduración acelerada o su inicio en frutas limpias y sanas. (FAO 2007).

## VI. Metodología

### 6.1 Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en el departamento de Ingeniería Agroindustrial, en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. El montaje del ensayo se desarrolló en la Estación Experimental y de Prácticas (Figura 4), ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz; con coordenadas geográficas de 13°28'3" Latitud Norte, 89°05'8" Longitud Oeste, a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar (Martínez et al. 2005).

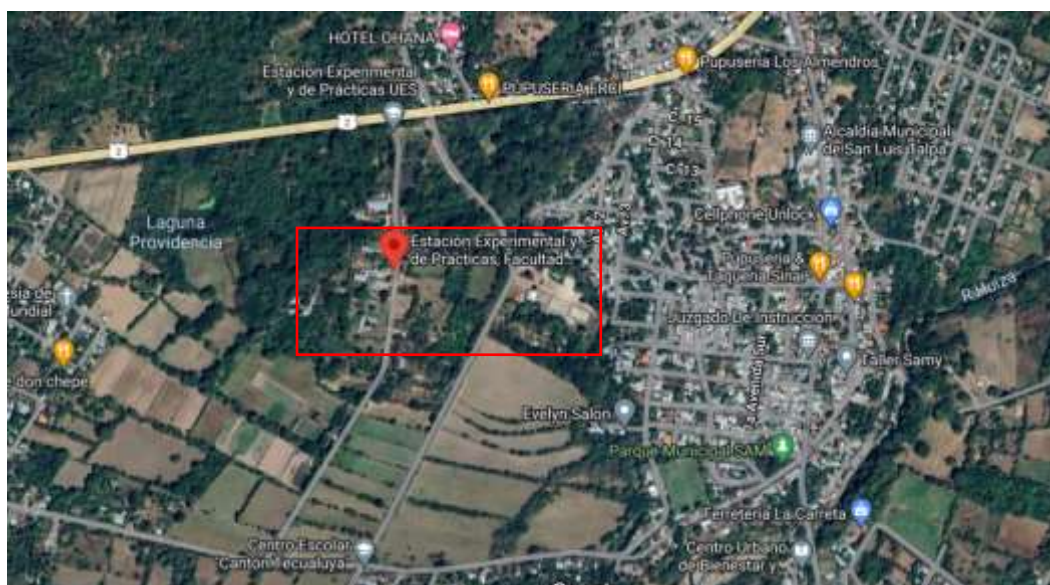


Figura 4. Localización de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Fuente: Tomado de Google Maps c2022.

## 6.2 Fase de campo

La fase de campo consistió en la descripción de las actividades que se desarrollaron, la lista de materiales y equipo que se utilizaron, así como también la descripción de la materia prima y tamaño de la muestra.

### 6.2.1 Materiales y equipo

Cuadro 2. Materiales y equipo utilizado

<b>Materiales y equipo de campo</b>	<b>Materiales y equipo de oficina</b>	<b>Materiales y equipo de laboratorio</b>
Cajas de cartón	Computadora	Agua destilada
Bolsas plásticas	Libreta de apuntes	Papel toalla
Etileno comercial	Impresora	Desinfectante
67 piñas	Bolígrafos	Jabón de trastes
	Tirro blanco	Bolsas plásticas
	Cinta adhesiva	Cuchillos
	Papel bond	Recipientes plásticos
	Marcador	Bascula semi-analítica
	Celular	Tabla para picar
	Bolígrafos	Mortero
		Probeta
		Cristalería de laboratorio
		Hidróxido de sodio
		Fenolftaleína
		ph-metro
		Refractómetro digital
		Colorímetro

### 6.2.2 Descripción de la materia prima

Para el establecimiento del ensayo se utilizaron 67 piñas de la variedad Golden, las cuales tenían un estado de madurez similar correspondiente a la etapa 2 (Figura 5), la cosecha se realizó en horas de la mañana, luego las piñas se colocaron en jabas para ser transportadas hasta el lugar de acopio. La cosecha se hizo el día que se realizó el montaje del ensayo, las piñas se recolectaron de una

parcela perteneciente a una finca ubicada en el municipio de Santa Maria Ostuma, departamento de la Paz.



















Figura 5. Cosecha de piñas en Santa Maria Ostuma

### 6.2.3 Tamaño de la muestra

Se utilizaron 67 piñas con pesos similares, las cuales se dividieron en 16 cajas de cartón (40\*40\*40) con 4 unidades cada una, equivalente a los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Esquema del montaje del ensayo

	<b>REPETICIONES</b>			
<b>Testigo</b>				
<b>Dosis 1</b> (0.5 mililitros de etileno *1 litro de agua)				
<b>Dosis 2</b> (1.0 mililitro de etileno *1 litro de agua)				
<b>Dosis 3</b> (1.5 mililitros de etileno *1 litro de agua)				

Se elaboro una cuadrícula la cual se utilizó para llevar a cabo la toma de datos. Los datos se tomaron cada 48 horas por un periodo de 192 horas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cuadrícula para la toma de datos por tratamiento y variable

Dosis		Repetición	Variable				
			Toma inicial	48 horas	96 horas	144 horas	192 horas
<b>Testigo</b>	D <sub>0</sub>	1					
	D <sub>0</sub>	2					
	D <sub>0</sub>	3					
	D <sub>0</sub>	4					
<b>D<sub>1</sub>= 0.5 ml</b>	D <sub>1</sub>	1					
	D <sub>1</sub>	2					
	D <sub>1</sub>	3					
	D <sub>1</sub>	4					
<b>D<sub>2</sub>= 1.0 ml</b>	D <sub>2</sub>	1					
	D <sub>2</sub>	2					
	D <sub>2</sub>	3					
	D <sub>2</sub>	4					
<b>D<sub>3</sub>= 1.5 ml</b>	D <sub>3</sub>	1					
	D <sub>3</sub>	2					
	D <sub>3</sub>	3					
	D <sub>3</sub>	4					

#### 6.2.4 Fuentes de recopilación de información

La información primaria se obtuvo a través del ensayo, de la toma de datos que se hizo al fruto durante el proceso de maduración. Para obtener la información que se presenta en marco teórico de la investigación se consultaron varias fuentes secundarias como, tesis, artículos científicos, libros, páginas web, entre otros.

#### 6.3 Fase de laboratorio

En la fase de laboratorio se describe de manera detallada la preparación de la solución para cada uno de los tratamientos y montaje del ensayo.

### 6.3.1 Marcha para la preparación de solución de etileno

Paso 1. Se realizó la formulación de cada una de las dosis a utilizar respectivamente (Figura 6).



Figura 6. Preparación del equipo y utensilios a utilizar

Paso 2. Utilizando una probeta o jeringa se midió el volumen del etileno necesario para cada dosificación (Figura 7).



Figura 7. Medición de etileno utilizando una jeringa

Paso 3. Se colocó en diferentes recipientes la preparación de cada dosis:

- Dosis 1: 0.5 ml de etileno \* litro de agua = 0.5 ml de etileno\*50 litros de agua = **25 ml**
- Dosis 2: 1.0 ml de etileno \* litro de agua = 1.0 ml de etileno\*50 litros de agua = **50 ml**
- Dosis 3: 1.5 ml de etileno \* litro de agua = 1.5 ml de etileno\*50 litros de agua = **75 ml**

### 6.3.2 Marcha para la preparación de las piñas

**Paso 1:** Se realizó el recibimiento de las piñas en la planta de procesamiento de la estación experimental (Figura 8).



Figura 8. Cosecha, transporte y recibimiento de la piña en Estación Experimental

**Paso 2:** Se realizó la clasificación de las piñas con la finalidad de que todas tuvieran tamaño y estado de madurez similar (Figura 9).



Figura 9. Clasificación de las piñas

**Paso 3:** Se midió el volumen de agua respectivamente para cada tratamiento y luego se colocó en tinas, de igual manera se agregó el etileno para realizar la inmersión de las piñas (Figura 10).



Figura 10. Preparación de la mezcla para realizar la inmersión de las piñas

**Paso 4:** Se realizó la inmersión de las piñas en la solución por un tiempo aproximado de 10 segundos (Figura 11)



Figura 11. Inmersión de las piñas

**Paso 5:** Luego se dejaron escurrir las piñas en mesas de acero inoxidable para retirar el exceso de agua (Figura 12).



Figura 12. Escurrido de las piñas

**Paso 6:** Se colocaron las piñas dentro de las cajas (cuatro piñas por caja) y luego se rotularon de acuerdo a las dosis aplicadas (Figura 13).

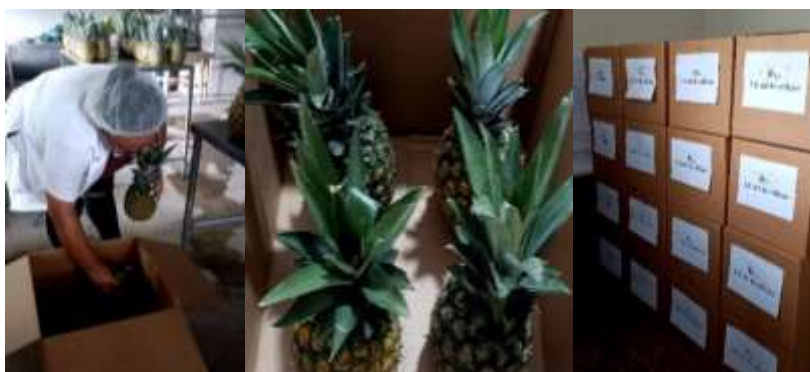


Figura 13. Colocación de las piñas y rotulación de las cajas de cartón

## 6.4 Variables a estudiar

La medición de las variables relacionadas con la calidad postcosecha de la piña se realizaron como se describe a continuación:

### 6.4.1 Pérdida de peso

Se llevó a cabo un seguimiento de la pérdida de peso del fruto en cada uno de los tratamientos según el día de medición, el dato se tomaba en gramos y para esto se utilizó una báscula semi-analítica con sensibilidad de 0.1 mg (Figura 14).



Figura 14. Medición de la variable pérdida de peso

### 6.4.2 Sólidos solubles totales (Grados Brix)

Para la determinación de los sólidos solubles totales se utilizó un refractómetro digital, la muestra se obtuvo mediante un proceso de macerado con la ayuda de un mortero. Luego se colocaron 10 ml de la muestra directamente en el refractómetro, obteniendo así el contenido de SST en porcentaje en la escala de grados Brix (Figura 15).



Figura 15. Medición de la variable de sólidos solubles totales

### 6.4.3 Acidez titulable

Para la determinación de la acidez titulable la muestra se obtuvo mediante el proceso de macerado, se colocaron 10 ml de la muestra en un beaker, posteriormente se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH, 0.1 N), utilizando como indicador fenolftaleína, la cantidad de hidróxido de sodio gastado se midió en ml (Figura 16).

La determinación del total de acidez se calculó utilizando la ecuación:

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{Alicuota Valorada}} \times 100$$

**Dónde:**

V = Volumen de NaOH gastados (ml)

N = Normalidad del NaOH

Meq = Miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0,064 para ácido cítrico)

zAlicuota valorada = Peso en g, o volumen de muestra en ml



Figura 16. Medición de variable acidez titulable

#### 6.4.4 Medición de pH:

Para determinar el potencial de hidrógeno se utilizó un pH-metro, con la finalidad de determinar el grado de alcalinidad o acidez de la muestra. Para obtener los resultados se colocó el pH-metro dentro de la muestra registrando la lectura en un rango de pH de 1 a 14 (Figura 17).



Figura 17. Medición de la variable pH

#### 6.4.5 Medición de color

Se determinó el cambio de color de cada unidad experimental (Figura 27) utilizando un colorímetro digital Konica Minolta modelo Chroma Meter CR-410, este instrumento determina el color de un objeto dentro del espacio de color y muestra los valores para cada coordenada  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  (Figura 18).

El dato de color se tomó a la cascara y también a la pulpa de la piña, primero se realizaba la toma de la cascara y luego se procedía a cortar la piña en rebanadas para realizar la toma de color a la pulpa.

Según Oliag (2007), la diferencia de colores es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Este instrumento indica las diferencias en coordenadas absolutas de color, a esto se le conoce como: Delta ( $\Delta$ ). Deltas por  $L^*$  ( $\Delta L^*$ ),  $a^*$  ( $\Delta a^*$ ) y ( $\Delta b^*$ ) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E ( $\Delta E^*$ ), sin embargo, siempre es positiva. Estas son expresadas como:

$\Delta L^*$  = Diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

$\Delta a^*$  = Diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

$\Delta b^*$  = Diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

$\Delta E^*$  = Diferencia total de color



Figura 18. Medición de la variable color utilizando el colorímetro

## 6.5 Análisis de datos

### 6.5.1 Diseño estadístico

Para la evaluación de las tres dosis de etileno comercial aplicadas a la piña Golden (*Ananas comosus* L.) para su maduración, se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), el cual estuvo constituido por 4 tratamientos (Testigo, T1, T2, T3) y 4 repeticiones por cada uno, lo cual es equivalente a 16 unidades experimentales (Cuadro 5).

En el montaje del ensayo se utilizaron 16 cajas de cartón, las cuales contenían 4 piñas cada una. La toma de datos se realizó cada 48 horas por un periodo de 192 horas, partiendo del día en el cual se realizó la aplicación del etileno en las distintas dosis a las piñas. La identificación de los tratamientos se realizó de la siguiente manera:

Cuadro 5. Identificación de tratamientos aplicados

Tratamiento	Descripción	Repeticiones	Unidad experimental	Total, de piñas
Testigo (T <sub>0</sub> )	Piña + no aplicación de etileno	4	4	16
(T <sub>1</sub> )	Piña + etileno (0.5 mililitros)	4	4	16
(T <sub>2</sub> )	Piña + etileno (1.0 mililitro)	4	4	16
(T <sub>3</sub> )	Piña + etileno (1.5 mililitros)	4	4	16
Total				64

El análisis estadístico mediante este diseño se basa en el análisis de varianza (ANOVA) en donde la varianza se descompone en la varianza de tratamientos y la varianza del error. Para realizarlo se utilizó un nivel de significancia de 5% esto para determinar si hay diferencia significativa entre los tratamientos aplicados (Cuadro A1).

Para la prueba de comparación de medias se utilizó la Prueba Tukey, con la finalidad de lograr identificar que tratamientos presentan los mejores efectos en la maduración. Luego de tener todos los datos estos fueron procesados en el programa SPSS e Infostat (Cuadro A1).

## VII. Resultados y análisis

### 7.1 Variable pérdida de peso

En el cuadro 6, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable pérdida de peso, los cuales se obtuvieron mediante la recolección de datos (4 repeticiones), procesados en el programa estadístico InfoStat y analizados bajo un nivel de significancia del 0.05%.

Cuadro 6. Resultados de significancia estadística (análisis de varianza), para la variable pérdida de peso.

	P- VALOR DE LA VARIABLE (PERDIDA DE PESO)				
Tiempo	Toma inicial	48 horas	96 horas	144 horas	192 horas
*P-valor	0.1957	0.1929	0.1804	0.1600	0.1529
Nivel de significancia	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>

\*P valor > 0.05 indica que no existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia

**Análisis:** Con P-valores mayores a 0.05% se acepta la hipótesis nula, sinónimo de igualdad que describe que las piñas en estudio tratadas con diferentes dosis de etileno comercial no presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable pérdida de peso a las 48, 96, 144 y 192 horas.

#### 7.1.1 Efectos presentados por los tratamientos

En la figura 19, se muestran los resultados de la variable pérdida de peso en piña variedad Golden, tratada con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), donde se pudo apreciar que todos los tratamientos presentaron una disminución de peso mínimo entre cada uno a excepción del T2.

En comparación a los demás tratamientos con medias similares, el T2 presentó una tendencia a disminuir más peso que los otros tratamientos aplicados, con medias de 1880.25 gr en la toma inicial a 1723.75 g a las 192 horas (Pérdida 156.25 g).

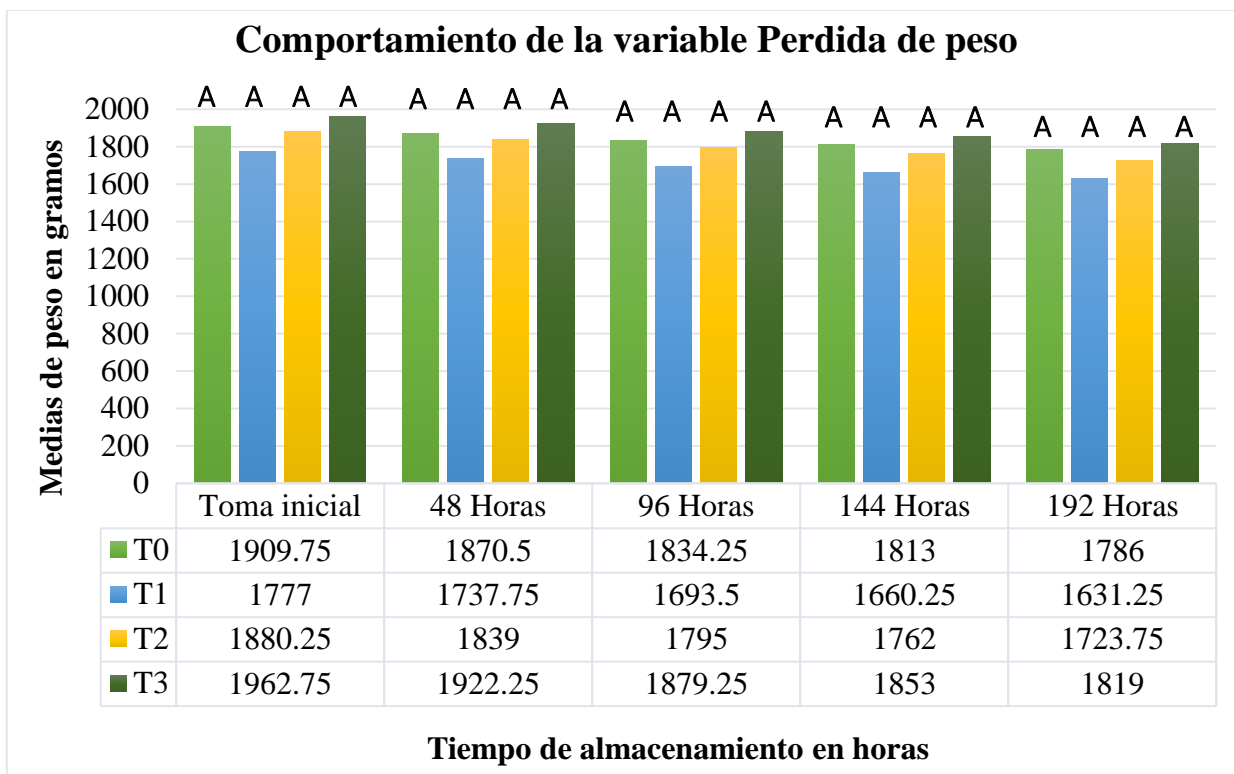


Figura 19. Peso medido en gramos de piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

Según la FAO (2007), la piña es un fruto no climatérico, es decir que luego de la cosecha su respiración se detiene o es muy lenta, por lo tanto, no continúa madurando después de la cosecha, sin embargo, al aplicar etileno exógenamente simplemente aumenta la velocidad de respiración y acelera el proceso de maduración ya iniciado por la fruta misma. Esto concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación en la que se pudo observar que las piñas tratadas con las diferentes dosis de etileno si presentaron una disminución de peso mínimo entre cada uno a excepción del T2 que tuvo una mayor pérdida.

Kader, Hassan y Othman, citado por Ulloa *et al.* (2015), así mismo afirman que referente a la pérdida de peso conforme se incrementa la temperatura se puede influenciar la pérdida de humedad debido a una mayor transpiración y mayor tasa respiratoria de los frutos, esto puede estar relacionado a la pérdida de peso que presentaron las piñas en estudio ya que en el lugar se llevó a cabo el ensayo presenta altas temperaturas, posiblemente este factor pudo haber influido.

## 7.2 Variable grados Brix

En el cuadro 7, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable grados brix, los cuales se obtuvieron mediante la recolección de datos (4 repeticiones), procesados en el programa estadístico InfoStat y analizados bajo un nivel de significancia del 0.05%.

Cuadro 7. Resultados de significancia estadística (análisis de varianza), para la variable grados brix.

	P- VALOR DE LA VARIABLE (GRADOS BRIX)				
Tiempo	Toma inicial	48 horas	96 horas	144 horas	192 horas
*P-valor	0.0017	0.0002	0.6940	0.1699	0.2384
Nivel de significancia	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>

\*P valor > 0.05 indica que no existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

**Análisis:** Con P-valores menores al nivel de significancia de 0.05%, en la toma inicial y a las 48 horas se aceptó la hipótesis alterna, que describe que las piñas tratadas con las diferentes dosis de etileno comercial presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable grados brix en las primeras tomas; sin embargo, a las 96, 144 y 192 horas de almacenamiento los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas con P-valores mayores al nivel de significancia de 0.05%.

### 7.2.1 Efectos presentados por los tratamientos

En la figura 20, se muestran los resultados de la variable °Brix en piña variedad Golden, tratada con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), se pudo determinar que todos los tratamientos tuvieron un aumento en su contenido de sólidos solubles totales en las primeras 96 horas, el mayor nivel lo obtuvo el T3 con un resultado de 14.95° Brix, pero a las 144 y 192 horas de almacenamiento el nivel de sólidos solubles totales empezó a disminuir en todos los tratamientos, el mayor nivel de disminución lo presentó el T2 con un valor de 15.98 a las 96 horas y 13.33 a las 192 horas de almacenamiento.

Por otra parte, en la prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Tukey) se determinó que los tratamientos presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a la variable °Brix en la toma inicial y a las 48 horas en el tratamiento T3, mientras que a las 96, 144 y 192 horas de almacenamiento no hubo diferencias por lo cual la prueba estableció letras iguales.

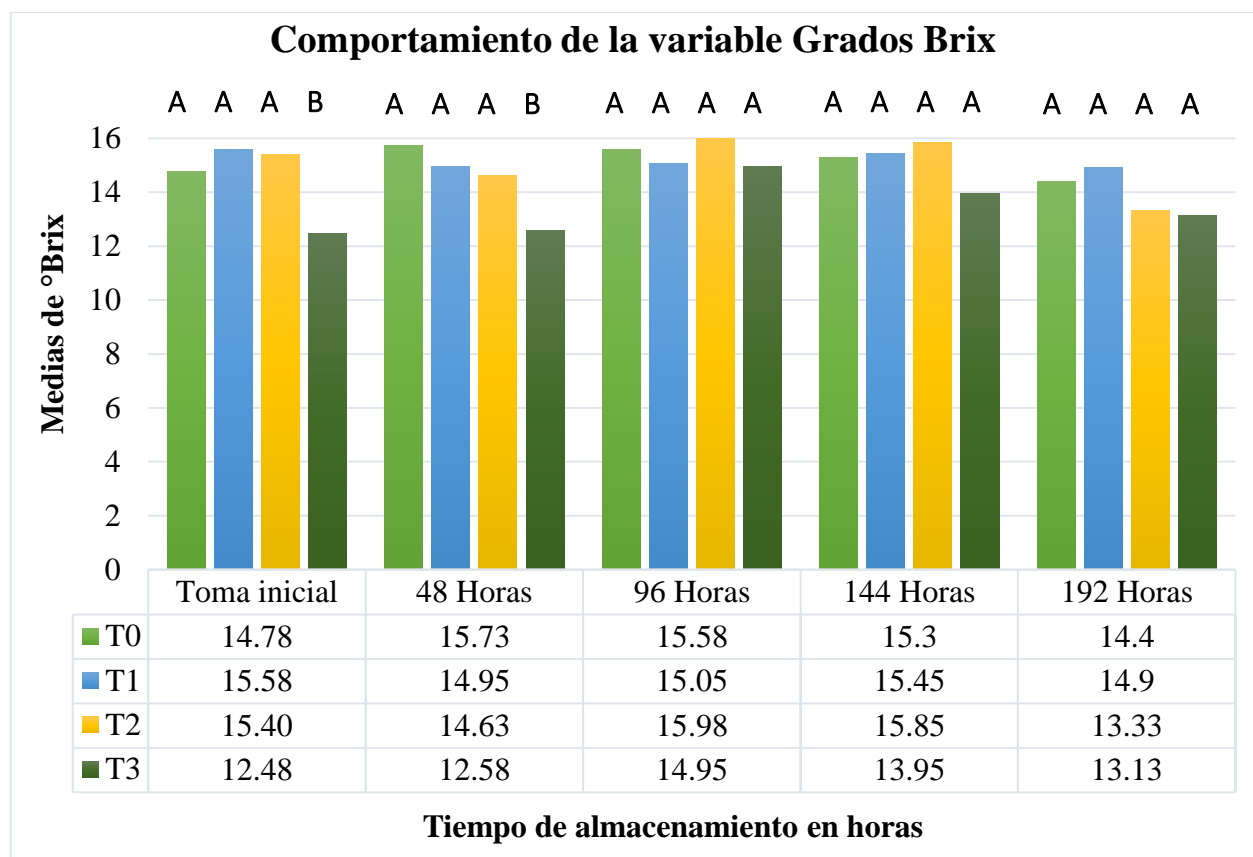


Figura 20. °Brix de piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

Los °Brix es un indicador del contenido de azúcares y el sabor dulce de la piña, atributo de calidad deseable para esta fruta. La FAO (2007), en un manual de manejo poscosecha de frutas tropicales, menciona que los sólidos solubles totales se utilizan como indicadores de la madurez de las frutas no climatéricas, las cuales no continúan su proceso de maduración después de la cosecha. En estos frutos no hay reserva de almidón, por lo cual los azúcares se acumulan como resultado de la maduración. Lo que concuerda en lo citado por Vettorazzi (2009), en el caso de frutos no climatéricos como la piña se debe considerar que una vez cosechada la fruta solo ocurrirán cambios en el color y apariencia externa e interna, pero no en el contenido de sólidos solubles totales (°Brix), ya que es una fruta no climatérica y no contiene reservas de almidón que permitan la transformación

de estos a azúcares. Es por ello que el etileno, en algunos casos como los cítricos, se emplea únicamente para degradar la clorofila y alcance su color característico, amarillo (FAO 2007).

En relación a lo anterior según los resultados obtenidos en la variable de sólidos solubles totales, se pudo observar que las piñas tratadas con etileno y las maduradas naturalmente, si bien tuvieron una tendencia a aumentar en los °Brix esta fue mínima, efecto que puede tener relación con lo citado por FAO (2007) y Vettorazzi (2009); en los frutos no climatéricos como la piña solamente ocurren cambios en el color y en la apariencia externa e interna pero no en los °Brix al no contener reservas de almidón que permitan la transformación de los azúcares.

En el caso puntual de los tratamientos T2 y T3, compuestos por T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), y T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), a partir de las 96 horas de almacenamiento presentaron un descenso en los niveles de sólidos solubles totales, este fenómeno parece estar relacionado con lo descrito por FAO (2007) quien en su investigación determino que las frutas no climatéricas no maduran con la aplicación del etileno si no por el contrario su deterioro se acelera, esto provoca que los sólidos solubles se vean afectados.

### 7.3 Variable acidez titulable

En el cuadro 8, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable acidez titulable, los cuales se obtuvieron mediante la recolección de datos (4 repeticiones), procesados en el programa estadístico InfoStat y analizados bajo un nivel de significancia del 0.05%.

Cuadro 8. Significancia estadística de P-valor para la variable acidez titulable

	P- VALOR DE LA VARIABLE (ACIDEZ TITULABLE)				
Tiempo	Toma inicial	48 horas	96 horas	144 horas	192 horas
*P-valor	0.1730	0.3879	0.2719	0.0777	0.0118
Nivel de significancia	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>Significativo</b>

\*P valor > 0.05 indica que no existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia

**Análisis:** Con P-valores mayores al nivel de significancia de 0.05%, se acepta la hipótesis nula, sinónimo de igualdad, que describe que las piñas tratadas con las diferentes dosis de etileno

comercial no presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable acidez titulable en la toma inicial, 48, 96 y 144 horas de almacenamiento; sin embargo, en la última toma a las 192 horas se presentaron diferencias estadísticas significativas con P-valores menores al nivel de significancia de 0.05%.

### 7.3.1 Efectos presentados por los tratamientos

En la figura 21, se muestran los resultados de la variable acidez titulable en piña variedad Golden, tratada con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), se pudo determinar que todos los tratamientos presentaron una disminución en el nivel de acidez expresado como ácido cítrico, iniciando con valores promedio de 0.406 a 0.455 en la toma inicial y finalizando con promedios de 0.261 a 0.301 durante las 192 horas posteriores a la aplicación de etileno comercial.

Mediante la prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Tukey) se determinó que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a la variable acidez titulable, a las 48 y 96 horas, mientras que a las 144 y 192 horas se observó un aumento.

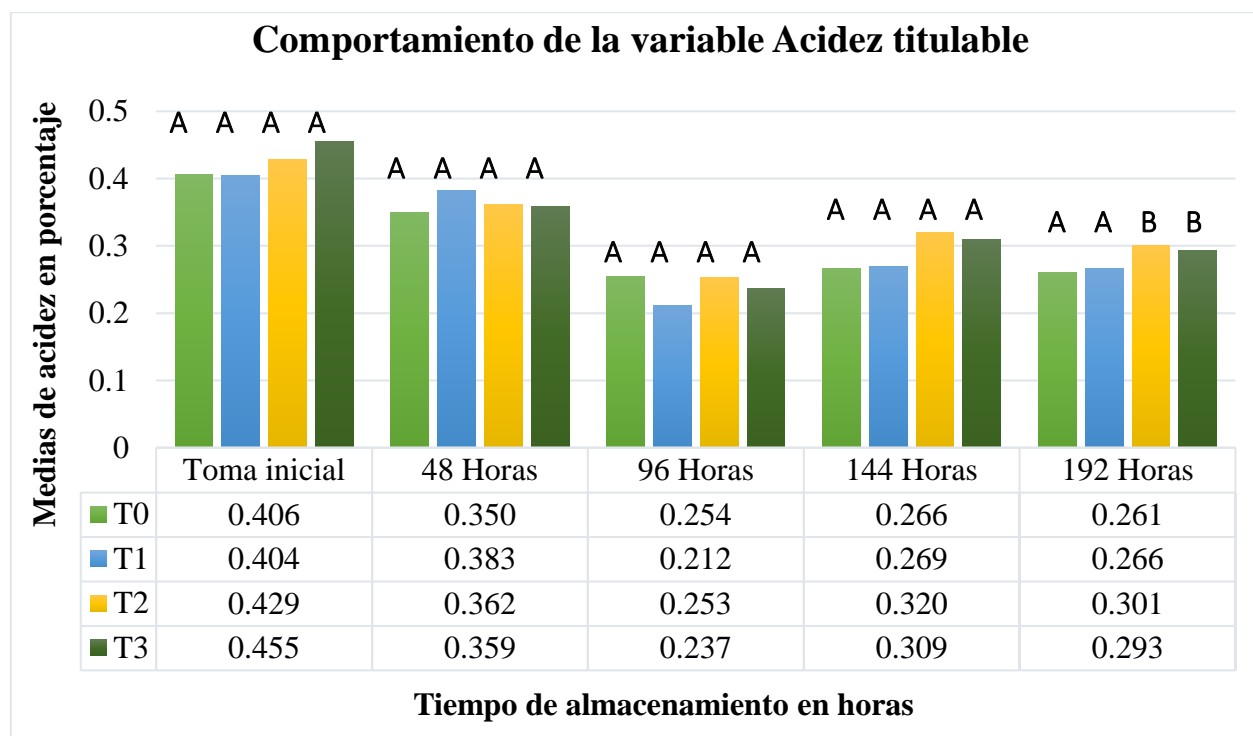


Figura 21. Acidez titulable en piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

Paull, citado por Rosas (2011), menciona que la acidez de una fruta comúnmente se expresa en términos del ácido presente en mayor concentración, en la piña el ácido cítrico y málico son los dos ácidos orgánicos predominantes. Según Chen y Paull, citado por Rosas (2011), durante la maduración de la piña la acidez titulable tiende a disminuir lentamente, esto debido a que los carbohidratos son oxidados en el proceso de respiración y son convertidos a ácidos orgánicos.

Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en la variable acidez titulable, donde se pudo observar que las piñas si presentaron una disminución en su nivel de acidez, tanto las tratadas con etileno comercial y las maduras naturalmente, por lo tanto, las piñas no se vieron afectadas por la aplicación de este madurante artificial en el cambio de acidez titulable conforme el tiempo de almacenamiento de 192 horas.

#### 7.4 Variable pH

En el cuadro 9, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable pH, los cuales se obtuvieron mediante la recolección de datos (4 repeticiones), procesados en el programa estadístico InfoStat y analizados bajo un nivel de significancia del 0.05%.

Cuadro 9. Significancia estadística de P-valor para la variable pH

	P- VALOR DE LA VARIABLE (pH)				
Tiempo	Toma inicial	48 horas	96 horas	144 horas	192 horas
*P-valor	0.4679	0.0170	0.0003	0.2620	0.0036
Nivel de significancia	No significativo	Significativo	Significativo	No significativo	Significativo

\*P valor > 0.05 indica que no existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia

**Análisis:** Con P-valores menores al nivel de significancia de 0.05%, se acepta la hipótesis alterna, sinónimo de diferencia en los tratamientos a las 48, 96 y 192 horas de almacenamiento, las piñas tratadas con las diferentes dosis de etileno comercial presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable pH; sin embargo, a las 144 horas de almacenamiento mostro un P-valor mayor al nivel de significancia de 0.05% los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas en esa toma.

### 7.4.1 Efectos presentados por los tratamientos

En la figura 22, se muestran los resultados de la variable pH en piña variedad Golden, tratada con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), donde se determinó que todos los tratamientos tuvieron un aumento en su nivel de pH a las 48 y 96 horas, siendo el T1 el tratamiento con mayor resultado con un promedio de 5.05 y con menor resultado el T3 con promedio de 3.90. Luego, a las 144 horas se pudo observar un descenso en los valores de pH en el T0 y T1, sin embargo, el T2 y T3 mantuvieron un aumento. Finalmente, a las 192 horas los tratamientos T0, T1 y T3 siguieron disminuyendo los valores de pH, siendo el T2 el único tratamiento que presentó un aumento en todas las tomas a partir de las 48 horas hasta las 192.

Por otra parte, en la prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Tukey) se determinó que los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la variable pH a las 48, 96 y 192 horas, mientras que a las 144 no hubo diferencias significativas por lo cual la prueba estableció letras iguales.

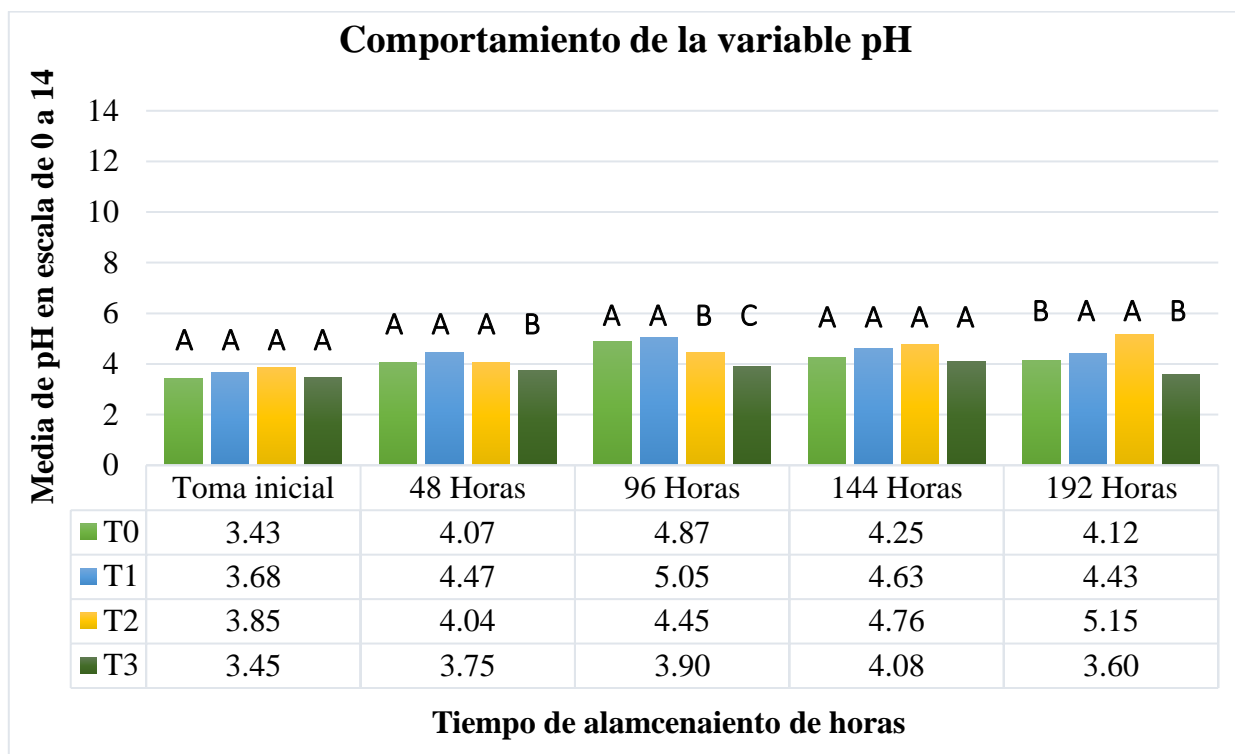


Figura 22. Medición de pH en piñas variedad Golden, tratada con etileno comercial. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

Según Chen y Paull, citado por Rosas (2011), en las frutas el pH es una medida que indica la presencia de grupos ácidos entre los cuales se incluyen ácidos orgánicos y fenoles. Durante el crecimiento, el pH de la piña disminuye, alcanzando un valor de 3.7 a 3.9 al llegar a la maduración, y se incrementa durante la senescencia, comportamiento contrario al de la acidez titulable. Sin embargo, García *et al.* (2011), en un estudio sobre la determinación de las propiedades de la calidad de la piña, donde fueron seleccionadas 50 piñas según criterio de expertos en etapa de madurez fisiológica, las cuales fueron almacenadas en cajas de cartón con orificios simétricos en cada cara a temperatura ambiente (26°C), reporta que el pH de la piña aumento gradualmente con respecto al tiempo de experimentación, después del día inicial hasta el día 3 tiene valores máximos de 4,45, los días 5, 7 y 9 con valores promedios de 4,66, 4,92 y 5,22 respectivamente, sufriendo el fruto putrefacción y a su posterior senescencia. Esta propiedad es el resultado de los cambios bioquímicos que sufre la piña durante el período de maduración fuera del árbol, planteándose conceptualmente que a medida que la piña se madura, el pH aumenta, tiende a básico, por ello en los primeros días se encuentra dentro de los rangos de acidez debido a que la maduración se ha provocado en primera instancia por el estrés de la recolección, y a partir de los días sucesivos tiende a acelerarse el proceso de maduración y futura senescencia del fruto como proceso natural.

En relación a lo descrito por García *et al.* (2011), en los resultados obtenidos de la presente investigación se pudo observar que el nivel de pH en las piñas maduras naturalmente y las maduras con aplicación de etileno comercial tuvieron un incremento similar en las primeras 96 horas de almacenamiento, sin embargo, cuando se almacenaron 144 y 192 horas los tratamientos T0 y T1 si presentaron una disminución en su pH, por otra parte, el tratamiento D2 obtuvo un incremento muy significativo, esto probablemente fue debido a que la fruta entro de manera acelerada en su etapa de senescencia por la aplicación de etileno comercial.

## 7.5 Variable color en pulpa

En el cuadro 10, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable color en pulpa de piña, los cuales se obtuvieron mediante la recolección de datos (4 repeticiones), procesados en el programa estadístico InfoStat y analizados bajo un nivel de significancia del 0.05%.

Cuadro 10. Significancia estadística de P-valor para la variable color en pulpa

<b>P- VALOR DE LA VARIABLE (COLOR) (PULPA)</b>		
<b>Toma inicial</b>		<b>Nivel de significancia</b>
P-valor de L*	<0.0001	Significativo
P-valor de b*	<0.0001	Significativo
<b>48 horas</b>		<b>Nivel de significancia</b>
P-valor de L*	<0.0001	Significativo
P-valor de b*	<0.0001	Significativo
<b>192 horas</b>		<b>Nivel de significancia</b>
P-valor de L*	<0.0001	Significativo
P-valor de b*	<0.0001	Significativo

\*P valor > 0.05 indica que no existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia

**Análisis:** En la toma inicial con P-valores menores al nivel de significancia de 0.05%, se acepta la hipótesis alterna sinónimo de diferencia para luminosidad representada por la letra L\* y para la letra b\* que corresponde al color amarillo-azul.

En la toma realizada a las 48 horas la variable color en pulpa presento P-valores menores al nivel de significancia de 0.05% para luminosidad (L\*) y para los colores amarillo-azul (b\*) por lo cual se acepta la hipótesis alterna sinónimo de diferencia.

A las 192 horas la variable color pulpa presento P-valores menores al nivel de significancia de 0.05%, se acepta la hipótesis alterna sinónimo de diferencia, las piñas tratadas con las diferentes dosis de etileno comercial presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable color para L\* y b\*.

### 7.5.1 Efectos presentados por los tratamientos (L\*)

En la figura 23, se muestran los resultados de la variable Luminosidad en pulpa (L\*) en piña variedad Golden, tratada con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de

etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), donde se aprecia que todos los tratamientos presentaron un aumento en cuanto a sus valores, indicando que a medida que pasa el tiempo la claridad o luminosidad de los tejidos aumenta, el tratamiento T3 fue el que presentó el mayor incremento de 38.71 a 63.09.

Por otra parte, en la prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Tukey) se determinó que los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la luminosidad (L\*) en la toma inicial, 48 horas y 192 horas de almacenamiento.

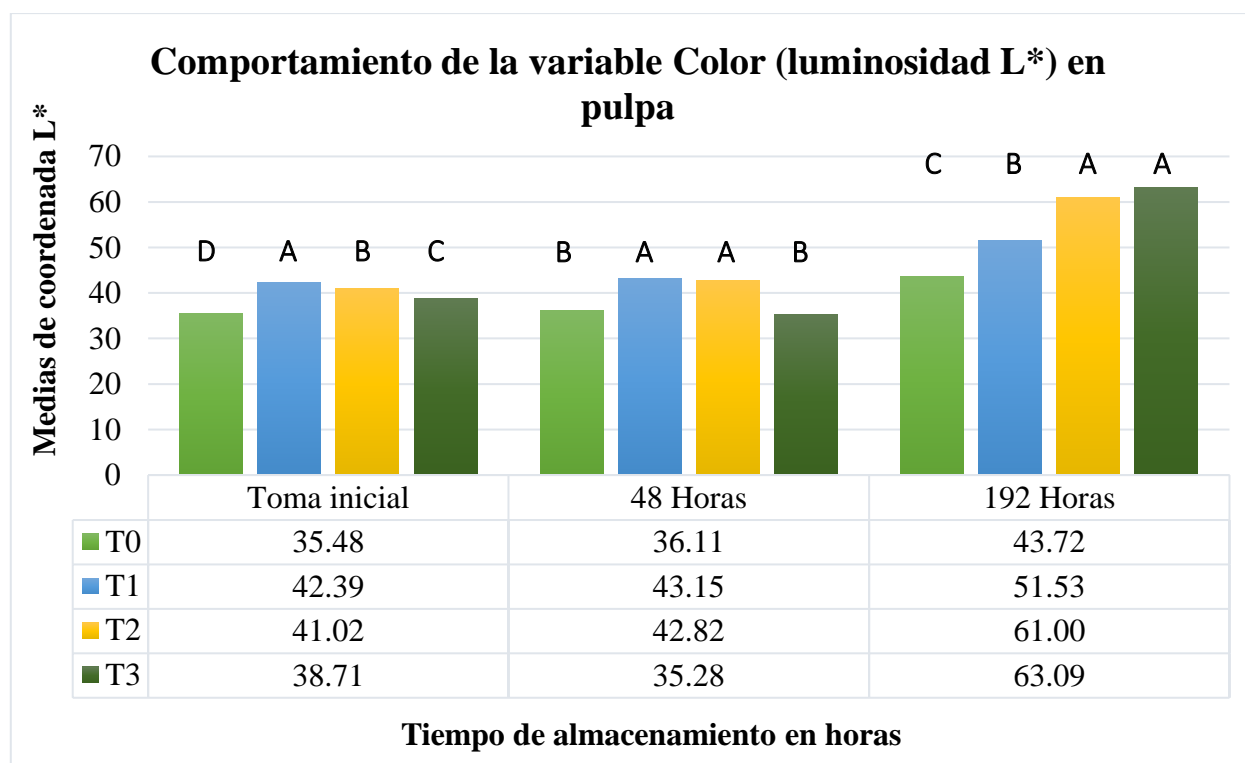


Figura 23. Comportamiento de la luminosidad (Negro, blanco) en la pulpa de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

### 7.5.2 Comportamiento de la diferencia de color amarillo-azul (b\*)

En la figura 24, se observan los resultados de la coordenada b\* (amarillo-azul) en pulpa de piña variedad Golden, tratada con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), se observa que todos los tratamientos tuvieron un aumento en el valor de sus datos los cuales son positivos, que analizados desde la perspectiva del espacio CIELAB ubica los colores en el rango de color amarillo, los tratamientos D2 y D3 presentaron el mayor incremento en la toma de

datos a las 192 horas, esto indica que las piñas tratadas con mayor dosis de etileno comercial tuvieron un mayor efecto en el viraje de color de la pulpa.

En la prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Tukey) se determinó que los tratamientos si presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la coordenada b\*, en la toma inicial, 48 horas y 192 horas.

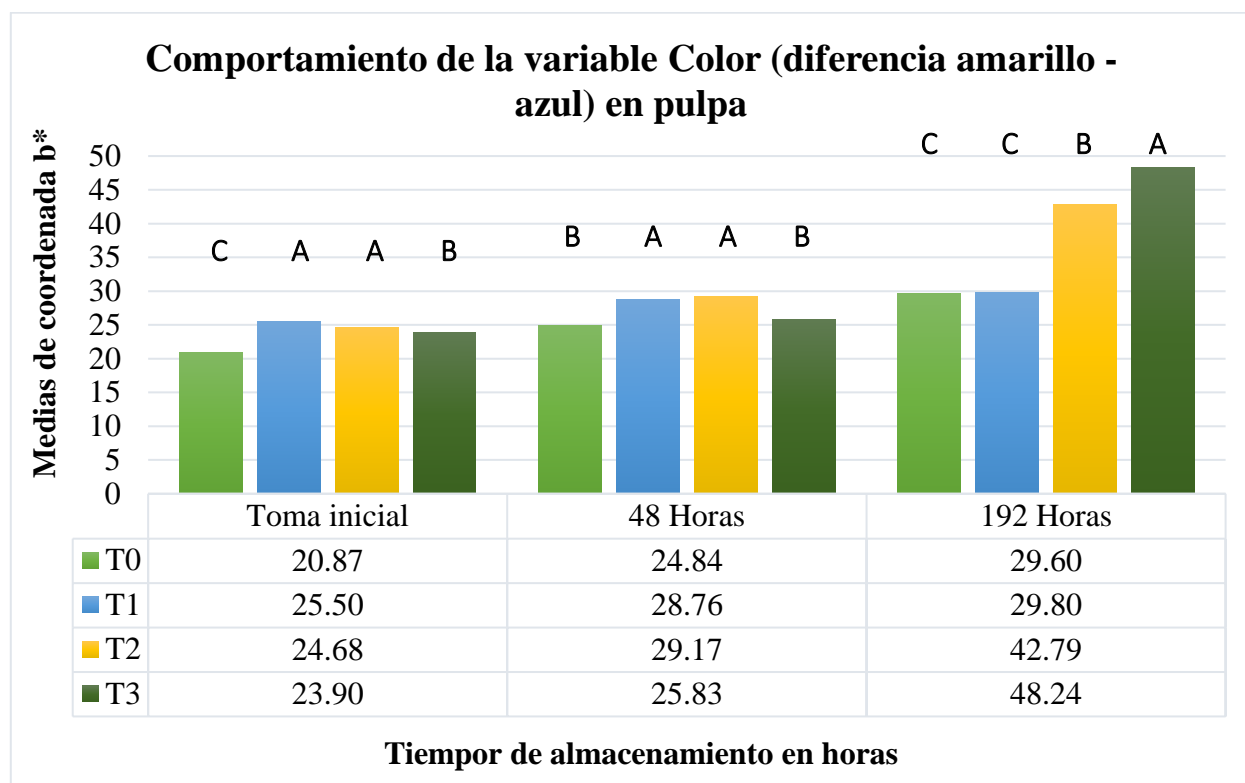


Figura 24. Comportamiento de la variable b\* (amarillo, azul) en la pulpa de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

### 7.6 Variable de color en cascara

En el cuadro 11, se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable color en cascara de piña, los cuales se obtuvieron mediante la recolección de datos (4 repeticiones), procesados en el programa estadístico InfoStat y analizados bajo un nivel de significancia del 0.05%

Cuadro 11. Significancia estadística de P-valor para la variable color en cascara

<b>P- VALOR DE LA VARIABLE (COLOR) (CASCARA)</b>		
<b>Toma inicial</b>		<b>Nivel de significancia</b>
P-valor de L*	0.0001	Significativo
P-valor de b*	<0.0001	Significativo
<b>48 horas</b>		<b>Nivel de significancia</b>
P-valor de L*	0.0001	Significativo
P-valor de b*	<0.0001	Significativo
<b>192 horas</b>		<b>Nivel de significancia</b>
P-valor de L*	0.0001	Significativo
P-valor de b*	0.0001	Significativo

\*P valor > 0.05 indica que no existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia

**Análisis:** Con P-valores menores al nivel de significancia de 0.05%, se acepta la hipótesis alterna sinónimo de diferencia en la toma inicial para la luminosidad representado por la letra L\* y para el color amarillo-azul representado por (b\*).

En las tomas de datos realizadas a las 48 y 192 horas posterior a la aplicación del madurante se obtuvieron valores menores al nivel de significancia para las letras L\* y b\*, por lo cual se acepta la hipótesis alterna sinónimo de diferencia, las piñas tratadas con las diferentes dosis de etileno comercial presentaron diferencias estadísticas significativas en la variable color en cascara.

### 7.6.1 Efectos presentados por los tratamientos (L\*)

En la figura 25, se muestran el comportamiento de la coordenada luminosidad (L\*) en pulpa de la piña variedad Golden, tratada con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), se observa que todos los tratamientos presentaron un aumento en sus valores con datos positivos, para la luminosidad en cáscara, y manteniéndose constante en los 4 tratamientos, por lo que se puede afirmar que la aplicación de etileno comercial si influye en el viraje de color en la cáscara de piña (Figura 27).

Sin embargo, en la prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Tukey) fue posible determinar que los tratamientos si presentaron diferencias estadísticas significativas en todas las tomas en cuanto a luminosidad ( $L^*$ ).

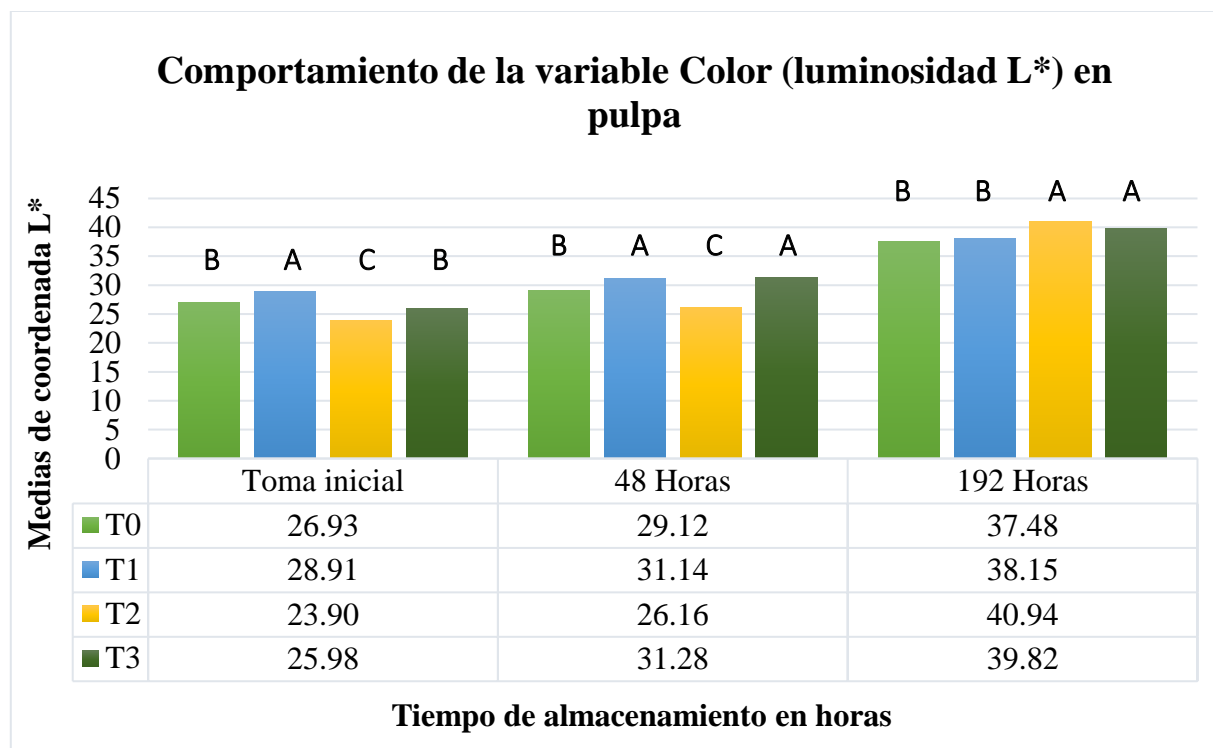


Figura 25. Comportamiento de la luminosidad (Negro, blanco) en la cascara de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

### 7.6.2 Comportamiento de la diferencia de color amarillo-azul ( $b^*$ )

En la figura 26, se muestran los resultados de la coordenada  $b^*$ (amarillo-azul) en cascara de piña variedad Golden, las cuales fueron tratadas con tres diferentes dosis de etileno comercial, T0 = Sin aplicación de etileno, T1 = (etileno 0.5 ml/L de agua), T2 = (etileno 1.0 ml/L de agua), T3 = (etileno 1.5 ml/L de agua), se aprecia que todos los tratamientos presentan una tendencia a aumentar sus valores a positivo, que analizados desde la perspectiva CIELAB ubica los colores en el rango de color amarillo debido a que los datos son positivos. Los tratamientos T2 y T3 tuvieron un el mayor aumento a partir de las 48 horas.

De igual manera en la prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Tukey) se determinó que los tratamientos si presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la coordenada  $b^*$ , por lo cual la prueba estableció letras diferentes para cada toma.

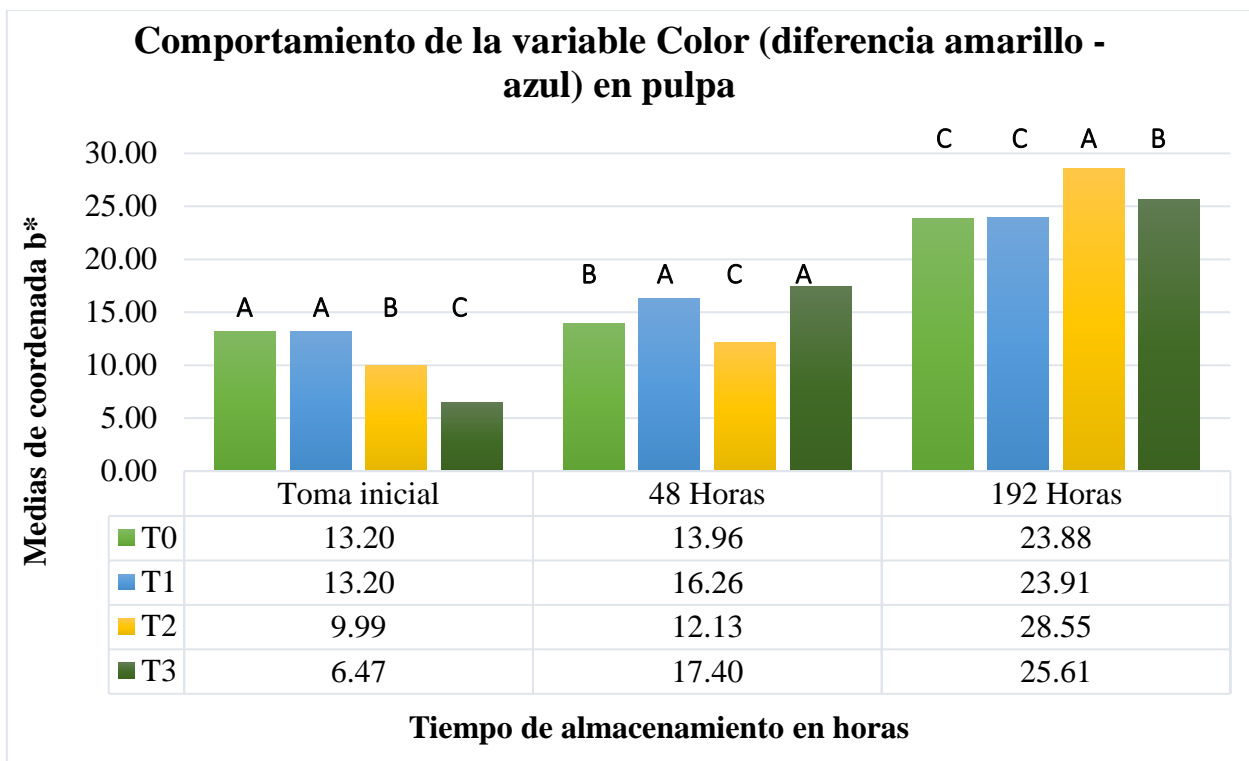


Figura 26. Comportamiento de la variable b\* (amarillo, azul) en la cascara de piña. Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según análisis de comparación múltiple de medias (Prueba de Tukey).

En la piña, uno de los cambios más notables durante la maduración y senescencia es la degradación de la clorofila, que se expresa cuando el color verde de la cáscara cambia al amarillo, desenmascarando los carotenoides (Rosas 2011). De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable color de cáscara en piña se pudo confirmar ese cambio de color que describe el autor, para las coordenadas L\* y b\*, se puede confirmar que el cambio de color fue notorio más rápido en las piñas que fueron tratadas con etileno comercial logrando un color completamente amarillo en la cáscara, y más lento en las piñas maduras naturalmente.

Estudios realizados por Chen y Paull, citado por (Rosas 2011), en la piña los carotenos en la pulpa aumentan en el proceso de maduración y senescencia. De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable color en pulpa el aumento de carotenos se pudo observar en los tratamientos, sin embargo, los tratados con etileno comercial tuvieron el mayor resultado positivo.

Figura 27. Cambio de color en las piñas según la dosis de etileno aplicada

TESTIGO (T <sub>0</sub> )				
Toma 0	Toma 1 (48 Horas)	Toma 2 (96 Horas)	Toma 3 (144 Horas)	Toma 4 (192 Horas)
DOSIS 1 (T <sub>1</sub> : 0.5 ml)				
Toma 0	Toma 1 (48 Horas)	Toma 2 (96 Horas)	Toma 3 (144 Horas)	Toma 4 (192 Horas)
DOSIS 2 (T <sub>2</sub> : 1.0 ml)				
Toma 0	Toma 1 (48 Horas)	Toma 2 (96 Horas)	Toma 3 (144 Horas)	Toma 4 (192 Horas)
DOSIS 3 (T <sub>3</sub> : 1.5 ml)				
Toma 0	Toma 1 (48 Horas)	Toma 2 (96 Horas)	Toma 3 (144 Horas)	Toma 4 (192 Horas)

## VIII. Conclusiones

- La aplicación de etileno comercial comúnmente es utilizada para tener una maduración acelerada en frutas climatéricas, pero en la piña la cual es una fruta no climatérica la aplicación principalmente dio lugar a un ligero desverdizado de la cáscara, alterando mínimamente parámetros químicos como °Brix, acidez y pH.
- El uso de etileno comercial como agente madurador artificial obtuvo diferencias significativas principalmente en la variable color, evaluado en piña variedad Golden (*Ananas comosus* L.), obteniendo el mejor resultado al aplicar (etileno 0.5 ml/L de agua), dando una coloración homogénea a las 96 horas de almacenamiento.
- La maduración natural sin aplicación de etileno comercial en las piñas no presentó diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. A las 144 horas aún presentó coloración verde en partes de la cáscara y a las 192 horas un color amarillo muy pálido.
- Con respecto a la variable pH, se pudo apreciar gran variabilidad tanto en el tratamiento testigo como en los tratados con etileno comercial, ya que se pudo observar irregularidad en los tratamientos, debido a que durante las 192 horas presentaron tanto aumento como disminución en los valores.
- La variable Brix y acidez titulable no presentaron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, ya que ambas variables no se vieron afectadas por la inducción de etileno comercial, teniendo un comportamiento similar al tratamiento testigo, esto debido a que la piña es no climatérica.

## **IX. Recomendaciones**

- En futuras investigaciones realizar el montaje del ensayo con material más homogéneo en cuanto a (color, peso y nivel de grados brix) para tener mejores resultados.
- Según los resultados obtenidos se recomienda utilizar etileno comercial en dosis de 0.5 ml/L de agua por un tiempo de exposición de 96 a 144 horas de almacenamiento para no afectar su concentración de sólidos solubles totales y pueda ser aceptable comercialmente.
- Realizar tomas de temperatura y humedad relativa para calcular el efecto que esto provoca sobre la maduración de la piña inducida con madurante artificial.
- Contar con mejores condiciones de estructura para el montaje del ensayo con la finalidad de obtener mejores resultados

## X. Bibliografía

- Batres Martínez, RS; Castellón Argueta, JA; Saenz Romero, GE. 2015. EVALUACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DE LA PIÑA EN EL SALVADOR. CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO DE SANTA MARÍA OSTUMA (en línea). Tesis. Lic. Ec. San Salvador, El Salvador. UES. 162 p. Consultado 20 abr. 2023. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9343/1/EVALUACION%20DE%20LA%20CADENA%20DE%20VALOR%20DE%20LA%20PI%C3%91A%20EN%20EL%20SALVADOR.%20CASO%20DE%20ESTUDIO%20MUNICIPIO%20DE%20SANTA%20MARIA.pdf>
- Borjas Ventura, R; Alvarado Huamán, L; Castro Cepero, V; Bello Ames, S; Julca Otiniano, A. 2020. Origen de la piña: Una muy breve Historia (en línea). Grupo de Investigación Agricultura y Desarrollo Sustentable en el Trópico Peruano. Lima, Perú. UNALM. Consultado 27 mar. 2023. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/344368166\\_Origen\\_de\\_la\\_pina\\_Una\\_muy\\_breve\\_Historia](https://www.researchgate.net/publication/344368166_Origen_de_la_pina_Una_muy_breve_Historia)
- Cariás Salazar, D. 1999. EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE GAS ETILENO COMBINADO CON TRES DOSIS DE CARBON ACTIVADO PARA LA INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN EN PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) (en línea). Tesis. Ing. Agr. Escuintla, Guatemala. USAC. 76 p. Consultado 29 mar. 2023. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1789.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1789.pdf)
- Cerrato, I. 2013. PANORAMA MUNDIAL DE LA PIÑA (en línea). Consultado 2 jun. 2023. Disponible en <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/223/PANORAMA%20MUNDIAL%20DE%20LA%20PI%C3%91A.pdf?sequence=1>
- Coro Haro, ME. 2017. EVALUACIÓN DEL ETILENO COMO AGENTE MADURADOR EN BABACO (*Vasconcellea x heilbornii* var. *pentagona*) (en línea). Tesis. Ing. Agr. Quito, Ecuador. UCE. 87 p. Consultado 29 mar. 2023. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10016/1/T-UCE-0004-19.pdf>
- Dawson, C. 2000. PIÑA: Perfil de INFOCOMM. Fondo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agriculturas (en línea). NATIONS UNIES, CNUCED. New

- York y Ginebra. 24 p. Consultado 21 abr. 2023. Disponible en [https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM\\_cp09\\_Pineapple\\_es.pdf](https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf)
- Dawson, C. 2015?. PIÑA: Perfil de INFOCOMM Fondo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agriculturas (en línea). Ginebra, Suiza. Consultado 29 mar. 2023. Disponible en [https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM\\_cp09\\_Pineapple\\_es.pdf](https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. MANUAL DE MANEJO POSTCOSECHA DE FRUTAS TROPICALES (Papaya, piña, plátano, cítricos) (en línea). Roma, Italia. 85 p. Consultado 23 abr. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/ac304s/ac304s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. MANUAL DE MANEJO POSTCOSECHA DE FRUTAS TROPICALES (Papaya, piña, plátano, cítricos) (en línea). Roma, Italia. 85 p. Consultado 8 mar. 2024. Disponible en <https://www.fao.org/3/ac304s/ac304s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2007. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (en línea). Consultado 20 abr. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/ac304s/ac304s.pdf>
- Gavin, C; Barzallo, D; Vera, H; Lazo, R. 2021. Revisión bibliográfica: Etileno en poscosecha, tecnologías para su manejo y control (en línea). Ecuadorian Science Journal 5(4):163-178. Consultado 20 mar. 2023. Disponible en <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062739015/html/index.html>
- Google Maps. c2022. Mapa de ubicación de la Estacion Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronomicas, Universidas de El Salvador. Consultado 17 de Oct. 2023. Disponible en <https://earth.google.com/web/search/Estaci%c3%b3n+Experimental,+Universidad+de+El+Salvador,+San+Luis+Talpa/@13.47588125,89.09591185,54.38814184a,1024.06248719d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCSGNfXRMmitAEY-T9fvTkitAGcdVSMFiV1bA1afLmGKCWFbAOgMKATA>

- Kader, AA. 2014. Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha en piña (*Ananas comosus* L.) (en línea, sitio web). Consultado 20 mar. 2023. Disponible en [https://postharvest.ucdavis.edu/Commodity\\_Resources/Fact\\_Sheets/Datastores/Fruit\\_Spanish/?uid=49&ds=802#:~:text=Efectos%20del%20Etileno,madurando%20despu%C3%A9s%20de%20la%20cosecha](https://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_Spanish/?uid=49&ds=802#:~:text=Efectos%20del%20Etileno,madurando%20despu%C3%A9s%20de%20la%20cosecha)
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. ASPECTOS TECNICOS SOBRE CUARENTA Y CINCO CULTIVOS AGRICOLAS DE COSTA RICA (en línea). Consultado 29 mar. 2023. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658.pdf>
- Meléndez Meléndez, EM; Platero Candelario SA. 2020. Aplicación de la Sección 34 Actividades Especiales, de la Norma Internacional de Información Financiera para las Pequeñas y Medianas Entidades (NIIF para las PYMES), en los Activos Biológicos del cultivo de piña, a Desarrollarse en el Municipio de Santa María Ostuma, Departamento de La Paz (en línea). Tesis. Lic. C.P. San Salvador, El Salvador. UES. 123 p. Consultado 2 jun. 2023. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22329/1/Aprobada%20Tesis%20Activos%20Biologicos.pdf>
- Morales, M; Hernández, MS; Cabezas, M; Barrera, J; Martínez, O. 2001. CARACTERIZACION DE LA MADURACION DEL FRUTO DE PIÑA NATIVA (*Ananas comosus* L. Merrill) CV. INDIA (en línea). Agronomía Colombiana 18(1-2):7-13. Consultado 2 jun. 2023. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/download/21706/22693/74299>
- Navarrete, G. 2013. Piña (*Ananas comosus*) (en línea). FICHA DE MERCADO No. 8. MAG. 6 p. Consultado 21 abr. 2023. Disponible en <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/Perfiles201412393352.pdf>
- Oliag, PT. 2007. Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB (en línea). UPV. 7 p. Consultado 24 abr. 2023. Disponible en [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20color%20y%20tolerancia%20de%20color%20en%20alimentos%20a%20trav%C3%A9s%20del%20espacio%20CIELAB.pdf?sequence=1#:~:text=El%20espacio%20de%20color%20CIELAB%20\(figura%201\)%2C%20es%20un,hasta%20100%20para%20un%20blanco](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20color%20y%20tolerancia%20de%20color%20en%20alimentos%20a%20trav%C3%A9s%20del%20espacio%20CIELAB.pdf?sequence=1#:~:text=El%20espacio%20de%20color%20CIELAB%20(figura%201)%2C%20es%20un,hasta%20100%20para%20un%20blanco)

- Rengifo Chavarría, JA. 2013. Efecto del Etefón en el desarrollo, floración, y calidad del fruto de la piña MD2 *Ananas comosus*, en condiciones del Valle del Cauca (en línea). Tesis. MScs. Ciencias Agrarias. Palmira, Colombia. UNAL. 72 p. Consultado 20 abr. 2023. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21756/7311007.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rosas Domínguez, C. 2011. CONTENIDO DE COMPUESTOS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE LA MADURACIÓN DE PIÑA CV. “ESMERALDA” (en línea). Tesis. MSc. en cc. Sonora, México. CIAD. 118 p. Consultado 5 may. 2024. Disponible en [https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/179/1/Rosas%20Dominguez\\_2011\\_MC.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/179/1/Rosas%20Dominguez_2011_MC.pdf)
- SOBITEC. 2017. Frutas Climatéricas y no climatéricas: Conceptos y diferencias. Etileno y maduración (en línea, sitio web). Consultado 29 mar. 2023. Disponible en <http://www.sobitecperu.com/frutas-climatericas-y-no-climatericas/>
- Ulloa, L; Vinicio Sáenz, M; Castro, J. 2015. Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre el desarrollo de color externo y la calidad de frutos de piña cv. Dorada extra dulce (en línea, sitio web). Universidad de Costa Rica, UCR. Consultado 7 mar. 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/436/43642604001/html/#:~:text=La%20menor%20p%C3%A9rdida%20de%20peso,el%20cual%20fue%20de%205%25>
- UWT (United World Transportation). c2023. ETILENO Y LA SENSIBILIDAD DEL PRODUCTO (en línea, blog). Consultado 29 mar. 2023. Disponible en <https://unitedworldtransportation.com/es/etileno-y-la-sensibilidad-del-producto/>
- Vettorazzi, J. 2009. Evaluación de tratamientos post cosecha para la prolongación de la vida de anaquel de Piña (*Ananas comosus*) (en línea). Tesis. Lic. Ing. Alimentos. Guatemala, Guatemala. UVG. 77 p. Consultado 8 mar. 2024. Disponible en <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/bitstream/handle/123456789/441/TRATAMIENTOS%20POSTCOSECHA%20PI%C3%91A.pdf?sequence=1>
- Villegas, F; Arcila, J. 1995. Uso de madurantes en: CENICANA (en línea). Pdf. Consultado 20 abr. 2023. Disponible en [https://www.cenicana.org/pdf\\_privado/documentos\\_no\\_seriados/libro\\_el\\_cultivo\\_cana/libro\\_p315-335.pdf](https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p315-335.pdf)

## XI. Anexos

Cuadro A 1. Resumen de datos P-valor de las variables evaluadas

	<b>Toma inicial</b>	<b>48 horas</b>	<b>96 horas</b>	<b>144 horas</b>	<b>192 horas</b>
	<b>P- VALOR DE LA VARIABLE (PERDIDA DE PESO)</b>				
<b>*P-valor</b>	0.1957	0.1929	0.1804	0.1600	0.1529
<b>Nivel de significancia</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>
	<b>P- VALOR DE LA VARIABLE (GRADOS BRIX)</b>				
<b>*P-valor</b>	0.0017	0.0002	0.6940	0.1699	0.2384
<b>Nivel de significancia</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>
	<b>P- VALOR DE LA VARIABLE (ACIDEZ TITULABLE)</b>				
<b>*P-valor</b>	0.1730	0.3879	0.2719	0.0777	0.0118
<b>Nivel de significancia</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>Significativo</b>
	<b>P-VALOR DE LA VARIABLE (pH)</b>				
<b>*P-valor</b>	0.4679	0.0170	0.0003	0.2620	0.0036
<b>Nivel de significancia</b>	<b>No significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>Significativo</b>

	<b>Toma inicial</b>	<b>48 horas</b>	<b>192 horas</b>
<b>P- VALOR DE LA VARIABLE (COLOR) (PULPA)</b>			
<b>P-valor de L*</b>	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<b>Nivel de significancia</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>
<b>P-valor de b*</b>	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<b>Nivel de significancia</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>
<b>P- VALOR DE LA VARIABLE (COLOR) (CASCARA)</b>			
<b>P-valor de L*</b>	0.0001	0.0001	0.0001
<b>Nivel de significancia</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>
<b>P-valor de b*</b>	<0.0001	<0.0001	0.0001
<b>Nivel de significancia</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>