



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE POSGRADO Y FORMACIÓN CONTINUA**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN  
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN  
AGROINDUSTRIA**

**MODALIDAD:**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TEMA:**

**INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE QUITOSANO EN LA  
CALIDAD FÍSICA Y MICROBIOLÓGICA DEL BANANO EN  
POSCOSECHA CALCETA-ECUADOR**

**AUTOR:**

**ING. ÁNGEL ALBERTO USCOCOVICH ÁLVAREZ**

**TUTOR:**

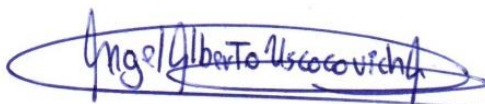
**ING. RICARDO RAMÓN MONTESDEOCA PÁRRAGA, MG.**

**CALCETA, ENERO 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

**ÁNGEL ALBERTO USCOCOVICH ÁLVAREZ**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de autoría propia, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que se han respetado los derechos de autor de terceros, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido del mismo, así como ante la reclamación de terceros, conforme a los artículos 4, 5 y 6 de la Ley de Propiedad Intelectual.

A través de la presente declaración otorgo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido en el artículo 46 de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



---

**ING. ÁNGEL ALBERTO USCOCOVICH ÁLVAREZ**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. RICARDO RAMÓN MONTESDEOCA PÁRRAGA, MG** Certifica haber tutelado el trabajo de Titulación Influencia del Porcentaje de Quitosano en la Calidad Física y Microbiológica del Banano en poscosecha Calceta-Ecuador, que ha sido desarrollado por **ÁNGEL ALBERTO USCOCOVICH ÁLVAREZ** previo la obtención del título de Magister en Agroindustria, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

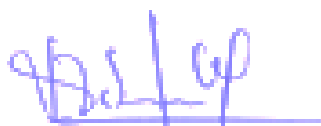
**Mg. RICARDO RAMÓN MONTESDEOCA PÁRRAGA**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL


Los suscritos integrante del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de Influencia del Porcentaje de Quitosano en la Calidad Física y Microbiológica del Banano en Poscosecha Calceta-Ecuador, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **ÁNGEL ALBERTO USCOCOVICH ÁLVAREZ**, previa la obtención del título de Magister en Agroindustria, de acuerdo al Reglamento de la unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Mg. Francisco Demera Lucas  
**MIEMBRO**



Mg. Nelson Mendoza Ganchozo  
**MIEMBRO**



Mg. Rosanna Loor Cusme  
**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales;

A Dios por guiar mi camino en el día a día llenándome de salud y vida así como también forjar mi espíritu en el camino del bien;

A mis padres por brindarme sus valores y principios que me han ayudado a mantenerme en la educación continua y ser una persona de bien con su ejemplo de amor y respeto;

A mis hermanas que son mi ejemplo de superación y sobrinos que alegran mi vida y llenan de esperanza al verlos crecer;

A mi novia por ser mi apoyo incondicional y brindarme su amor y su paciencia en todos mis años de estudio, iluminando mi mente y corazón para así salir adelante, y

A mis compañeros de clases por todo el apoyo brindado, amistad sincera y conocimientos compartidos.

**ÁNGEL ALBERTO USCOCOVICH ÁLVAREZ**

## DEDICATORIA

A Dios por sobre todas las cosas por mantener a mi familia llena de salud y vida, ellos como pilar fundamental de mi fortaleza espiritual y emocional que me ayudan a ser mejor persona en el día a día.

A mi madre María Elena Álvarez Zambrano por ser mi ejemplo a seguir en superación personal y profesional, siempre de la mano de hacer el bien con un corazón lleno de valores que me convierten en mejor ser humano.

A mi padre Ángel Alberto Uscocovich Córdova quien ha forjado en mí valores de respeto y me mostró el valor de la vida y amor por la naturaleza, a mis hermanas y sobrinos.

**ÁNGEL ALBERTO USCOCOVICH ÁLVAREZ**

## CONTENIDO GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTORÍA</b> .....	ii
<b>CERTIFICACIÓN DE TUTOR</b> .....	iii
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>PALABRAS CLAVE</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>KEY WORDS</b> .....	xi
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES</b> .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	5
<b>CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
2.1. PRODUCCIÓN DE BANANO.....	6
2.1.1. REQUISITOS MÍNIMOS DE CALIDAD.....	8
2.1.2. IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE FRUTAS.....	9
2.1.3. FRUTAS MÍNIMAMENTE PROCESADA.....	10
2.2. RECUBRIMIENTOS CON BIOPOLÍMEROS EN FRUTAS.....	11
2.2.1. PROPIEDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS.....	12
2.2.2. PREPARACIÓN DE LA FORMULACIÓN.....	14
2.2.3. MÉTODOS DE APLICAR RECUBRIMIENTOS.....	17
2.3. CALIDAD DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS.....	18
2.3.1. COLORIMETRÍA.....	19
2.3.2. FIRMEZA.....	20
2.3.3. RECUENTO MICROBIOLÓGICO.....	20
2.4. MATERIALES DE ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTO.....	22
2.4.1. CARACTERÍSTICA DEL QUITOSANO.....	22
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO</b> .....	24
3.1. UBICACIÓN.....	24
3.2. DURACIÓN.....	24
3.3. FACTOR DE ESTUDIO.....	24
3.4. NIVEL DEL FACTOR.....	24
3.5. TRATAMIENTOS.....	25
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	26
3.6.1. ESQUEMA ADEVA.....	26
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	26
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	27
3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTO.....	27
3.8.2. APLICACIÓN EN BANANO.....	28
3.9. VARIABLES A MEDIR.....	30
3.9.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	30
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	34

4.1. PÉRDIDA DE PESO .....	34
4.2. SÓLIDOS SOLUBLES .....	37
4.3. COLOR.....	40
4.3.1. Longitud luminosidad .....	41
4.3.2. Longitud a* .....	44
4.3.3. Longitud b* .....	46
4.4. FIRMEZA.....	47
4.5. RECUENTO MICROBIOLÓGICO DE MOHOS Y LEVADURAS.....	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
5.1. CONCLUSIONES.....	55
5.2. RECOMENDACIONES .....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	66

## CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

### Tablas

Tabla 1. Contenido nutricional del banano cada 100 g.....	6
Tabla 2. Detalles y descripción general .....	22
Tabla 3. Tratamientos de aplicación de quitosano en banano .....	25
Tabla 4. Variable de bloqueo .....	25
Tabla 5. Esquema ADEVA .....	26
Tabla 6. ANOVA de porcentaje de pérdida de peso .....	34
Tabla 7. Comparaciones múltiples porcentaje de pérdida de peso .....	34
Tabla 8. Prueba de Subconjuntos homogéneo Tukey porcentaje de pérdida de peso .....	35
Tabla 9. ANOVA para sólidos solubles (°Brix) .....	37
Tabla 10. Comparaciones múltiples sólidos solubles (°Brix) .....	38
Tabla 11. Prueba de Subconjunto homogéneo Tukey de sólidos solubles (°Brix) .....	38
Tabla 12. ANOVA para longitud luminosidad.....	41
Tabla 13. Comparaciones múltiples de longitud luminosidad.....	41
Tabla 14. Prueba de Subconjunto homogéneo Tukey de longitud luminosidad.....	42
Tabla 15. ANOVA para longitud a* .....	44
Tabla 16. Comparaciones múltiples de longitud a* .....	45
Tabla 17. Prueba Subconjunto homogéneo longitud a* .....	45
Tabla 18. ANOVA para longitud b* .....	47
Tabla 19. ANOVA para firmeza.....	47
Tabla 20. Comparaciones múltiples de firmeza .....	48
Tabla 21. Subconjunto homogéneo firmeza .....	48
Tabla 22. ANOVA para mohos y levaduras .....	51
Tabla 23. Comparaciones múltiples de mohos y levaduras .....	51

### Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de preparación de recubrimiento y aplicación en banano.....	30
Figura 2. Tolerancia de color.....	32
Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes de porcentaje de pérdida de peso.....	36
Figura 4. Diagrama de cajas y bigotes de contenido de sólidos solubles (°Brix) .....	39
Figura 5. Diagrama de cajas y bigotes de longitud de luminosidad.....	42
Figura 6. Diagrama de cajas y bigotes longitud a* .....	46
Figura 7. Diagrama de cajas y bigotes para firmeza.....	49
Figura 8. Diagrama de cajas y bigotes de mohos y levaduras .....	52



**Anexo**

ANEXO 1. Selección y clasificación de bananos .....	67
ANEXO 2. Insumos para la elaboración del Recubrimiento .....	67
ANEXO 3. Elaboración y aplicación de recubrimiento de quitosano en banano .....	68
ANEXO 4. Análisis de laboratorio aplicados a bananos en poscosecha con recubrimientos de quitosano .....	69
ANEXO 5. Estado de maduración del banano .....	70
ANEXO 6. Certificados de análisis de laboratorio para el día cero .....	71
ANEXO 7. Certificado de análisis de laboratorio día cinco .....	73
ANEXO 8. Certificado de análisis de laboratorio día diez.....	75
ANEXO 9. Certificado de análisis de laboratorio día 15 .....	77
ANEXO 10. Certificado de análisis de laboratorio día 20 .....	79

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes porcentajes de quitosano en la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha. Posteriormente para la elaboración del recubrimiento se emplearon diferentes porcentajes de quitosano (0,75 %, 1,00 %, 1,25 %, 1,50 % p/v) de 95 % en grado de desacetilación en su composición más un control. Se evaluó el porcentaje de pérdida de peso, contenido de sólidos solubles totales (°Brix), color de la cáscara durante la maduración, firmeza instrumental y recuento microbiológico. Se realizó un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cinco bloques correspondientes al día inicial cero, día cinco, día diez, día 15 y día 20 de almacenamiento. Los bananos reportaron pérdida permanente de peso, sobresaliendo el tratamiento 1,25 % quitosano con la menor pérdida. En cuanto al contenido de SST (°Brix), fue aumentando gradualmente indicando una aceleración en el índice de madurez del banano. Las muestras recubiertas con 1,50 % quitosano reportaron menor contenido con 13,65 °Brix y la mayor rigidez en el fruto, se reportó una fuerza máxima de penetración de 10,33 N además, del menor contenido microbiológico registrado. El fruto recubierto con 1,25 % de quitosano presentó los mejores resultados con menor pérdida de peso, mientras que 1,50 % de quitosano en el recubrimiento reportó menor contenido de °Brix, menor luminosidad de 54,27, mayor firmeza instrumental y menor contenido microbiológico durante la poscosecha, demostrando así su influencia en mantener características físicas del banano que agradan al consumidor.

## PALABRAS CLAVE

Quitosano, recubrimiento comestible, banano, pérdida de peso, color, firmeza.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of different percentages of chitosan on the physical and microbiological quality of banana post harvest. Afterwards, for the preparation of the coating, different percentages of chitosan (0.75 %, 1.00%, 1.25 %, 1.50 % w/v) of 95 % in degree of deacetylation in its composition plus a control were used. The percentage of weight loss was evaluated, content of total soluble solids (°Brix), skin color during ripening, instrumental firmness and microbiological count were evaluated. A completely randomized block design (DBCA) was performed, with five treatments and five blocks corresponding to initial day zero, day five, day ten, day 15 and day 20 of storage. Bananas reported permanent weight loss, with 1.25 % chitosan treatment standing out with the least loss. Regarding the content of SST (°Brix), it gradually increased, indicating an acceleration in the banana maturity index. The samples coated with 1.50 % chitosan reported a lower content with 13.65 °Brix and the highest rigidity in the fruit, a maximum penetration force of 10.33 N was reported in addition to the lower microbiological content recorded. The fruit coated with 1.25 % chitosan presented the best results with less weight loss, while 1.50 % chitosan in the coating reported lower content of °Brix, lower luminosity of 54.27, greater instrumental firmness and lower microbiological content during post-harvest, thus demonstrating its influence in maintaining the physical characteristics of the banana that please the consumer.

## KEY WORDS

Chitosan, edible coating, banana, weight loss, color, firmness.

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente a nivel mundial se realizan investigaciones sobre la aplicación de tecnología que incluyen el uso de biopolímeros como agentes de control de microorganismos. Además, que puedan sustituir parcialmente los polímeros sintéticos derivados de combustibles fósiles. Usar recubrimientos comestibles es una tecnología que está ganando importancia para prolongar la vida útil de las frutas frescas y mínimamente procesadas, tienen ventajas por ser biodegradables, biocompatibles y no tóxicos, que actúan como barrera anti humedad (Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Cháfer, M. y Chiralt, A., 2008); en este escenario global Ecuador no ha investigado mayores alternativas Rodríguez, N. (2012).

En Ecuador hasta noviembre del 2017, el sector banano y plátano se constituyó como el principal sector de exportación con un 24,92 % de participación del total de exportaciones no petroleras (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2018). En su producción tradicional se requiere del uso de una serie de agroquímicos inorgánicos contaminantes como plaguicidas, herbicidas y fungicidas, que afectan directa e indirectamente al suelo, al producto y a las personas que se encuentran relacionadas con su producción y su consumo, provocando que los países demandantes de esta fruta, elijan la compra de banano orgánico certificado por sobre la compra de banano convencional (Rossi, D. 2013).

Sin embargo uno de los problemas principales con los que confronta la producción de bananos, son las enfermedades causadas por hongos en la fase de poscosecha, que ingresan a la herida producida en la corona por el desmane, lugar por donde las esporas penetran y se desarrollan, siendo estas beneficiadas con las condiciones ambientales que se le da para la maduración que ocasiona la

putrefacción de la corona en distinto grado y cuando es severa, hace que caigan los dedos (pedicelos), disminuyendo la calidad del producto Snowden, A. (1990).

Por esta razón esa ruptura desencadena procesos bioquímicos y físicos que pueden provocar la degradación de color, textura, sabor y aroma del producto, así como alteraciones de origen microbiano disminuyendo la vida útil. (Zhan, L., Hu, J. y Zhu, Z. 2011). Según Pérez-Gago, B., del Río, M. y Rojas-Argudo, C. (2008), el problema del deterioro se debe a que los productos hortofrutícolas son tejidos vivos que están sujetos a continuos cambios después de ser cosechados. Durante el almacenamiento, las frutas y hortalizas continúan respirando consumiendo oxígeno ( $O_2$ ) y desprendiendo dióxido de carbono ( $CO_2$ ), además las frutas y hortalizas pierden agua ( $H_2O$ ) debido a que transpiran.

En una investigación realizada por Jafarizadeh, H., Osman, A., Tan, C. y Abdul, R. (2011) demuestran que la aplicación de recubrimientos de polisacáridos sobre la superficie en frutos, crean una barrera que reemplaza a la capa cerosa de protección y genera una película selectiva a los gases  $O_2$  y  $CO_2$ , la cual modifica la atmósfera interna que retarda la senescencia. Por consiguiente los productos biológicamente activos y de origen natural para controlar la descomposición y prolongar la vida útil de los productos perecederos han recibido cada vez más atención porque tienen el potencial de reemplazar los fungicidas sintéticos (Tripathi, P. y Dubey, N. 2004).

En lo que respecta a los bananos producidos bajo sistemas convencionales y bajo sistemas orgánicos pueden presentar pérdida de calidad en poscosecha, causada por el aceleramiento de la tasa de respiración y podredumbres fúngicas, aceleradas por la edad del fruto y tiempo de transporte. Como tratamiento usan fungicidas como Tiabendazol (TBZ) y Benomyl (Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones, 2013). Debido a los efectos negativos de fungicidas químicos en el deterioro del medio ambiente y riesgos en la salud humana, los países exportadores de este fruto como Estados Unidos y la Unión Europea han prohibido fungicidas comerciales en productos hortofrutícolas (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, 2014).

En una investigación de Wang, H., Qian, J. y Ding, F. (2018), determinaron que los materiales poliméricos de base biológica como el quitosano presentan grandes potenciales en el campo de los recubrimientos y pueden ser una alternativa de sustituir los polímeros de envasado a base de petróleo. Por tal motivo con el objetivo de introducir en el mercado la idea de productos hortofrutícolas de calidad y sin residuos químicos, los productores y distribuidores han desarrollado técnicas de aplicación de recubrimientos para mantener la calidad de frutas en almacenamiento; sin embargo, no se ha investigado sobre el comportamiento de aplicar quitosano como recubrimiento de banano en poscosecha.

¿Qué porcentaje de quitosano mantendrá la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Las frutas y hortalizas frescas son ingredientes vitales de la dieta, aportan a los alimentos, variedad, sabor, atracción estética y, además, satisfacen ciertas necesidades nutricionales. Las frutas y hortalizas son plantas vivas que durante su crecimiento muestran todas las características propias de la vida vegetal. Algo similar ocurre con el banano en poscosecha. La producción bananera en nuestra economía tiene importancia trascendental debido a que representa para el país el segundo rubro en importancia económica después del petróleo y uno de los principales contribuyentes a la economía nacional (Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones, 2018).

Los métodos convencionales de manejo poscosecha, indican que para almacenar el banano se procede a aplicar en la corona de los gajos una solución de sulfato de aluminio (Alumbre) y fungicida (Mertec) para prevenir el desarrollo de hongos que dan paso a la descomposición del fruto durante el transporte y almacenamiento. De acuerdo con la norma INEN\_2801, relata que los bananos deben cumplir requisitos mínimos como estar exentos de: humedad externa anormal, olores y/o sabores extraños, estar prácticamente libres de daños causados por plagas que afecten al aspecto general del producto.

Actualmente, las investigaciones se enfocan al desarrollo y uso de biopolímeros con propiedades anti microbianas para mejorar la vida útil y la seguridad alimentaria, usando biomoléculas activas como el quitosano y sus derivados (Gallo, A. 2016); generando expectativas en su aplicación alimentaria como biopolímeros que sirvan de capa protectora de los gases O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en frutas a razón del uso de productos químicos de conservación, así como la creciente preocupación por el impacto ambiental con la aplicación de fungicidas en productos hortofrutícolas.

Los recubrimientos minimizan el cambio en el color de los frutos frescos, al incorporar agentes anti pardeantes es posible potencializar el efecto, reduciendo la actividad enzimática (Garcia, E. y Barrett, D. 2002). Esta investigación busca determinar los porcentajes de quitosano para mantener la calidad en frutos de exportación como el banano.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de diferentes porcentajes de quitosano en la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el porcentaje requerido de quitosano para la reducción de la senescencia del banano en almacenamiento poscosecha.
- Establecer las características físicas del banano en poscosecha con los diferentes porcentajes de quitosano en comparación al control.
- Identificar el tratamiento que presenta la menor carga microbiana en el fruto.

## **1.4. HIPÓTESIS**

Al menos uno de los porcentajes de quitosano aplicado, difiere sobre el testigo en relación a las variables de conservación del banano en la etapa poscosecha.



# CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 2.1. PRODUCCIÓN DE BANANO

Su nombre científico *Musa paradisiaca* es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las *Musáceas* y de orden *Escitamíneas* o *Zigiberales*, por su parte el banano se recolecta cuando llega a una tonalidad verde oscura, y el estado de desarrollo en que se cosecha se conoce como “grado de madurez” (Gonzabay, R. 2017). Una razón fundamental para decidir el grado de corte de la fruta, es la distancia del país al que será exportado, la fruta se exporta refrigerada y generalmente en contenedores vía marítima.

Este fruto es un alimento con alto valor nutricional para el consumidor, como se muestra en la Tabla 1 a pesar de la dificultad para su comercialización en fresco. Es por esto que los productores y comercializadores desarrollan constantemente nuevas alternativas para su conservación en almacenamiento poscosecha, en consecuencia que las exportaciones demandan tiempo en su traslado a los principales países exportadores como Estados Unidos y la Unión Europea. En todo el mundo se consumen alrededor de 12 kilogramos de banano per cápita, lo que lo convierte en la fruta más popular del mundo (Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones, 2018).

**Tabla 1.** Contenido nutricional del banano cada 100 g

Contenido	Cantidad cada 100 g	Unidad
agua	75	g
proteínas	1,09	g
lípidos	0,33	g
cenizas	0,82	g
hidratos de carbono	22,84	g
fibra	2,6	g
azúcares	12,23	g
calcio	5	mg
hierro	0,26	mg
magnesio	27	mg
fósforo	22	mg
potasio	358	mg
sodio	1	mg
zinc	0,15	mg
cobre	0,078	mg
manganeso	0,27	mg

selenio	0,001	mg
Vitamina C	8,7	mg
Vitamina B1	0,031	mg
Vitamina B2	0,073	mg
Vitamina E	0,1	mg
Energía	460	Kj

Fuente: Rehm y Espig, (1976), Armijos, E. (2017).

En relación a los albores del cultivo y comercialización del banano en el Ecuador, a principios del siglo XX se comienza a recopilar información estadística sobre la actividad bananera, es precisamente por esta época que la producción bananera del Ecuador genera un excedente en el consumo interno, el cual comienza a ser exportado. En los primeros años las exportaciones se dieron casi exclusivamente a Perú y Chile. La razón se debe a que el tiempo que demoraba el envío hacia esos dos países coincidía con el período de maduración de la fruta (Lucio, A. y Pazmiño, R., 2015).

Según Pérez-Gago, B., del Rio, M. y Rojas-Argudo, C. (2008), el problema del deterioro se debe a que los productos hortofrutícolas son tejidos vivos que están sujetos a continuos cambios después de ser cosechados. Durante el almacenamiento, las frutas y hortalizas continúan respirando, consumiendo oxígeno (O<sub>2</sub>) y desprendiendo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), además las frutas y hortalizas pierden agua (H<sub>2</sub>O) debido a que transpiran, lo cual produce pérdidas importantes por deshidratación. Por consiguiente el ciclo biológico de todos los productos hortofrutícolas frescos depende del proceso de respiración de estos, que determina la rapidez en que el producto llega a su estado de madurez para el consumo.

No obstante, Hernández-Lauzardo, et al. (2005), señala que en la actualidad es más frecuente el control de las enfermedades ocasionadas por microorganismos durante el manejo poscosecha mediante el uso de fungicidas sintéticos; la rapidez y eficacia con que actúan sobre el patógeno ha ocasionado que los compuestos sintéticos sean de primordial importancia, sin embargo, se menciona que su uso excesivo ha ocasionado numerosas contradicciones, como son daños al medio ambiente y posibles daños al consumidor es por esto que el control de aplicación de fungicidas es más riguroso.

Por lo tanto, el control del proceso de respiración podría llevar a poder controlar el proceso de maduración de los productos frescos y por ende, alargar la vida útil de estos. En este sentido, la aplicación de recubrimientos con biopolímeros en banano representa una nueva alternativa tecnológica que aporte al manejo poscosecha. En un estudio Prudkin, C y Pérez, O. (2016) demostraron que es posible modificar nanopartículas y adecuar su tamaño, su hidrofobicidad y la carga superficial de manera tal de entrapar y liberar de forma controlada las sustancias que contienen. Los recubrimientos actúan como barreras semipermeables y al mismo tiempo ser capaces de mantener la calidad del alimento como requisitos indispensable para su exportación.

### **2.1.1. REQUISITOS MÍNIMOS DE CALIDAD**

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. (2013), el producto para ser considerado de calidad deberá cumplir los requisitos mínimos, en todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, los bananos deberán:

- Estar enteros (tomando el dedo como referencia);
- Estar sanos, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo;
- Estar limpios y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible;
- Estar prácticamente exentos de plagas que afecten al aspecto general del producto;
- Estar prácticamente exentos de daños causados por plagas;
- Estar exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica y los bananos envasados en atmósfera modificada;
- Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraños;
- Ser de consistencia firme;
- Estar exentos de daños causados por bajas temperaturas;
- Estar prácticamente exentos de magulladuras;
- Estar exentos de malformaciones o curvaturas anormales de los dedos;

- Estar sin pistilos;
- Estar con el pedúnculo intacto, sin estar doblados ni dañados por hongos o desecados.

Por último, Orchard, E. y Dadzie, K. (1997) alega que “las frutas destinadas a los mercados distantes se cosechan en una etapa conocida como ‘tres cuartos lleno’, cuando los dedos están todavía claramente angulosos. En mercados locales, las frutas a menudo se cosechan cuando los dedos están llenos o redondeados” (p16).

### **2.1.2. IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE FRUTAS**

Para el ser humano el consumo de frutas representa beneficios para la salud debido al alto contenido de nutrientes. La idea de consumo de frutas frescas mínimamente procesadas es una alternativa de incrementar su consumo. Aplicar recubrimientos comestibles en frutas a partir de fuentes renovables como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de éstos, disminuyen su tasa de respiración, retrasan su pérdida de peso por deshidratación, prolongan su pérdida de firmeza y pigmentación causada por microorganismos (Vázquez-Briones, M. y Guerrero-Beltrán, J. 2013).

El banano por su contenido de hidratos de carbono otorga un valor calórico elevado, sus nutrientes más representativos son el potasio, vitamina C, fósforo, el magnesio, el ácido fólico y sustancias de acción astringente; sin desatender su elevado aporte de fibra, del tipo fruto-oligosacáridos, contiene dopamina, de efecto vasoconstrictor, y serotonina, que regula la secreción gástrica y estimula la acción intestinal (Falla, F y Ramón, M. 2019).

Con el propósito de analizar el valor nutricional y los efectos en la salud de los alimentos químicamente adulterados y las frutas maduras artificialmente Islam et al. (2018), determina que son un proceso dinámico debido a razones económicas. Las muestras maduras artificialmente presentan contenidos elevados de residuos químicos como azufre, que las muestras de las frutas

mínimamente procesadas. La presencia de impurezas puede causar problemas de salud a los consumidores que comen frutas maduras, además que causan alteraciones al medio ambiente.

En la actualidad, la tendencia del consumidor es de alimentarse con productos listos para comer, por falta de tiempo para prepararlos; en este contexto las frutas son una alternativa para esta problemática. Debido al aumento de obesidad y sus factores de riesgo la Organización Mundial de la Salud (OMS, por sus siglas en inglés), el Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer (WFRC) y el Instituto Americano de Investigación del Cáncer (AICR), entre otros, han señalado que existe evidencia de que el consumo de al menos cinco porciones de frutas y verduras todos los días disminuye el riesgo de diversas enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y diversos tipos de cáncer (Mardones, M., Olivares, S., Araneda, J. y Gómez, N. 2009).

La última década ha supuesto un giro en el panorama de la industria alimentaria hacia una “alimentación como fuente de salud”. Esta premisa, que era hasta hace unos años el pilar fundamental de la alimentación ecológica, afecta actualmente a toda una gama de nuevos productos que aparecen cada día en el punto de venta bajo el slogan de sanos y saludables Sánchez et al. (2008).

Es necesario el consumo de frutos frescos o mínimamente procesados para aprovechar su valor nutritivo, donde aportan vitamina A, vitamina C y potasio. Gracias a un consumo adecuado de frutas traen beneficios a la salud debido a la presencia de antioxidantes que disminuyen el estrés oxidativo, previniendo o retardando algunas enfermedades (Saxena, M., Saxena J. y Pradhan, A. 2012).

### **2.1.3. FRUTAS MÍNIMAMENTE PROCESADA**

Las ventajas que tienen las frutas mínimamente procesadas es que mantienen características organolépticas y nutricionales similares a la fruta fresca y son de fácil manejo para el consumidor. Su mínimo procesamiento consiste en

operaciones de clasificación, lavado, pelado y reducción de tamaño (Kerdchoechuen, O., Laohakunjt, N., Tussavil, P., Kaisangsri, N. y Matta, F. 2011), por lo cual se caracterizan por productos de consumo directo o para preparaciones culinarias rápidas.

El daño a la calidad de las frutas mínimamente procesadas aumenta durante el procesamiento, principalmente debido a la ruptura del tejido vegetal por daños mecánicos, por ejemplo, durante operaciones de pelado y cortado que pueden acelerar los procesos fisiológicos naturales. Esa ruptura desencadena procesos bioquímicos y físicos que pueden provocar la degradación de color, textura, sabor y aroma del producto, así como alteraciones de origen microbiano disminuyendo la vida útil. Estas frutas mínimamente procesadas se consumen crudas lo que obliga a implementar buenas condiciones de manipulación y aplicar otras técnicas que permitan cierta inactivación microbiana (Zhan, L., Hu, J. y Zhu, Z. 2011).

## **2.2. RECUBRIMIENTOS CON BIOPOLÍMEROS EN FRUTAS**

Los recubrimientos comestibles aplicados en frutas pueden ser formulados a base de polisacáridos, proteínas y lípidos, así como mezclas de éstos y actuar como portadores de antioxidantes y antimicrobianos. El quitosano es el polímero más utilizado en la formulación de recubrimientos comestibles en frutas. En pera, fresa, frambuesa, cereza, uva, manzana, guayaba, kiwi, bayas, melocotones, pasas, cacahuates y nuez con un mínimo de procesamiento, los recubrimientos son una alternativa para incrementar su vida útil (Vázquez-Briones, M. y Guerrero-Beltrán, J. 2013).

Cabe destacar la investigación de Hernández, H., Águila, E., Flores, O., Viveros, E. y Ramos, E. (2009), donde se indica que la quitina se encuentra distribuida ampliamente en la naturaleza y la principal fuente de quitina son exoesqueletos de crustáceos. Mientras que Arora, A. y Padua, G. (2010) mencionan que el desarrollo de nanocompuestos es una nueva estrategia para mejorar las propiedades físicas de los polímeros, incluyendo resistencia mecánica, estabilidad térmica y propiedades de barrera al gas.

Como se ha afirmado, el quitosano tiene un gran potencial para ser usado en varias aplicaciones debido a su biodegradabilidad, biocompatibilidad, actividad antimicrobiana, no toxicidad y versatilidad en sus propiedades físico-químicas, razón por la que los recubrimientos a base de quitosano han demostrado ser muy eficaces en la conservación de alimentos como lo exponen Dutta, P., Tripathi, S., Mehrotra, G. y Dutta, J. (2009).

Según, Xoca-Orozco, L., Aguilera-Aguirre, S., López-García, U., Gutiérrez-Martínez, P. y Chacón-López, A. (2019), utilizaron soluciones de quitosano al 0,1 %, 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % y 2,0% (p/v) para evaluar la inhibición de crecimiento microbiano, con mediciones cada 24 h durante nueve días. Por otra parte en la investigación de Salvador, A., Cuquerella, J. y Monteverde, A. (2003), las mandarinas (Fortune) fueron enceradas con una solución acuosa de quitosano al 0,6 % ó 1,25 % y almacenadas a 20 °C durante siete ó 15 días simulando la comercialización y vida posterior.

### **2.2.1. PROPIEDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS**

Comercialmente o a nivel experimental los recubrimientos comestibles pueden agruparse en tres categorías: Hidrocoloides, lípidos, y mezcla de ambos. Con base a la investigación realizada por Pérez-Gago, B., del Rio, M. y Rojas-Argudo, C. (2008), mediante su aplicación se reducen la respiración, deshidratación y mejora el brillo de la fruta recubierta:

- **QUITOSANO**

El quitosano mantiene un pH 3,0 en disolución, este biopolímero requiere un medio ácido para ser disuelto (Prudkin, C. y Pérez, O. 2016). Por otra parte, Rodríguez-Pedroso et al. (2009), ha demostrado en su estudio que el quitosano induce o inhibe varias actividades bioquímicas durante la interacción planta-patógeno mejorando la tolerancia a una amplia variedad de fitopatógenos, lo cual indica que el uso de este compuesto natural puede ser explotado en la agricultura sostenible.

Además en una investigación de Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A., del Valle, M., Bosquez-Molina, E., y Sánchez-Domínguez, D. (2005), señala que al formar una película semipermeable con quitosano ocasiona cambios físico-químicos favorables en el metabolismo de las frutas u hortalizas prolongando su vida útil. En general, la síntesis de CO<sub>2</sub>, etileno y la pérdida de agua se reducen. Otros cambios en el producto tratado con quitosano, pueden ser el retraso en la pérdida de firmeza e incremento en el contenido de sólidos solubles totales (SST). Debido a la habilidad del quitosano de formar una cubierta semipermeable, su aplicación en frutas u hortalizas favorece la mayoría de las veces una mayor vida de almacenamiento.

Por lo coincidente, en un estudio realizado en fresa realizado por Zavaleta et al. (2018), se aplicó una cobertura de quitosano y el aceite esencial de canela, obteniendo un efecto significativo en la conservación. Manteniendo su contenido de fenol (186,25 mg GA/100 g) hasta el día siete y la capacidad antioxidante durante los 16 días en almacenamiento. El rango óptimo de quitosano (1,35-1,70) y aceite esencial de canela (0,55-0,85 g/100 ml) mostró una interacción inhibitoria de hongos y crecimiento de levadura, aumentando el período de latencia.

Por otra parte, Jafarizadeh et al. (2011), indica que el tipo y concentración de componentes comestibles tienen efectos importantes en las características de calidad de frutas. Los resultados de su estudio mostraron que es posible estimar las concentraciones óptimas de quitosano, como componente comestible principal y glicerol, como plastificante. Recubriendo las muestras de banano tuvieron menor pérdida de peso, color y mayor firmeza en comparación con las muestras de control. De esta manera indican que quitosano (2,02 %) y glicerol (0,18 %) es la formulación efectiva para extender la vida útil y retrasando el proceso de maduración del plátano *Berangan* en condiciones ambientales.

Con respecto a una investigación aplicada en aguacate, Xoca et al. (2019), el tratamiento de quitosano mantuvo la calidad poscosecha del fruto, redujo la incidencia y severidad de la enfermedad, así como la pérdida fisiológica de peso, manteniendo la firmeza del fruto durante el almacenamiento. De hecho las



películas de quitosano son una alternativa recomendable para preservar la calidad del aguacate y disminuir la incidencia de antracnosis. El aguacate es uno de los principales productos agrícolas en México.

De acuerdo con, Wang, H., Qian, J. y Ding, F. (2018), los materiales poliméricos de base biológica como el quitosano presentan grandes potenciales en el campo de los recubrimientos y pueden ser una alternativa de sustituir los polímeros de envasado a base de petróleo. Los avances en la tecnología están permitiendo la preparación de películas a base de quitosano con múltiples funcionalidades como por ejemplo, películas antibacterianas, películas de barrera y mejora de textura, son las áreas más involucradas de quitosano por ser biocompatible, biodegradable, antibacteriano y tiene baja citotoxicidad.

En resumen, de acuerdo con el estudio efectuado por Hernández-Lauzardo et al. (2005) indica que a mayores concentraciones de polímero, el efecto de inhibición es mayor en la germinación de las esporas y con cualquiera de las formas de aplicación del quitosano; dependiendo de la incubación en soluciones de quitosano es el efecto fungicida o fungistático.

En el control de las enfermedades poscosecha es una alternativa de conservación de los productos hortícolas durante el almacenamiento, sin riesgos ecológicos.

- **ALMIDÓN Y GOMAS**

Entre los métodos de conservación de frutos de banano, la implementación de recubrimientos con base de polisacáridos biodegradables ha sido demostrado que conservan los atributos de calidad, en una investigación realizada por Palacín, J. (2012), se usó un recubrimiento de almidón de yuca con ácido ascórbico 6 g/L y N-acetil-cisteína 8 g/L, aplicados en frutos de banano, presentando mejor efecto como alternativa de conservación y alargar el tiempo de vida útil del vegetal.

## **2.2.2. PREPARACIÓN DE LA FORMULACIÓN**

La primera etapa en la elaboración de recubrimientos comestibles es la disolución del material (biopolímeros) correctamente en algún disolvente como agua,

alcohol, soluciones de ácidos diluidos o mezclas de disolventes; el material debe quedar dispersado. En algunos casos, es necesario calentar o ajustar el pH de la suspensión que contiene el biopolímero con el fin de disolver la macromolécula (Campos, et al. 2011).

La segunda etapa consiste en adicionar una sustancia con propiedades plastificantes. Ésta proporcionará al recubrimiento un buen comportamiento mecánico en términos de flexibilidad y resistencia a rotura, reduciendo la fragilidad. El plastificante más utilizado es el glicerol debido a su mayor estabilidad y compatibilidad con las cadenas biopoliméricas hidrófilas en comparación con el sorbitol, polietilenglicol y azúcares. El plastificante se asocia físicamente con la estructura del biopolímero, reduciendo la cohesión e interfiriendo con la asociación de las cadenas poliméricas facilitando su deslizamiento por lo que aumenta la flexibilidad del recubrimiento (Campos, et al. 2011).

Una vez dispersados los biopolímeros y adicionado el plastificante, es posible añadir otras sustancias antimicrobianas o antioxidantes a la solución formadora de recubrimientos con el fin de conferir alguna propiedad funcional deseada (Abdollahi, M., Rezaei, M. y Farzi, G. 2012).

La tercera etapa consiste en la eliminación del excedente de disolvente, por lo cual se debe aplicar un secado controlado. La velocidad de secado y las condiciones ambientales determinarán el espesor final y las características estructurales del recubrimiento (Campos, et al. 2011).

De acuerdo con la metodología aplicada por Sánchez, T., García, O. y Pinzón, M. (2012), Para la formulación en su investigación usaron dispersiones de almidón (3 % y 4 % p/p) con glicerol como plastificante (0,5 %, 1 % y 1,5 % p/p), fueron calentadas hasta 85 °C con agitación constante hasta gelatinización completa. La mezcla homogénea fue dispersada en cajas de Petri plásticas, en volúmenes de 15 ml. Las soluciones fueron secadas a  $35 \pm 2$  °C durante 15 h. Una vez secas las películas almidón glicerol, se adicionó 7 ml de quitosano al 1 % p/v en ácido acético 1 % v/v y secadas por 9 h (35 °C).

El empleo de este compuesto natural puede ser una nueva alternativa de control durante el manejo poscosecha, sin riesgos ecológicos. Sin embargo, es necesario continuar investigando en los diferentes aspectos básicos que contribuyen a explicar el efecto de la aplicación de este biopolímero en los frutos. Son varios los aspectos aún por esclarecer, que una vez conocidos, podrían contribuir a seleccionar el mejor momento de aplicación del producto estudiado para lograr el éxito en la reducción de las pudriciones, y por ende, en la conservación de los productos hortofrutícolas (Hernández-Lauzardo et al. 2005).

Es importante determinar el efecto del quitosano directamente sobre el microorganismo. Cabe mencionar, la importancia de incursionar en las vías metabólicas que son activadas por la presencia del quitosano; pocos trabajos refieren este tópico a nivel molecular y debe ser comprobado su efecto. Por último, se debe determinar la manera práctica de lograr aplicar el producto a los frutos en su conservación y tener en cuenta no sólo la calidad, sino también elementos como la evaluación sensorial de éstos por parte del consumidor, considerando hasta qué concentración el producto vegetal se considera todavía comestible (Hernández-Lauzardo et al. 2005).

Los biopolímeros pueden estar constituidos principalmente de:

- **POLISACÁRIDOS**

Los polisacáridos obtenidos a base de celulosa (metilcelulosa MC, hidroximetil celulosa HMC y carboximetilcelulosa CMC), pectinas, derivados de almidón, aguilatos, carragenina, quitosano y gomas, pueden construir una matriz estructural, permitiendo adquirir recubrimientos comestibles transparentes y homogéneos, sin embargo, están limitados por su solubilidad en agua y pobre barrera a la humedad y propiedades mecánicas moderadas (Eum, H. Hwang, D. Linke, M. Lee, S. y Zude, M. 2009).

- **LÍPIDOS**

Los lípidos ofrecen una buena barrera de humedad debido a su naturaleza hidrofóbica, lo que reduce la pérdida de agua en frutas recubiertas, además mejoran el brillo de las frutas, protección contra la oxidación y crecimiento

microbiano, sin embargo, su naturaleza no polimérica limita su capacidad para formar recubrimientos cohesivos. No obstante, los lípidos en una matriz de polisacáridos proporcionan resistencia mecánica al recubrimiento comestible (Campos, C., Gerschenson, L. y Flores, S. 2011).

- **PROTEÍNAS**

Las proteínas forman recubrimientos con barreras más débiles que los polisacáridos al vapor de agua por su naturaleza hidrofílica, pero por otro lado desarrollan muy buenas propiedades de barrera al oxígeno, lo que ayuda a controlar el intercambio de gases entre el fruto y el medio ambiente. En la investigación realizada por Montalvo, C., López-Malo, A. y Palou, E. (2012), indican que existen diversas fuentes para obtener las proteínas (vegetales o animales), donde se definen el tipo y ordenamiento de aminoácidos presentes en el polímero, lo que influye en las propiedades de barrera, solubilidad y mecánicas del recubrimiento comestible.

### **2.2.3. MÉTODOS DE APLICAR RECUBRIMIENTOS**

En frutas con superficies irregulares, el método más adecuado es el de inmersión, debido a que se requiere un recubrimiento uniforme (Baldwin, E., Nisperos, M., Hagenmaier, R. y Baker, R. 1997). La fruta debe ser lavada y secada previamente, luego se sumerge directamente en la formulación del recubrimiento, posteriormente se deja drenar el material sobrante y se procede al secado, este método es muy aplicado con recubrimientos comestibles con cera en frutas enteras, garantizando un impregnado completo y así poder formar una película membranosa delgada sobre la superficie de la fruta (Djioua et al. 2010).

Dado que regular la transferencia de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aroma, y compuestos de sabor en alimentos, los recubrimientos y películas comestibles han demostrado la capacidad de mejorar la calidad sensorial y nutricional, generar valor agregado y prolongar su vida útil como lo afirma Fernández et al. (2015), en su investigación.

En frutas con superficies lisas y uniformes el método más utilizado es el de aspersión; se obtienen recubrimientos más delgados y uniformes que los obtenidos por inmersión. La solución se aplica presurizada, mediante la regulación de la presión para conseguir diferentes tamaños de gota. La aplicación del recubrimiento se realiza con aspersores de alta presión que permiten emplear menos material de recubrimiento. Otros métodos son la aplicación mecánica o manual con brochas (Bosquez, E., Vernon, E., Pérez, L. y Guerrero, I. 2000).

En un estudio realizado por Salvador et al. (2003) los resultados obtenidos con un recubrimiento de quitosano al 1,25 % en mandarinas, demostró que puede ser una alternativa al uso de ceras de polímero en las condiciones ensayadas de comercialización. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros de calidad con la utilización de la cera comercial y con el quitosano a esta concentración, manteniendo incluso mejor firmeza.

### **2.3. CALIDAD DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS**

La calidad de los productos agroalimentarios se convierte en el principal factor de preferencia del consumidor y es importante considerar para su mayor aceptación. Tanto la calidad organoléptica como la nutritiva, son reflejo de la composición química del fruto, debido a que determina las características sensoriales que evalúa directamente el consumidor con sus sentidos, color, aroma, sabor y firmeza y el valor nutritivo al proporcionar los nutrientes esenciales para la salud del mismo. El estado de madurez con la que se recolecta el fruto tiene un papel esencial en la composición química del fruto y por lo tanto en atributos de calidad (Romojaro, F., Madrid, M. y Pretil, M. 2007).

La determinación de calidad en frutas y hortalizas ha ido evolucionando según las exigencias del mercado, en la actualidad las mediciones instrumentales se han preferido a las sensoriales por que permiten automatización, objetividad y menor variabilidad (Cajamar, 2014). Por otro lado, Romojaro, et al. (2007) indica que los atributos sensoriales, color, sabor, firmeza, aroma y los compuestos responsables

de los aspectos nutricionales, serán diferentes en función del momento de la recolección, determinando su evolución en la poscosecha.

Las siguientes pruebas instrumentales son principales en medir parámetros de calidad en frutas:

### 2.3.1. COLORIMETRÍA

En la vida útil de los frutos la etapa más importante es la maduración en donde los cambios de color son más palpables producidos por causas metabólicas y químicas dentro del fruto (Bello, F., Eyman, L., Almirón, N., Cocco, A. y Torres, F. 2015). Es importante el color en los alimentos y es imprescindible la valoración física y de calidad en los mismos (Hernández, J., Gassós, L. y Garibaldi, Y. 2013), esto hace necesario disponer de métodos objetivos de medición que permitan la obtención de valores comparables y reproducibles (Mathias-Rettig, K. y Ah-Hen, K., 2014).

Para la aceptación de un alimento, el color, sabor y textura son aspectos muy importantes (Hernández et al., 2013), siendo el color la propiedad óptica en los alimentos una de las más importantes, puesto que un producto no tuviese buena presencia colorimétrica, el consumidor no podrá llegar a juzgar los demás aspectos. Usando un análisis instrumental para el color del fruto, la determinación es más rigurosa y científica (Cajamar, G. C., 2014). Así mismo Mathias-Rettig, K. y Ah-Hen, K. (2014). indican, que en la industria de alimentos la medición instrumental del color sirve como herramienta de control de calidad.

Las coordenadas o longitud de color  $L^*a^*b^*$  fue modelado en base a una teoría de color oponente que determina que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Como se muestra a continuación,  $L^*$  indica la luminosidad y  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas cromáticas (Minolta, k. 2014).

1.  $L^*$ = luminosidad
2.  $a^*$ = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

3. **b\***= coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

### **2.3.2. FIRMEZA**

Según Cajamar, G. C. (2014), la firmeza es un parámetro indicativo de calidad en frutas y hortalizas. Está relacionada con la estructura de la pared celular y con el estado de madurez, su determinación es primordial para aceptabilidad y almacenamiento de frutas. La firmeza dependerá de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto.

### **2.3.3. RECUENTO MICROBIOLÓGICO**

El análisis microbiológico se evalúa por medio de recuento total de bacterias mesófilas, hongos y levaduras en base a las normas INEN 1529-7, INEN 1529-5. De hecho, el control de las enfermedades provocadas por microorganismos durante el manejo poscosecha se ha realizado mediante el uso de fungicidas sintéticos por su rapidez y eficacia con que actúan sobre el patógeno. Sin embargo, Hernández-Lauzardo et al. (2005), menciona que su uso ha ocasionado daños al medio ambiente y a la salud humana; el control y el uso de fungicidas sintéticos se ha vuelto más riguroso. De ahí se ha valorado el uso de productos naturales como el quitosano.

La industria alimentaria obtuvo buenos resultados en recubrimientos. Estos avances han llevado a mejorar la calidad e inocuidad de los alimentos almacenados. Los nuevos avances se han centrado principalmente en retrasar la oxidación y controlar la humedad, crecimiento microbiano, tasas de respiración, volátiles sabores y aromas. Un biopolímero activo mediante la formulación de emulsiones ayudan a mejorar los recubrimientos de alimentos para mantener su vida útil como indica Brody, A., Bugusu, B., Han, J., Sand, C. y Mchugh, H. (2008).

Las propiedades principales que presentan los recubrimientos en frutas, según Vázquez-Briones, M. y Guerrero-Beltrán, J. (2013), dependerán del material utilizado en la formulación de la emulsión para elaborar el recubrimiento, de las condiciones de formación del recubrimiento, del tipo de plastificante y de la naturaleza del disolvente. En la mayoría de casos la efectividad del recubrimiento cuando se aplica a frutas dependerá fundamentalmente de la permeabilidad al vapor de agua y a los gases.

Se puede señalar que los principales promotores del deterioro de la fruta son causadas por el ataque de hongos y bacterias que provocan daños físicos, aumenta la pérdida de agua y la respiración en poscosecha. Debido a la manipulación mecánica y cortes en la superficie de la cascara permiten el ingreso de los microorganismos (FAO 1989). En el periodo de almacenamiento el producto envejece y los tejidos se debilitan por una degradación de la estructura celular, donde el producto se vuelve poco resistente a la invasión de microorganismos patógenos (Vintimilla, M. y Ávila, L. 2001).

En efecto la cáscara del banano en su estado natural es fuerte y protege la fruta contra las enfermedades fungosas. Pero cuando las manos se han cortado de los tallos, debido al corte entran, y se desarrollan hongos que ocasionan la podredumbre de la corona. (Dadzie, B., y Orchard, J., 1997, p.51)

En la fruta proveniente de Ecuador y Colombia es común hallar el hongo *T. paradoxa* (Greene, G., y Goos, R., 1963).

Sin embargo, los patógenos más comunes asociados con la podredumbre de la corona son *Colletotrichum musae* (*Gloesporium musarum*), *Fusarium roseum*, *Fusarium semitectium*, *Botryodiplodia theobromae*. Otras especies incluyendo *Cephalosporium* sp., *Verticillium theobromae*, *Ceratocystis paradoxa* y *Phomopsis* sp. han sido determinadas como causantes de la podredumbre de la corona (Lukezic, F., Kaiser, W., y Martinez, M.(1967); Snowdon 1990).



## 2.4. MATERIALES DE ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTO

El quitosano es una unidad lineal compuesta por distribución aleatoria  $\beta$ -(1-4)-enlazada d-glucosamine (unidad deacetilada) y n-acetil-d-glucosamina (unidad acetilada). Está hecho mediante el tratamiento de camarones y otras conchas de mariscos con hidróxido de sodio alcalino. Contiene una serie de usos comerciales y posibles biomédicos. Se puede utilizar en la agricultura como tratamiento de semillas y biocida, ayudando a las plantas a combatir las enfermedades fúngicas. En la Tabla 2 se detalla las características del producto:

**Tabla 2.** Detalles y descripción general

Nombre del producto	Quitosano
Otro Nombre	Deacetylchitin
Parte utilizada	Shell
Especificación	95 %
Apariencia	Polvo blanco
Fórmula molecular	$(C_6H_{11}NO_4)_n$
Tamaño Partícula	100 % pasa 80 de malla
Método de ensayo	HPLC
Olor	Característico
Grado	Grado alimenticio, grado industrial, grado farmacéutico, grado cosmético

Fuente: Universidad Laica Eloy Alfaro

### 2.4.1. CARACTERÍSTICA DEL QUITOSANO

En la industria alimentaria el quitosano se utiliza como agente antibacteriano, conservantes de frutas y verduras, aditivos para el cuidado de la salud y agente clarificador para jugo de fruta. En la agricultura, el quitosano se utiliza normalmente como un tratamiento natural de semillas y potenciador del crecimiento de plantas, y como una sustancia bioestercida respetuosa con el medio ambiente que aumenta la capacidad innata de las plantas para protegerse contra las enfermedades fúngicas (Sauceda, E. 2011).

De acuerdo con Rodríguez-Pedroso et al. (2009), tiene buenas características de adsorción del ion de metal pesado, aplicado en el tratamiento de aguas residuales orgánicas, aguas residuales teñidas, purificación de agua e industria textil. También se puede aplicar en la industria de la fabricación de papel, lo que mejora la resistencia seca y húmeda del papel y la capacidad de impresión de la superficie.

El Carboximetil quitosano es la mayor ramificación del quitosano, tiene un 100 % de solubilidad en agua, capacidad de formación de película, quelación de metales pesados. Se ha aplicado en cosméticos avanzados, agente de liberación continua de medicamentos, agente regulador de crecimiento de plantas, tratamiento de aguas residuales (Tripathi, P. y Dubey, N. 2004).

# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

El desarrollo de ésta investigación fue realizada en las instalaciones de los laboratorios de Bromatología, Microbiología y Química de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM MFL y la productora de banano Hacienda “Michelle” situadas en las coordenadas: Latitud -0,831 895” SO° 49 54,820 56. Longitud -80,176 751 W 80°10 36,302 88” en el sitio “El Limón”, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí – Ecuador.

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Investigación de Ciencias de Alimentos de Facultad de Ciencias Agropecuarias ubicado en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), el mismo que geográficamente se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas 0° 57' 10' Latitud Sur 80° 44' 43' Longitud Oeste y una Altitud de 6 msnm, Manta-Manabí-Ecuador.

## 3.2. DURACIÓN

El proceso de elaboración de la investigación hasta la obtención de datos de los resultados en conjunto con los respectivos análisis y conclusiones de los mismos fue durante diez meses.

## 3.3. FACTOR DE ESTUDIO

- **Factor A:** porcentaje de quitosano en formulación.

## 3.4. NIVEL DEL FACTOR

Para el factor A de porcentaje:

$$a_1 = 0,75 \%$$

$$a_2 = 1,00 \%$$

$$a_3 = 1,25 \%$$

$$a_4 = 1,50 \%$$

La variable de bloqueo son los días en los cuales se realizó los análisis de laboratorio:

Día inicial cero

Día cinco

Día diez

Día 15

Día 20

### 3.5. TRATAMIENTOS

En la Tabla 3 se detallan los tratamientos de aplicación de quitosano en banano

**Tabla 3.** Tratamientos de aplicación de quitosano en banano

Tratamientos	Niveles	Porcentaje quitosano
1	a1	0,75
2	a2	1,00
3	a3	1,25
4	a4	1,50
5	CONTROL	0

Cabe indicar que los bloques de este estudio han sido considerados como las réplicas del mismo. En la Tabla 4 podemos observar la variable de bloqueo.

**Tabla 4.** Variable de bloqueo

Bloque	Día
Bloque 1	Día cero
Bloque 2	Día cinco
Bloque 3	Día diez
Bloque 4	Día 15
Bloque 5	Día 20

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cinco bloques correspondientes al día inicial cero, día cinco, día diez, día 15 y día 20 de almacenamiento. Cada tratamiento se replicó tres veces y cada réplica corresponde a una unidad de banano. Los datos obtenidos a partir de los promedios de la pérdida los pesos, color, sólidos solubles (°Brix), firmeza y recuento microbiológico del fruto, fueron recopilados cada cinco días de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C), en los controles y en los porcentajes de quitosano en estudio, se analizaron estadísticamente por medio de análisis de varianza (ADEVA), la prueba de Dunnett en caso que no se cumplan los supuestos del ADEVA, con el fin de evaluar el comportamiento de los datos y poder comparar las concentraciones utilizadas y así se estableció la acción del quitosano.

#### 3.6.1. ESQUEMA ADEVA

La Tabla 5 refiere al esquema de ADEVA

**Tabla 5.** Esquema ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	24
Tratamiento	4
Bloque	4
Error	16

### 3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Se trabajó con banano Williams (*Musa paradisiaca*) de acuerdo a las características de la unidad experimental. Se emplearon 75 unidades de banano verdes sin madurar (hechos), incluidas las réplicas y control. Según esta metodología el fruto se obtuvo de la cosecha de Enero de 2020 de la Hacienda "Michelle" en Calceta, Ecuador y con condiciones de mínimo procesamiento sin ningún tratamiento poscosecha.

### 3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Los bananos fueron cuidadosamente seleccionados con apariencia uniforme (peso, forma y color) como lo demuestra el ANEXO 1. Se sumergieron los bananos en agua potable durante 20 minutos para que el fruto termine de expulsar el látex propio de la fruta; luego fueron desinfectados sumergiéndose en solución de hipoclorito de sodio 0,1 % durante un minuto. Se secaron a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C) y posteriormente se aplicaron los tratamientos de quitosano con diferentes porcentajes. Fue sumergida la corona de la unidad experimental (banano) en cada recipiente (bandeja de un litro de material plástico) con tratamiento propuesto durante un minuto a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C). Se usaron tres dedos del fruto de banano para cada tratamiento y su réplica más las muestras de control.

**Preparación del quitosano:** Se utilizó quitosano de bajo peso molecular (ANEXO 2), con grado de desacetilación de 95 %. Se preparó 990 ml de agua destilada de una conductividad de 0,05 a 1,0 mS/cm y agregó 10 ml de ácido acético glacial como disolvente, se aplicó agitación constante con una bala magnética en una plancha de calentamiento, marca CORNING a 400 RPM. Una vez homogénea la mezcla se agregó el quitosano a diferentes concentraciones (0,75 %, 1,00 %, 1,25 %, 1,50 %) de acuerdo a la relación de peso-volumen. Posteriormente se envasó en el medio estéril en cada recipiente (bandeja plástica de un litro) para cada porcentaje de 0,75 %, 1,00 %, 1,25 % y 1,50 % de quitosano.

#### 3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTO

A continuación en la Figura 1 se detalla la descripción del proceso de elaboración de la película de recubrimiento de quitosano y la aplicación en los bananos.

**MEZCLA 1:** Se mezclaron 990 ml de agua destilada con una conductividad de 0,05 a 1,0 mS/cm más 10 ml de ácido acético glacial (v/v 1 %).

**MEZCLA 2:** Se mantuvo a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C) y se adicionó las concentraciones de quitosano con grado de desacetilación 95 % de acuerdo a cada tratamiento (0,75 %, 1,00 %, 1,25 %, 1,50 %) más ácido acético glacial (1 %). Luego se procedió a la mezcla peso - volumen con una bala magnética en una plancha de calentamiento, marca CORNING a 400 RPM durante 20 minutos hasta disolver los grumos del quitosano al 95 % de desacetilación como lo demuestra el ANEXO 3.

**ENVASADO:** Se procedió a envasar en recipientes de un litro, tipo bandejas de material plástico cada uno los tratamientos con los diferentes porcentajes de quitosano en recipientes rotulados a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C).

**ALMACENAMIENTO 1:** se adicionó la emulsión en cada recipiente de acuerdo a sus concentraciones de quitosano y luego se sumergieron los frutos de banano. Cada banano se sumergió individualmente de acuerdo a cada tratamiento con los diferentes porcentajes de quitosano.

### 3.8.2. APLICACIÓN EN BANANO

**SELECCIÓN:** se higienizó con agua a 0,8 ppm de hipoclorito de sodio en el lugar de trabajo para evitar contaminación en la realización de los tratamientos y se seleccionó los frutos con similares apariencias físicas como color, forma y peso similar como lo indica el ANEXO 1.

**DEMORA:** Se sumergieron los bananos seleccionados en un tanque con agua potable durante 20 minutos para que cada fruto de banano termine de expulsar el látex propio de la fruta.

**LAVADO:** Esta operación se cumplió con el fin de retirar impurezas como polvo, hojas, ramas. Los frutos se sometieron a un proceso de desinfección lavado con agua potable.

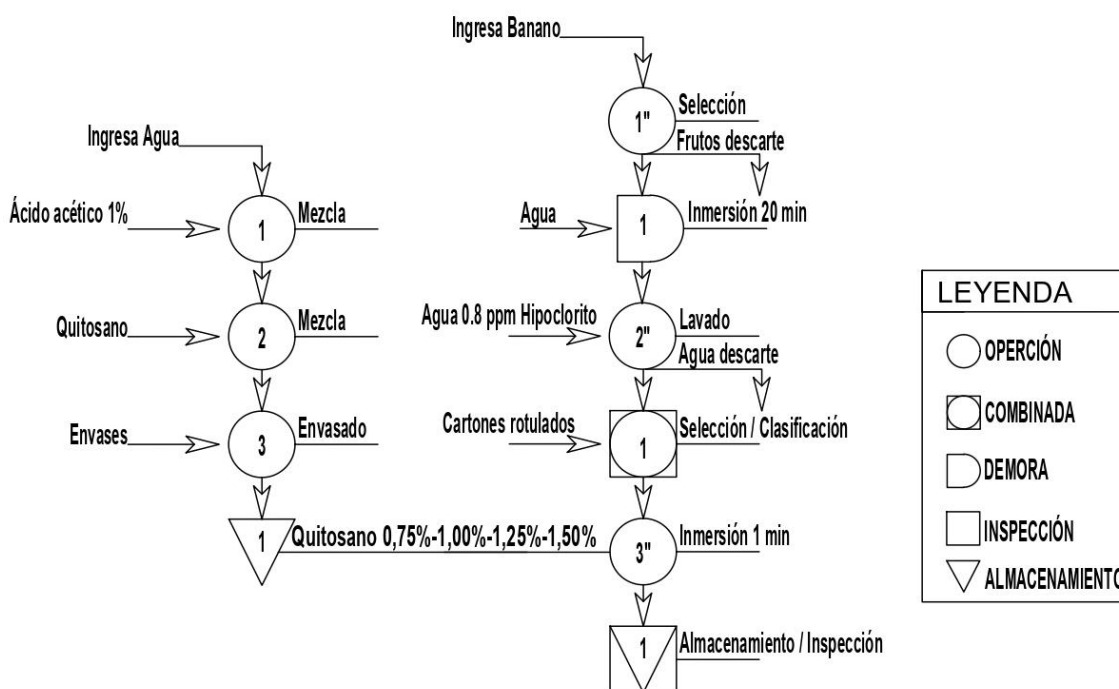
**SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN:** Se seleccionaron 75 dedos del fruto de banano con peso similar y fisionomía uniforme. Se seleccionó tres dedos de banano

correspondientes para cada tratamiento más la réplica. Luego de distribuirlos y rotularlos en fundas herméticas ziploc de acuerdo a cada tratamiento con los recubrimientos (quitosano) en diferentes porcentajes y el control que no llevo ningún tratamiento.

**INMERSIÓN:** Se aplicaron los recubrimientos de quitosano (0,75 %, 1,00 %, 1,25 %, 1,50 %) sumergiendo individualmente cada fruto correspondiente a cada tratamiento más sus réplicas durante un minuto cada tratamiento, garantizando un impregnado completo y así poder formar una película membranosa delgada sobre la superficie de la fruta (Djioua et al. 2010).

**ALMACENAMIENTO E INSPECCIÓN:** Se almacenó cada tratamiento y control en cajas de cartón debidamente rotuladas, y almacenadas a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C). Se realizaron inspecciones con análisis de diferencia en porcentaje de pérdida de peso, sólidos solubles (°Brix), firmeza y colorimetría cada cinco días. El análisis de recuento microbiológico (mohos y levaduras) para determinar el mejor efecto del recubrimiento de quitosano a diferentes porcentajes en su concentración sobre el banano almacenado, fue aplicado en el día inicial cero, cinco, diez, 15 y 20 de almacenamiento poscosecha. A continuación se determinó en la Figura 1.





**Figura 1.** Diagrama de flujo de preparación de recubrimiento y aplicación en banano

### 3.9. VARIABLES A MEDIR

En este trabajo se identificaron las siguientes variables:

- Porcentaje de Pérdida de Peso del Fruto
- Sólidos solubles (°Brix)
- Madurez del banano (colorimetría)
- Características físicas del Banano (firmeza instrumental)
- Recuento microbológica (hongos y levaduras)

#### 3.9.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

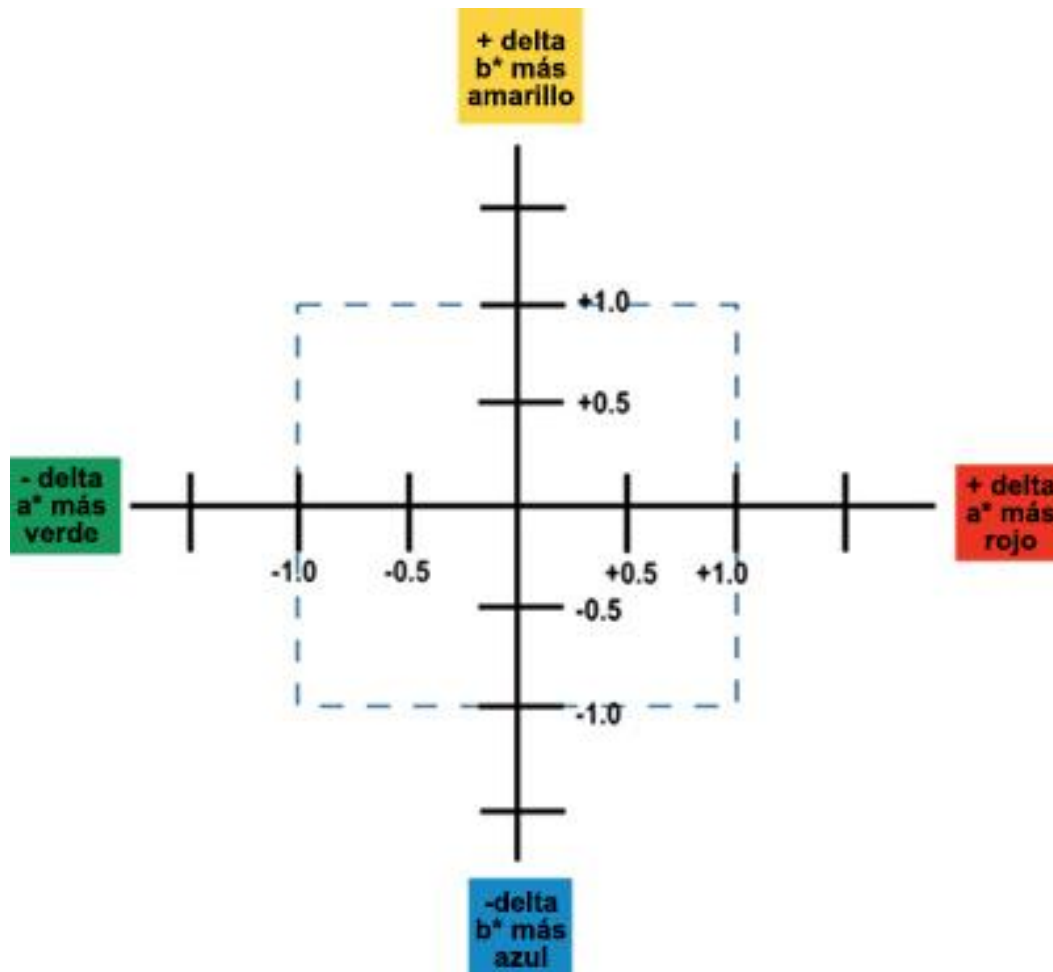
Para la medición de las variables se realizaron en el laboratorio en condiciones ambientales de temperatura de  $26 \pm 2$  °C. Los bananos fueron evaluados cada cinco días empezando desde el día cero correspondiente al día de cosecha y aplicación posterior de los tratamientos, hasta el día 20 de almacenamiento. Se realizaron los siguientes análisis:

**Pérdida de Peso.-** Los frutos fueron agrupados según el tratamiento y pesados cada cinco días en una balanza analítica Sartorius modelo AZ214, país Germany; con el fin de determinar su peso en gramos y evaluar los posibles cambios. Se determinó la pérdida de peso según método propuesto por González et al. (2009), los análisis fueron empleados cada cinco días del almacenamiento con una balanza digital (Sartorius AZ214, Germany).

**Sólidos solubles.-** La Fruta fue macerada utilizando un mortero de 200 ml, y el fluido obtenido se analizó por refractómetro digital (Kruss, Germany) de acuerdo al método AOAC (1990). Los resultados se declaran como °Brix. Los bananos, contienen compuestos solubles en agua, como: azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y pectinas.

**Análisis de Color.-** El color de la fruta de banano, se calculó utilizando un colorímetro marca Kónica Minolta CR-400 (Japón) conjuntamente con una escala  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Las mediciones de color se expresaron con base en los parámetros de cromaticidad  $a^*$  (verde [-], rojo [+]) y  $b^*$  (azul [-], amarillo [+]). Las mediciones se realizaron por triplicado en cada unidad experimental y en 3 lugares del fruto, extremo superior, centro y extremo inferior. En el presente estudio los análisis fueron realizados en el laboratorio de Investigación Científica de Alimentos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en Manta.

Se utilizó el sistema CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$  para realizar la evaluación del color del banano. Este sistema trabaja en coordenadas tridimensionales, donde L es el eje, a y b son los ejes horizontales como se muestra a continuación en la Figura 2 se observa cuando el color que cae dentro de la caja es considerado aceptable, mientras que el color que cae fuera de ella es rechazado (Minolta, K. 2014).



**Figura 2.** Tolerancia de color  
**Fuente:** Minolta Konica (2014)

**Análisis de Firmeza instrumental.-** Las pruebas de punción se realizaron utilizando los extremos y la parte central de la fruta (ANEXO 4). Se utilizó un texturómetro Shimadzu (Modelo EZ-LX, Japón) junto con una sonda de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y 8 cm de longitud. La sonda se insertó 15 mm en la fruta a una velocidad de 10 mm/s y se registró la fuerza de penetración máxima en *newton* (N) (Santacruz et al., 2017). El equipo utilizado para cuantificar la firmeza fue el TPA, Texturómetro marca Shimadzu EZ LX, y los análisis realizados en el Laboratorio de Investigación Científica de Alimentos de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en Manta.

**Análisis microbiológico:** El recuento microbiológico de los tratamientos se evaluó por medio de recuento total de hongos y levaduras en base a las normas INEN 1529-7 y INEN 1529-5. La población microbiana en los bananos con

tratamientos y control se determinó después de aplicadas los recubrimientos de quitosano.

### **3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis estadístico de las variables físicas de pérdida de peso, colorimetría y firmeza, bromatológicas de sólidos solubles y microbiológicos para conteo de unidades formadoras de colonias en mohos y levaduras en este estudio se utilizó el software spss versión 21 (libre) y se realizaron las siguientes pruebas:

- Análisis de varianza (ANOVA).
- Prueba de Dunnett para los tratamientos.
- Prueba HSD de Tukey para la variable bloque días de almacenamiento.

# CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. PÉRDIDA DE PESO

Como se observa en la Tabla 6 existe variación altamente significativa ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos de control en comparación con los bananos recubiertos con los diferentes porcentajes de quitosano en relación al porcentaje de pérdida de peso de los bananos en poscosecha. De igual forma los resultados demostraron variación altamente significativa ( $p < 0,05$ ) en los días de almacenamiento.

**Tabla 6.** ANOVA de porcentaje de pérdida de peso

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Longitud de luminosidad					
Origen	gl	Tipo III de suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Total corregido	24	328,190			
Días	4	142,153	35,538	6,697	0,002**
Tratamientos	4	101,126	25,282	4,764	0,010**
Error	16	84,911	5,307		

a. R al cuadrado = ,741 (R al cuadrado ajustada = ,612)

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

Se determinó el tratamiento T2, T3 y T4 perdieron menos peso con relación al control, los resultados indicaron en los tres tratamientos diferencia significativa según nos muestra la Tabla 7.

**Tabla 7.** Comparaciones múltiples porcentaje de pérdida de peso

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: Porcentaje de pérdida de peso					
T de Dunnett (<control) <sup>a</sup>					
(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Dev. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
T1	CONTROL	-0,1421	0,06566	0,069	0,0117
T2	CONTROL	-0,2779*	0,06566	0,001	-0,1241
T3	CONTROL	-0,2984*	0,06566	0,001	-0,1445
T4	CONTROL	-0,1718*	0,06566	0,030	-0,0180

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

La HSD al 5 % de probabilidad de error situó al día cero en la primera categoría estadística al no presentar ningún cambio en el porcentaje de pérdida de peso del banano, exponiendo un valor de 0 %, sin embargo el día cinco y día diez se los ubicó en la segunda categoría estadística presentando un porcentaje de pérdida

de peso de 1,12 % y 1,29 % respectivamente mientras que en el día 15 con un valor de 1,50 % y día 20 con un valor de 1,67 % se ubican en la tercera categoría estadística (Tabla 8).

**Tabla 8.** Prueba de Subconjuntos homogéneo Tukey porcentaje de pérdida de peso

HSD Tukey <sup>a,b</sup> DÍAS	N	Porcentaje de pérdida de peso		
		1	2	3
Día 0	5	0		
Día 5	5		1,1204	
Día 10	5		1,2870	
Día 15	5			1,5003
Día 20	5			1,6737
Sig.		1,000	0,131	0,109

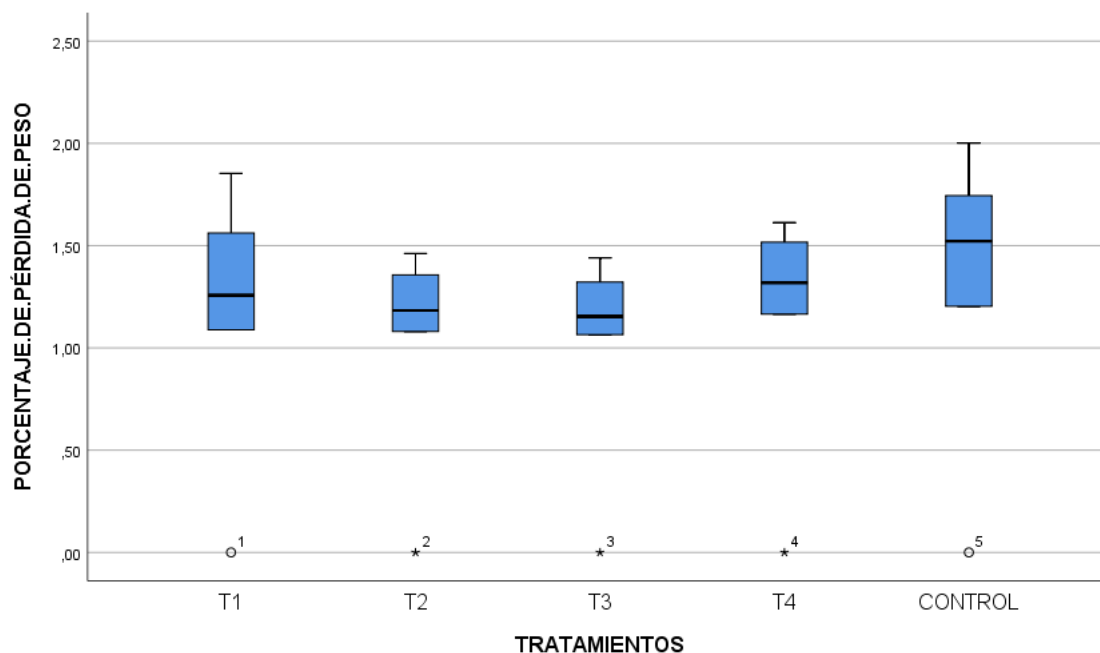
Números iguales según Tukey no difieren estadísticamente

Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Cada casilla muestra el rango de media de muestras de pérdida de peso.

Se observó en la Figura 3 el tratamientos que menor porcentaje de pérdida de peso presentó fue el T3, reflejando un valor de 1,46 % al término de los 20 días de almacenamiento. El tratamiento T1 fue el que mayor aproximación tuvo con respecto al porcentaje de pérdida de peso del control, quedando evidenciado de esta manera que un menor porcentaje de quitosano (0,75 %) no fueron efectivos para mantener el peso del fruto.

Se puede señalar que el tratamiento T1, registró 1,85 % de pérdida de peso mientras que las muestras de control presentaron un 2 % de pérdida de peso encontrándose por encima de todos los tratamientos con porcentaje de quitosano. Cabe destacar que el tratamiento T3 presentó menor variabilidad en sus datos por lo tanto a partir de 1,25 % de quitosano fue favorable para impedir mayor pérdida de peso en el banano al término de 20 días de almacenamiento. Debido a la barrera semipermeable generada por el recubrimiento de quitosano (Bautista-Baños, 2005), se logró proteger el fruto de una ruptura de la pared celular y por lo consiguiente la pérdida de peso.



**Figura 3.** Diagrama de cajas y bigotes de porcentaje de pérdida de peso

Se puede señalar que los porcentajes de quitosano a partir de 1,00% demostraron efectividad en mantener el peso del banano. De modo similar una investigación realizada por Castro, M., Rivadeneira, C., Mantuano, L., Santacruz, S. y Ziani, K. (2014) los trozos de papaya recubiertos con mezclas compuestas mayoritariamente por quitosano conjuntamente con la de quitosano solo, presentaron menores pérdidas de peso que el control (muestras sin recubrimiento) al final del día 12 de almacenamiento, debido a que se agrega la pérdida de agua durante el proceso de respiración relacionada a procesos metabólicos durante el almacenamiento Izumi H., Watada E., Ko P. y Douglas W.,( 1996).

Los resultados de la presente investigación pueden ser atribuidos a que la pérdida de peso en los alimentos hortofrutícolas es proporcionado con la tasa de transpiración, que representa a la difusión del H<sub>2</sub>O y demás sustancias volátiles presentes en las frutas, por medio de la epidermis Fias, W., Lammertyn, J., Reynvoet, B., Dupont, P. y Orban, A.,( 2003). Del mismo modo una investigación realizada en peras, determinó que el tratamiento con quitosano (1,50 %) + aceite esencial de canela (0,05 %), extendió la vida útil de las frutas de pera en diez días, en comparación con las peras sin recubrimiento (control); los tratamientos

que contienen quitosano registraron menor pérdida de peso según García et al. (2017).

Como consecuencia, la efectividad del quitosano en la reducción de la pérdida de agua los resultados del tratamiento T3 presentes en la investigación, establecieron que fue favorable en mantener un porcentaje de pérdida de peso con menor rango de variabilidad. Del mismo modo se atribuyó a la capacidad del quitosano para formar una barrera estable y uniforme en la superficie de los cubos de papaya, soluciones de mayores concentraciones tienden a formarse más densas y, por esta razón, películas permeables en la superficie de la fruta como demuestra González et al. (2009).

En la presente investigación el tratamiento T1 fue quien mayor peso perdió en el transcurso de los 20 días de almacenamiento poscosecha, acercándose al control (sin tratamiento) esto se debe al poco porcentaje de quitosano en el recubrimiento que se aplicó en T1 (0,75 %). Por otra parte la pérdida de peso se debe también al colapso de las paredes celulares y aumento de la permeabilidad de las células exteriores al vapor de agua según nos explica Orchard, E. y Dadzie, k. (1997).

## 4.2. SÓLIDOS SOLUBLES

Como resultado de la madurez de consumo en el banano en poscosecha, se determinó que existe variación altamente significativa ( $p < 0,05$ ) del control en comparación con los tratamientos de quitosano, como lo demuestra la Tabla 9 se observó variación altamente significativa ( $p < 0,05$ ) en la variable de bloqueo días de almacenamiento.

**Tabla 9.** ANOVA para sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix)

		Pruebas de efectos inter-sujetos			
Variable dependiente: $^{\circ}$ Brix		Tipo III de suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Origen	gl				
Total	24	400,473			
corrected					
Días	4	350,317	87,579	64,290	0,000**
Tratamientos	4	28,360	7,090	5,205	0,007**
Error	16	21,796	1,362		
a. R al cuadrado = .946 (R al cuadrado ajustada = .918)					

\*significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo



De igual manera se demuestra en la Tabla 10 que los tratamientos T1 y T4 mantuvieron menor contenido de sólidos solubles (°Brix) en comparación a los demás tratamientos con el control.

**Tabla 10.** Comparaciones múltiples sólidos solubles (°Brix)

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: °Brix					
T de Dunnett (<control) <sup>a</sup>					
(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS				
T1	CONTROL	-2,3367*	0,73817	0,010	-0,6071
T2	CONTROL	-1,7120	0,73817	0,052	0,0176
T3	CONTROL	-0,9847	0,73817	0,255	0,7449
T4	CONTROL	-3,0767*	0,73817	0	-1,3471

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

La HSD al 5 % de probabilidad de error situó al día cero en primera categoría estadística reflejando un contenido de sólidos solubles de 2,5347 (°Brix), seguido del día cinco en la segunda categoría. Mientras tanto el día diez y día 15 comparten la tercera categoría sin presentar mayor cambio, por lo último el día 20 queda en la cuarta categoría estadística con 13,6547 °Brix al término de los 20 días de almacenamiento poscosecha del banano como lo demuestra la Tabla 11.

**Tabla 11.** Prueba de Subconjunto homogéneo Tukey de sólidos solubles (°Brix)

Sólidos solubles °Brix					
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	N	Subconjunto			
DÍAS		1	2	3	4
Día 0	5	2,5347			
Día 5	5		5,6440		
Día 10	5			8,0727	
Día 15	5			9,6440	
Día 20	5				13,6547
Sig.		1,000	1,000	0,256	1,000

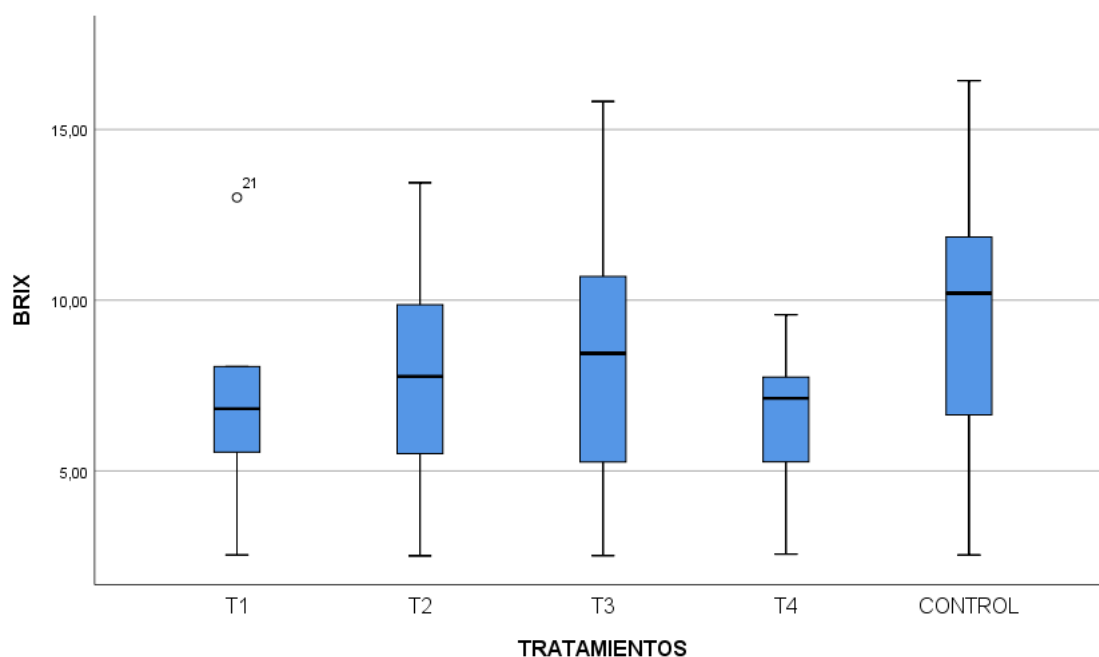
Números iguales según Tukey no difieren estadísticamente

Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Cada casilla muestra el rango de media de muestras de sólidos solubles.

En la Figura 4 se observó que todos los tratamientos están por debajo al control encontrando a los tratamientos T1, T2 y T4 con menor contenido de sólidos solubles (SST) al final de los 20 días de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C).

No obstante se encontró que los tratamientos T1 y T2 demostraron simetría en la representación de sus datos, sin embargo T1 tiene un menor rango estadístico y una menor variabilidad en el 50 % de sus datos, así como también T4 refleja una media con menor contenido de (°Brix), menor rango estadístico y una asimetría negativa en la representación de sus datos. Usando un análisis instrumental para el color del fruto, la determinación es más rigurosa y científica (Cajamar, G. C., 2014).



**Figura 4.** Diagrama de cajas y bigotes de contenido de sólidos solubles (°Brix)

En la presente investigación el contenido de sólidos solubles total (SST) aumentó encontrando a todos los tratamientos por debajo de la media de contenidos de (SST) del control como expuso el ANEXO 6, demostrando así que los tratamientos con porcentajes de quitosano fueron efectivos para mantener la maduración del fruto prolongada. Los sólidos solubles totales (SST) son importantes para la determinación de la calidad del fruto almacenado en poscosecha, según un estudio de Velásquez, H., López, M. y Cardona, L. (2005) durante la maduración de los bananos, el contenido de (SST) aumenta.

Del mismo modo el estudio realizado en bananos con recubrimientos de quitosano reflejó un aumento en el contenido de sólidos solubles, coincidiendo con la investigación de Fernandes, K., De Carvalho, V. y cal-Vidal, J. (1979)

quienes determinaron que la maduración de la fruta son cambios químicos como la hidrólisis del almidón y la concentración de azúcares, además registraron el porcentaje de sólidos solubles indicando una aceleración en el índice de madurez del banano, no obstante una investigación de recubrimientos comestibles en mango cortado no encontraron diferencia significativa en los sólidos solubles (Castro et al. 2018).

Resulta claro, que el incremento en sólidos solubles totales posiblemente se debe a un efecto de concentración provocada por la pérdida de agua en el banano, donde se registró a partir del día cinco un contenido de 5,64 °Brix, aumentando a 8,07 °Brix en el día diez para finalmente llegar a un 13,65 °Brix al día 20 de almacenamiento poscosecha. Algo semejante reportó Castro et al. (2014), donde la incidencia de pérdida de agua en papaya señaló un incremento en el contenido total de sólidos solubles totales. Los sólidos solubles totales (SST) son una característica de la calidad poscosecha, debido a la cantidad de SST en las frutas aumenta a medida que éstas maduran (Velásquez, H., López, M. y Cardona, L. 2005).

### **4.3. COLOR**

Se demuestra variabilidad altamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre el control y los tratamientos con el recubrimiento de quitosano como se muestra en la Tabla 12 donde también se observó diferencia altamente significativa ( $p < 0,05$ ) en la variable de bloqueo días de almacenamiento poscosecha del banano. Por lo consiguiente todos los tratamientos presentan menor luminosidad que el control demostrando así que el quitosano si tuvo efecto en la maduración del banano.

Como consecuencia en referencia al acápite 3.9.1 la longitud  $a^*$  registró en la Tabla 15 variabilidad altamente significativa ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos en comparación al control, además se reportó diferencia altamente significativa ( $p < 0,05$ ) en la variable de bloqueo días de almacenamiento. No obstante en la longitud  $b^*$  no existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos con recubrimiento en comparación con el control, del mismo modo no existió

variabilidad significativa ( $p < 0,05$ ) para la variable de bloqueo días de almacenamiento poscosecha según se observó en la Tabla 18.

#### 4.3.1. Longitud luminosidad

De acuerdo con la Tabla 12 existe variabilidad altamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre el control y los tratamientos con recubrimiento de quitosano. De igual manera hay diferencia altamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre la variable de bloqueo días de almacenamiento.

**Tabla 12.** ANOVA para longitud luminosidad

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Variable dependiente: Longitud luminosidad						
Origen	gl	Tipo III de suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.	
Total corregido	24	328,190				
Días	4	142,153	35,538	6,697	0,002**	
Tratamientos	4	101,126	25,282	4,764	0,010**	
Error	16	84,911	5,307			
a. R al cuadrado = ,741 (R al cuadrado ajustada = ,612)						

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

De la misma forma en la Tabla 13 se observó que no hubo mayor diferencia de luminosidad entre los tratamientos y el control.

**Tabla 13.** Comparaciones múltiples de longitud luminosidad

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Luminosidad						
T de Dunnett (>control) <sup>a</sup>						
(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS				Límite inferior	
T1	CONTROL	-3,5420	1,45698	1,000	-6,9557	
T2	CONTROL	-5,5960	1,45698	1,000	-9,0097	
T3	CONTROL	-1,2387	1,45698	,964	-4,6524	
T4	CONTROL	-4,0727	1,45698	1,000	-7,4864	

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

La HSD al 5 % de probabilidad de error indica en la Tabla 14 que el día cero, se situó en la primera categoría estadística, el día cinco y día diez se sitúan en la segunda categoría estadística y por último se ubicó en la tercera categoría estadística el día diez, día 20 y día 15 con una longitud de luminosidad de 56,1587, sin embargo registró un descenso hasta el día 20 terminando con una longitud de luminosidad de 55,4667 en almacenamiento poscosecha (ANEXO 7, ANEXO 8).

**Tabla 14.** Prueba de Subconjunto homogéneo Tukey de longitud luminosidad

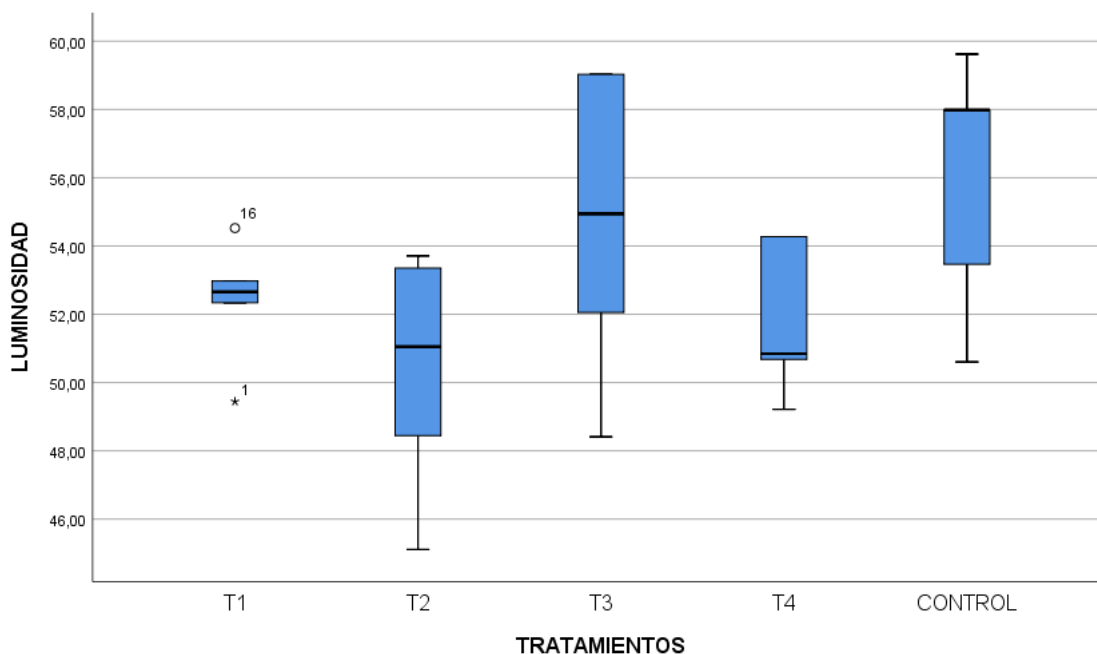
Luminosidad				
HSD Tukey <sup>a,b</sup>		Subconjunto		
DÍAS	N	1	2	3
Día 0	5	50,0380		
Día 5	5	51,2320	51,2320	
Día 10	5	52,3087	52,3087	52,3087
Día 20	5		55,4667	55,4667
Día 15	5			56,1587
Sig.		0,542	0,067	0,109

Números iguales según Tukey no difieren estadísticamente

Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Cada casilla muestra el rango de media de muestras de luminosidad.

Como se determinó en la Figura 5, T2 es el tratamiento de menor luminosidad y, el T3 es el que más se aproximó al control; se registraron todos los tratamientos por debajo del control. Los recubrimientos minimizan el cambio en el color de los frutos frescos, al incorporar agentes anti pardeantes es posible potencializar el efecto, reduciendo la actividad enzimática (García, E. y Barrett, D. 2002).

**Figura 5.** Diagrama de cajas y bigotes de longitud de luminosidad

Es conveniente señalar que el T2 y T4 son los tratamientos que presentaron mayor aproximación al color verde según la metodología de colorimetría, quedando demostrado la prolongación en la maduración con aplicación de porcentajes de quitosano en el recubrimiento. Se encontró al tratamiento T2 con

una representación simétrica de los datos donde la media se encuentra muy por debajo del tratamiento de control, no obstante se observó a T4 con un menor rango estadístico pero presentando asimetría positiva en la representación de sus datos.

El color es la propiedad óptica en los alimentos de gran importancia, mediante un análisis instrumental del fruto, la determinación es más rigurosa y científica según Cajamar, G. C. (2014), por esta herramienta instrumental Carrillo et al. (2019), pudieron determinar que el tratamiento con deshidratación forzada de banano pudo mantener un color más natural que el proceso deshidratado por convección natural.

Mientras que la presente investigación obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos y el control donde aumentó su valor de longitud  $L^*$  hasta el día 15 de almacenamiento registrando 56,1587 de longitud  $L^*$ . Sin embargo se registró una baja hasta el día 20 con un valor de longitud  $L^*$  de 55,4667. La disminución de su valor implica que el banano se tornó menos brillante hasta el día 20 de almacenamiento como podemos observar en el ANEXO 5, en contra posición a la investigación de Castro et al. (2018), donde no encontraron diferencia significativa entre los tratamientos con y sin recubrimiento en mango cortado.

Como resultado en la investigación el tratamiento T2 reportó menor valor  $L^*$  al final de los 20 días de almacenamiento, debido a la concentración baja en  $O_2$  y alta de  $CO_2$  reduce la actividad de clorofilasa como resultado del recubrimiento de quitosano según Stewart, O., Raghavan, G., Golden, K. y Gariepy, Y. (2005). Cabe destacar la investigación de Jafarizadeh et al. (2011) donde demostró que aplicando recubrimientos de quitosano en banano se puede modificar la resistencia a los gases  $CO_2$  y  $O_2$  provocando la disminución lenta del contenido de clorofila como resultado de la clorofilasa en la cáscara de banano y así poder retardar la maduración, de la misma forma en la presente investigación.

Con respecto al presente trabajo se obtuvo mejores resultados con el tratamiento T2 al 1,00 % de quitosano de 95 % de grado de desacetilación donde se registró un valor de longitud  $L^*$  de 53,71 al término de 20 días de almacenamiento.

Mientras que González et al. (2009), encontraron en su investigación que el valor de longitud  $L^*$  disminuyó significativamente hasta el tercer día de almacenamiento para el control y las frutas tratadas con quitosano. Sin embargo, una disminución menor fue observada para la papaya cortada y tratada con quitosano con medio peso molecular al 0.01 g/mL-1.

Finalmente el tratamiento T2 reportó una longitud  $L^*$  de 53,35 hasta el día 15, seguida de un leve aumento del 0,67 % en su brillo terminando con un valor de longitud  $L^*$  de 53,71 al término de los 20 días de almacenamiento debido a un recubrimiento de 1,00 % de quitosano al 95 % de grado de desacetilación. Tal es el caso de la investigación realizada por Arce, K., Ortega, K., Ochoa-Martinez, C. y Vélez, C. (2016), aplicaron un recubrimiento de proteína de lactosuero más quitosano en banano, obteniendo como resultado un disminución pronunciada en el parámetro  $L^*$  (quitosano 1,2 %- proteína de lactosuero 3 %),

#### 4.3.2. Longitud $a^*$

En lo que se refiere a la Tabla 15 se observó que existe variabilidad altamente significativa ( $p < 0,05$ ) para el control en comparación a los tratamientos con el quitosano, al mismo tiempo existe diferencia altamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre la variable de bloqueo días de almacenamiento. De modo que el tratamiento T1 (0,75 % quitosano) y T2 (1,00 % quitosano) mantuvieron menor cambio de longitud  $a^*$  en diferencia al control.

**Tabla 15.** ANOVA para longitud  $a^*$

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Longitud A					
Origen	gl	Tipo III de suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Total corregido	24	341,217			
Días	4	270,880	67,720	32,840	0,000**
Tratamientos	4	37,343	9,336	4,527	0,012**
Error	16	32,994	2,062		

a. R al cuadrado = ,903 (R al cuadrado ajustada = ,855)

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

Por su parte en la Tabla 16 se indicó que los tratamientos T1 y T2 mantuvieron mejor respuesta para retener la maduración del banano al conservar mayor coloración verde en comparación al control sin ningún recubrimiento.

**Tabla 16.** Comparaciones múltiples de longitud a\*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: longitud a*						
T de Dunnett (>control) <sup>a</sup>						
(I)	(J)	Diferencia de medias	Desv.	Sig.	Intervalo	de
TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS	(I-J)	Error		confianza al 95%	
					Límite inferior	
T1	CONTROL	3,4840*	0,90822	0,003	1,3560	
T2	CONTROL	2,1447*	0,90822	0,048	0,0167	
T3	CONTROL	0,5960	0,90822	0,534	-1,5320	
T4	CONTROL	1,2773	0,90822	0,231	-0,8506	

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

La HSD al 5 % de probabilidad de error indicó en la Tabla 17 que en el día 20 se ubicó en la primera categoría estadística, el día diez y día 15 se ubicaron en la segunda categoría estadística (ANEXO 9), mientras que la tercera categoría estadística la conformaron el día diez y día cinco. Por último el día cinco y día cero se situaron en la cuarta categoría estadística con mayor longitud a\*.

**Tabla 17.** Prueba Subconjunto homogéneo longitud a\*

Longitud a*					
HSD Tukey <sup>a,b</sup>					
DÍAS	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
Día 20	5	5,6807			
Día 15	5	6,9947	6,9947		
Día 10	5		9,7460	9,7460	
Día 5	5			12,2873	12,2873
Día 0	5				14,6133
Sig.		0,609	0,053	0,082	0,126

Números iguales según Tukey no difieren estadísticamente

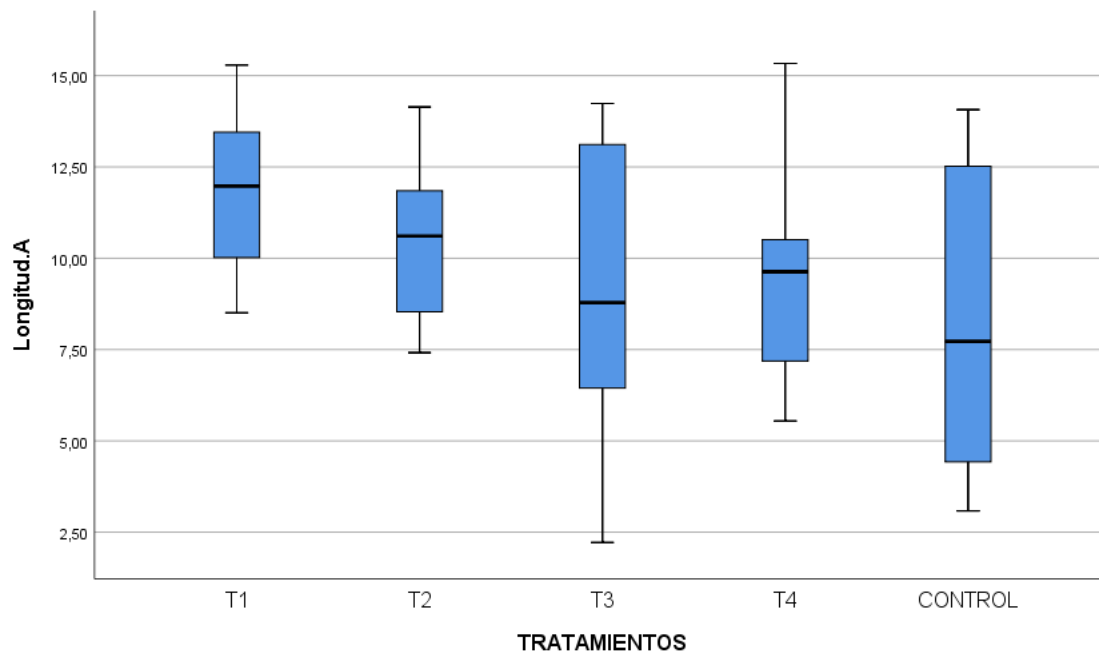
Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Cada casilla muestra el rango de media de muestras de sólidos longitud a\*.

Sin bien es cierto los tratamientos con quitosano a diferente porcentaje retardaron la maduración del banano y superaron en longitud a\* al control, en la Figura 6 se observó que el T1 (0,75 % quitosano) y T2 (1,00 % quitosano) se encuentran por encima de los demás tratamientos, presentando mejor longitud a\*, debido a que mantienen una mayor coloración verde, indicando su maduración retardada gracias a la película de recubrimiento de quitosano, registró una longitud a\* negativa de 6,9947 para el día 15 y 5,6807 de longitud a\* en el día 20 de almacenamiento poscosecha como indica el ANEXO 10.



Los resultados demostraron que los tratamientos T1 y T2 reportaron una media mayor a los demás tratamientos, sin embargo el T2 mantiene un menor rango estadístico reflejando una asimetría positiva en la representación de sus datos.



**Figura 6.** Diagrama de cajas y bigotes longitud a\*

Finalmente la presente investigación registró un aumento de longitud a\* negativo manteniendo un color verde, indicando una maduración retardada. Cabe destacar que los valores de longitud a\* son negativos para los tratamientos T1 y T2 con un valor de 8,51 y 7,41 respectivamente según se registró en el ANEXO 10, al término de los 20 días de almacenamiento poscosecha. Así mismo la investigación de Arce et al. (2016), González et al. (2009), registraron una maduración retardada debido al recubrimiento de quitosano que se aplicó en la fruta manteniendo un contenido bajo de O<sub>2</sub> y alto en CO<sub>2</sub> de esta manera lograron retardar la maduración

#### 4.3.3. Longitud b\*

No existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos con recubrimientos en comparación con el control. Así como también no existió variabilidad significativa ( $p < 0,05$ ) en la variable de bloqueo días de almacenamiento poscosecha según la Tabla 18.

**Tabla 18.** ANOVA para longitud b\*

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Longitud b*					
Origen	gl	Tipo III de suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Total corregido	24	114,643			
Días	4	24,329	6,082	1,504	0,248NS
Tratamientos	4	25,588	6,397	1,581	0,227NS
Error	16	64,726	4,045		
a. R al cuadrado = ,435 (R al cuadrado ajustada = ,153)					

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

#### 4.4. FIRMEZA

Como se demostró en la Tabla 19 existe variabilidad altamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos y el control. De igual manera se determinó diferencia altamente significativa ( $p < 0,05$ ) para la variable de bloqueo días de almacenamiento.

**Tabla 19.** ANOVA para firmeza

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Firmeza					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Total corregido	292,061	24			
Días	253,059	4	63,265	100,263	0,000**
Tratamientos	28,906	4	7,227	11,453	0,000**
Error	10,096	16	0,631		
Total	3480,471	25			
a. R al cuadrado = ,965 (R al cuadrado ajustada = ,948)					

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

Según se demostró en la Tabla 20 todos los tratamientos mantienen mejores resultados en comparación al control. La ruptura de la cáscara desencadena procesos bioquímicos y físicos que pueden provocar la degradación de textura, sabor y aroma del producto, así como alteraciones de origen microbiano disminuyendo la vida útil (Zhan, L., Hu, J. y Zhu, Z. 2011). En una investigación realizada por Jafarizadeh, H., Osman, A., Tan, C. y Abdul, R. (2011) demostraron que la aplicación de recubrimientos sobre la superficie en frutos, crean una barrera que reemplaza a la capa cerosa de protección y genera una película selectiva a los gases  $O_2$  y  $CO_2$ , la cual modifica la atmósfera interna que retarda la senescencia y pérdida de firmeza.

**Tabla 20.** Comparaciones múltiples de firmeza

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Firmeza						
T de Dunnett (>control) <sup>a</sup>						
(I)	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
TRATAMIENTOS					Límite inferior	
T1	CONTROL	2,1220*	,50239	0,001	0,9449	
T2	CONTROL	1,3780*	,50239	0,023	0,2009	
T3	CONTROL	1,3080*	,50239	0,031	0,1309	
T4	CONTROL	3,2780*	,50239	0,000	2,1009	

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

La HSD al 5 % de probabilidad de error indica en la Tabla 21 situó a los días 15 y 20 en la primera categoría estadística debido a que presentaron una menor firmeza, por lo consiguiente el día 10 en la segunda categoría estadística seguido del día cinco en la tercera categoría estadística y por último el día cero se ubicó en la cuarta categoría estadística con la mayor firmeza de 16,4720 N.

**Tabla 21.** Subconjunto homogéneo firmeza

Firmeza					
HSD Tukey <sup>a,b</sup>					
Días	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
Día 15	5	8,1380			
Día 20	5	8,1380			
Día 10	5		10,5860		
Día 5	5			13,1320	
Día 0	5				16,4720
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Números iguales según Tukey no difieren estadísticamente

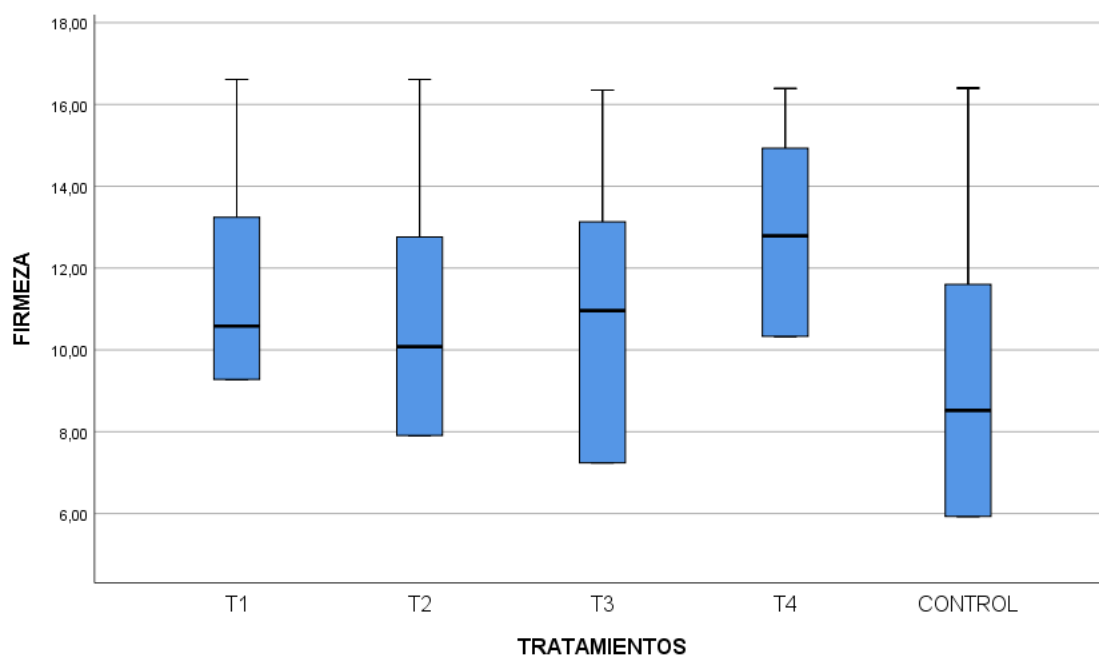
Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Cada casilla muestra el rango de media de muestras de firmeza.

En la Figura 7 se observa que todos los tratamientos con diferentes porcentajes de quitosano mantuvieron una mayor firmeza en el transcurso de los 20 días de almacenamiento poscosecha.

En función a lo planteado se determinó que los tratamientos T3 y T4 mantuvieron mayor firmeza al transcurso de los 20 días de almacenamiento poscosecha, a diferencia de los tratamientos con menor porcentaje de quitosano que se acercaron más al control, sin embargo todos los porcentajes de quitosano demostraron mantener la firmeza en el banano almacenado. Cabe mencionar que los tratamientos T3 (1,25 % quitosano) y T4 (1,50 % quitosano) mantuvieron mayor firmeza que los demás tratamientos en comparación al control, sin

embargo T4 reportó una media de mayor firmeza, con menor rango estadístico y una simetría en la representación de sus datos.



**Figura 7.** Diagrama de cajas y bigotes para firmeza

Es importante considerar que las películas de recubrimiento con diferentes porcentajes de quitosano de la presente investigación fueron efectivas en mantener la textura instrumental del banano, por una parte Castro et al. (2018), determinó que la fuerza de penetración fue mayor en mangos cortados a partir del día 8 para las muestras recubiertas con quitosano, en oposición a la menor fuerza de penetración se registró para las muestras de mango recubiertas con ácido salicílico y cinamaldehído + timol. Según García et al. (2017), los recubrimientos a base de quitosano incorporándole cinamaldehído fueron eficaces en reducir el proceso de senescencia de los frutos de pera.

Con respecto a la firmeza instrumental del banano en todos los tratamientos recubiertos con diferentes porcentajes de quitosano, disminuyeron en la fuerza máxima de penetración, sin embargo el tratamiento T4 (1,50 % quitosano) obtuvo una mayor firmeza al término de 20 días de almacenamiento, tal es el caso de Castro et al. (2014), que obtuvo mayor firmeza en los trozos de papaya tratados con quitosano al 100 % pasando de un valor de 0,78 N en promedio para el día cero, a un valor de 1,9 N para el día 12 de almacenamiento. Por otra parte

Orchard, E. y Dadzie, k. (1997), señalan que los posibles daños mecánicos son uno de los principales factores que conllevan al deterioro poscosecha de los bananos.

Es importante señalar que como resultado de la aplicación de recubrimiento de quitosano en banano, se reportó una disminución del 50,59% en firmeza con 16,47 N desde el día cero, a 8,138 N al día 15, manteniéndose en 8,138 N hasta el día 20 de almacenamiento poscosecha. En referencia a Cardona, L. y Velásquez, H. (2012), donde señalan que los bananos sufren cambios de textura bajo condiciones normales de almacenamiento a medida que pasa el proceso de maduración. La fruta crujiente, dura y verde se convierte en una fruta amarilla con la pulpa interna tierna y suave en la etapa óptima de madurez, y se torna blanda a medida que progresa la senescencia.

En definitiva la presente investigación el tratamiento T4 con recubrimiento de 1,50 % de quitosano reportó el día cero una fuerza máxima de penetración de 16,34 N hasta el día 20 de almacenamiento poscosecha donde registró una firmeza de 10,33 N de fuerza máxima de penetración. Igualmente demostró Pauta, D. Sapper, M. y Chiralt, A. (2018), donde observaron ligeramente una mejor preservación de la firmeza aplicando recubrimientos de almidón y gelano (80:20) en manzanas, mientras que González et al. (2009), observaron que los recubrimientos de quitosano de ligero y medio peso molecular lograron mantener la firmeza en la papaya fresca debido a que el quitosano formó una barrera protectora manteniendo una rigidez en la fruta.

#### **4.5. RECUESTO MICROBIOLÓGICO DE MOHOS Y LEVADURAS**

En la Tabla 22 se demostró que existió diferencia altamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos con relación al control, sin embargo no existió diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) para la variable de bloqueo días de almacenamiento del banano con recubrimiento de quitosano.

**Tabla 22.** ANOVA para mohos y levaduras

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Recuento de mohos y levaduras					
Origen	gl	Tipo III de suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Total corregido	24	0,755			
Días	4	0,116	0,029	2,431	0,090NS
Tratamientos	4	0,448	0,112	9,363	0,000**
Error	16	0,191	0,012		

a. R al cuadrado = ,747 (R al cuadrado ajustada = ,620)

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

Como se observa en la Tabla 23 todos los tratamientos con diferentes porcentajes de quitosano mantuvieron mejor respuesta en comparación con el control, demostrando así que redujeron la actividad microbiana al recubrir el banano y almacenarlo a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C) durante 20 días en almacenamiento poscosecha. Debido a que el recubrimiento de quitosano tiene ventajas por ser biodegradable, biocompatibles y no tóxico, que actúan como barrera anti humedad (Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Cháfer, M. y Chiralt, A. 2008).

**Tabla 23.** Comparaciones múltiples de mohos y levaduras

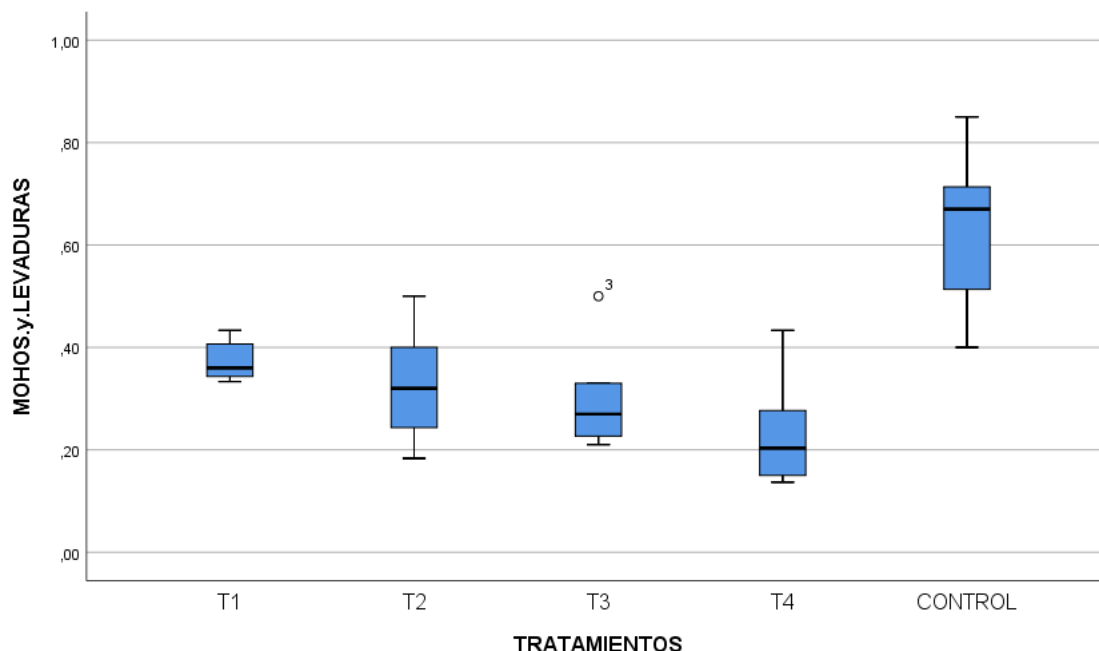
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: mohos y levaduras						
T de Dunnett (<control) <sup>a</sup>						
(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	de	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
T1	CONTROL	-0,2540*		0,06916	0,004	-0,0920
T2	CONTROL	-0,3000*		0,06916	0,001	-0,1380
T3	CONTROL	-0,3220*		0,06916	0,000	-0,1600
T4	CONTROL	-0,3893*		0,06916	0,000	-0,2273

\*Significativo, \*\* altamente significativo, NS no significativo

En la Figura 8 se observó que todos los tratamientos se encuentran por debajo del contenido microbiológico del control, demostrando así que todos los porcentajes de quitosano utilizados en el banano fueron efectivos de igual forma.

Los tratamientos T3 y T4 con mayor porcentaje de quitosano fueron los que menor contenido de mohos y levaduras mantuvieron al transcurso de los 20 días de almacenamiento poscosecha. De igual manera los tratamientos T1 y T2 se encontraron muy por debajo del contenido microbiológico del control. No obstante

el T2 reportó una simetría en la representación de sus datos, por el contrario T4 consiguió una media por debajo de todos los tratamientos, con menor rango estadístico y asimetría positiva en la representación de sus datos.



**Figura 8.** Diagrama de cajas y bigotes de mohos y levaduras

Los recubrimientos con diferentes porcentajes de quitosano en la presente investigación ayudaron en mitigar la proliferación de microorganismos presentes en los bananos almacenados, el tratamiento T4 con 1,50 % de quitosano registró 0,28 Log UFC/g al final de los 20 días de almacenamiento, coincidiendo con García et al. (2017), que adquirió resultados positivos con películas de recubrimiento en peras, donde el tratamiento a base de quitosano 1,50 % y cinamaldehído 0,5 % inhibió el crecimiento de hongos a partir del día cinco del periodo de estudio cuando no presentó datos en el recuento, pese a que en el día cero tenía 0,8 Log UFC/g.

Es importante acotar que el presente estudio obtuvo un recuento de mohos y levaduras de 0,28 UFC/g en el día cero reportando una disminución a 0,14 UFC/g hasta el día cinco de almacenamiento. Del mismo modo Castro et al. (2014), registró la reducción de las unidades formadoras de colonias ( $\log \text{UFC g}^{-1}$ ) para las papayas tratadas con recubrimientos compuestos mayoritariamente o únicamente por quitosano, al mismo tiempo la investigación de García et al.

(2017) donde el día cero reportó 0,8 UFC/g y al transcurso de cinco días de almacenamiento no obtuvo datos.

Evidentemente el presente estudio determinó la influencia positiva en la aplicación de recubrimientos con diferentes porcentajes de quitosano tal es el caso de T4 con 1,50 % de quitosano al 95% de grado de desacetilación resultó ser el más efectivo. De hecho la investigación de Castro et al. (2014), demostró a medida que a la concentración de quitosano se presenta una inhibición microbiana más alta. Habitualmente los fungicidas que se usan para control de podredumbres fúngicas en frutas y vegetales son fungicidas químicos que habitualmente generan contaminación y preocupación en la salud pública, es por esto que Tripathi, P y Dubey, N. (2004), plantean en su investigación el uso de fungicidas no químicos como el quitosano.

Con respecto al presente estudio se reportó 0,28 UFC/g al término de 20 días de almacenamiento del banano. Por otra parte Hurtado, G. (2016), indicó en su estudio aplicado en banano (*Musa acuminata*) que las podredumbres más severas fueron causadas por *Colletotrichum* sp. y *Lasiodiplodia* sp. En el caso del *Colletotrichum* se mostraron manchas alargadas y hundidas alrededor de la herida color café oscuro, mientras que Xoca et al. (2019), demostró que la efectividad antifúngica del recubrimiento de quitosano fue óptima a la concentración de 1,50 % p/v en aguacate. Este tratamiento permitió un alto porcentaje de inhibición de crecimiento micelial y reducción de la esporulación y germinación para cepas de *Colletotrichum* sp.

Cabe mencionar que el quitosano demostró su influencia en retardar la maduración del banano, con 1,25 % de quitosano se pudo mantener una menor reducción en el peso final del producto, de igual manera los tratamientos con 1,50 % quitosano mantuvieron menor contenido de sólidos solubles totales (°Brix) debido a una baja actividad de consumo de azúcares y pérdida de humedad. Sin embargo en lo que respecta al color del fruto, todos los tratamientos mostraron una reducción en el consumo de la clorofila en la cáscara, producto de la clorofilasa dando como resultado una luminosidad de 53,71 al término de 20 días de almacenamiento debido a 1,00 % de quitosano en el recubrimiento.



Si bien es cierto, todos los tratamientos del presente estudio lograron mantener una mayor coloración verde, la medición instrumental del color manifestó como resultado un valor negativo de longitud  $a^*$  de 8,51 para el tratamiento T1 con 0,75 % de quitosano y 7,41 para el tratamiento T2 con 1,00 % de quitosano, demostrando así su maduración retardada. Por otra parte el tratamiento con mayor rigidez en su fruto fue el T4 con 1,50 % de quitosano, quien reportó una fuerza máxima de penetración de 10,33 N en los bananos al término de 20 días de almacenamiento poscosecha.

Finalmente se estableció que los tratamientos con diferentes porcentajes de quitosano fueron efectivos en mitigar el crecimiento de mohos y levaduras presentes en el banano almacenado a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C) durante 20 días. Según el estudio de Vintimilla, M. y Ávila, L. (2001), la pudrición de corona es la principal enfermedad poscosecha, causante de la pérdida de calidad del banano de exportación y generalmente ha sido controlada por fungicidas sintéticos. No obstante en el presente estudio se utilizó un fungicida orgánico y se logró determinar que a medida que se aplican mayores porcentajes de quitosano de 95 % en grado de desacetilación en el recubrimiento, se alcanzó mejores resultados al reportar bajo contenido microbiano siendo el tratamiento T4 con 0,28 UFC/g el que menor carga microbiana presentó en el fruto.

El uso de los agroquímicos provoca que las aguas de la zona cercana a las bananeras se pongan más ácidas, tengan más turbiedad, y niveles más altos de fósforo (Rossi, D., 2013). Sin embargo se pueden aplicar alternativas de fungicidas orgánicos procedentes del quitosano. En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se confirma la hipótesis planteada en la presente investigación, demostrando que los mayores concentraciones de quitosano con 95 % de grado de desacetilación aplicados en banano si influyen en las características físicas y antimicrobianas en el fruto almacenado 20 días a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C).

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- Los diferentes porcentajes para postergar la maduración del banano tuvieron una influencia positiva con los mayores porcentajes de quitosano (1,00 % y 1,25 %) correspondiente al tratamiento T2 y T3. En definitiva, las características físicas fueron influenciadas favorablemente a partir de 1,00 % de quitosano correspondiente al T2, con un porcentaje de pérdida de peso de 1,46 %, SST de 13,44 °Brix, longitud de L\* 53,71 y firmeza de 7,91 N. En relación a la pérdida de peso T3 demostró un menor porcentaje de 1,44 %.
- El mejor tratamiento fue T4 debido a que reportó un valor de, SST de 9,57 °Brix, longitud L\* 54,27 y firmeza de 10,33 N al término de 20 días de almacenamiento poscosecha a temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C).
- En cuanto a la influencia del quitosano en la mitigación del desarrollo microbiano, el tratamiento T4 con 1,50 % de quitosano mostró mayor inhibición microbiana debido a la mayor concentración en comparación a los demás tratamientos.
- El testigo fue inferior en relación a las variables físicas y microbiológicas en proporción a los tratamientos estudiados.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar recubrimientos a base de materiales orgánicos como el quitosano de 95% de grado de desacetilación en porcentajes de 1,50 % para la conservación de alimentos en poscosecha.
- Realizar un estudio con diferentes porcentajes de quitosano a partir de 1,00 % en demás productos hortofrutícolas del Ecuador para determinar la factibilidad de elaborar recubrimientos comestibles a base de quitosano aplicadas para la conservación de mayor variedad de frutas almacenadas en poscosecha.
- Desarrollar emulsiones con diferentes materias primas combinadas con quitosano en concentraciones de 1,00 % hasta 1.50 %.
- Desarrollar investigaciones con diferentes disolventes para el quitosano en comparación al efecto del ácido acético glacial utilizado.
- A mayor porcentaje de quitosano, aplicar mayor tiempo en la agitación de la preparación de la emulsión, para una mayor disolución de los grumos que se formasen en la mezcla.
- Investigar la manera práctica de aplicar el recubrimiento a los frutos en su conservación y tener en cuenta no sólo la calidad, sino también elementos como la evaluación sensorial de éstos por parte del consumidor.
- Comparar los recubrimientos de 1,50 % de quitosano al 95 % de grado de desacetilación con recubrimientos a base de otros compuestos orgánicos que puedan mitigar la putrefacción de corona del banano almacenado en poscosecha.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdollahi, M., Rezaei, M. y Farzi, G. (2012). Improvement of active chitosan film properties with rosemary essential oil for food packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(4), 847-853.
- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. Agrocalidad. (2014). *Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de banano*. Recuperado de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf>
- AOAC. (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arce, K., Ortega, K., Ochoa-Martinez, C. y Vélez, C. (2016). Propiedades poscosecha del banano Gross michel recubierto con proteína de lactosuero y quitosano. *Vitae*, 23(Supl 1), S749-S753. Recuperado de: <https://search.proquest.com/openview/59659171e5fd46fb7c9812022ac84128/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>
- Armijos, E. (2017). *Análisis de la producción de banano orgánico ecuatoriano y su participación en el mercado europeo periodo 2010-2015*, (tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Arora, A. y Padua, G. (2010). Nanocomposites in food packaging. *Journal of Food science*, 75(1), 43-49.
- Baldwin, E., Nisperos, M., Hagenmaier, R. y Baker, R. (1997). Use of lipids in edible coatings for food products. *Food Technol*, 51(6), 56-62.
- Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A., del Valle, M., Bosquez-Molina, E., y Sánchez-Domínguez, D. (2005). Quitosano: una alternativa natural para reducir microorganismos pos cosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha*, 7(1), 1-6.
- Bello, F., Eyman, L., Almirón, N., Cocco, A., y Torres, F. (2015). Cartillas para determinar el índice de color de mandarinas y naranjas. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Entre Ríos. Estación Experimental Agropecuaria Concordia*.

- Bosquez, E., Vernon, E. J., Pérez, L., y Guerrero, I. (2000). Películas y cubiertas comestibles para la conservación en fresco de frutas y hortalizas. *Industria Alimentaria*, 22(1), 14-36.
- Brody, A., Bugusu, B., Han, J., Sand, C. y Mchugh, H. (2008). Innovative food packaging solutions. *Journal of food science*, 73(8), 107-116.
- Cajamar, G. C. (2014). *Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria*.3. Grupo Corporativo Cajamar. 3. Recuperado de: <https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/fichas-de-transferencia/parametros-de-calidad-externa-en-la-industria-agroalimentaria/#>
- Campos, C., Gerschenson, L. y Flores, S. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and bioprocess technology*. 4(6), 849-875.
- Cardona, L. y Velásquez, H. (2012). Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia*. Corporación Universitaria Lasallista. Recuperado de: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/136>
- Carrillo-Carrillo, M., Castorena-Alemán, D., y García-Jiménez, L. (2019). Deshidratación de plátano (*Musa paradisiaca*) por medio de radiación solar en un secador directo. *Revista de Sistemas Experimentales*. 6(19), 19-23. doi: 10.35429/JOES.2019.19.6.19.23
- Castro, M, Rivadeneira, C. y Santacruz, S. (2018). Recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales para la conservación de mango cortado. *Revista de la Universidad del Zulia*, 7(18), 55-68.
- Castro, M., Rivadeneira, C., Mantuano, I., Santacruz S. y Ziani, K. (2014). Aplicación de recubrimientos Comestibles a Base de quitosano y áloe vera sobre Papaya (*Caríea Papayal*. ev. "Maradol") Cortada. *Revista de la Facultad de ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato*, 22(2), 05-12.
- Dadzie, B., y Orchard, J. (1997). *Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos*. Montpellier: Inibap.

- Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2018). Boletín de inteligencia de Mercados. Recuperado de: <https://www.proecuador.gob.ec/boletin-de-inteligencia-de-mercados-enero-febrero-2018>.
- Djioua, T., Charles, F., Freire Jr, M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M., y Sallanon, H. (2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International journal of food science & technology*, 45(4), 849-855.
- Dutta, P., Tripathi, S., Mehrotra, G., y Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*. 114(4), 1173-1182.
- Eum, H., Hwang, D., Linke, M., Lee, S. y Zude, M. (2009). Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Sapphire'). *European Food Research and Technology*, 229(3), 427-434.
- Falla, F., y Ramón, M. (2019). *Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca)*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú.
- FAO. (1989). *Manual para el mejoramiento de manejo poscosecha de frutas y hortalizas*. Serie tecnología poscosecha 7. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x5056s/x5056S00.htm>
- Fernandes, K., De Carvalho, V. y Cal-Vidal, J. (1979). Physical changes during ripening of silver bananas. *Journal of food scienc*, 44(4), 1254-1255.
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A., y Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación pos cosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57.
- Fias, W., Lammertyn, J., Reynvoet, B., Dupont, P., & Orban, A. (2003). *Parietal representation of symbolic and nonsymbolic magnitude*. *Journal of cognitive neuroscience*, 15(1), 47-56.
- Gallo, A. (2016). *Estudio de propiedades fisicoquímicas y biológicas de películas bioactivas a base de quitosano y su efecto sobre la extensión de la vida útil de vegetales mínimamente procesados*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Villa María. Argentina.

- García, E. y Barrett, D. 2002. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. Recuperado de: O. Lamikanra (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market*. Boca Raton CRC. 267-304.
- García, C., Posligua, E., Mantuano, L., Basurto, M., Montes, G. y Delgado, L. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (*Pyrus communis* L. cv. "Bosc"). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 42-53.
- Greene, G., y Goos, R. (1963). Fungi associated with crown rot of boxed Bananas. *Phytopathology*, 53(3). 271-275.
- González-Aguilar, A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martínez-Téllez, M., Villegas-Ochoa, A. y Ayala-Zavala, F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya "Maradol". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 15-23. doi: 10.1002/jsfa.3405
- Gonzabay, R. (2017). Cultivo del banano en el Ecuador. *Revista Afese*, 58(58), pp. 115. Recuperado de: <http://www.revistaafese.org/ojsAfese/index.php/afese/article/view/317>
- Hernández-Lauzardo, A., Bautista-Baños, S., Velázquez-del Valle, M., Rodríguez, S., Corona-Rangel, M., Solano-Navarro, A. y Bosquez-Molina, E. (2005). Potencial del quitosano en el control de las enfermedades postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), 198-205.
- Hernández, H., Águila, E., Flores, O., Viveros, E., y Ramos, E. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y vacío*, 22(3), 57-60.
- Hernández, J., Gassós, L. y Garibaldi, Y. 2013. Colorimetría aplicada a los alimentos. (En línea). Ecuador. Recuperado de: <https://goo.gl/JPfUPL>
- Hurtado, G. (2016). *Estudio del uso de tratamientos hidrotérmicos para el control de las podredumbres durante el período poscosecha de banano (Musa acuminata) orgánico* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2012. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529-5. *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito. Recuperado de: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 1990. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529-7. *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonia*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito. Recuperado de: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización.). 2013. *Norma para el banano (plátano) (CODEX STAN 205-1997, MOD)*. Recuperado de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- Islam, M., Imtiaz, M., Alam, S., Nowshad, F., Shadman, S., y Khan, M. (2018). Artificial ripening on banana (*Musa Spp.*) samples: Analyzing ripening agents and change in nutritional parameters. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1477232. doi: <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1477232>
- Izumi, H., Watada, E., Ko, P. y Douglas, W. (1996). Controlled atmosphere storage of carrot slices, sticks and shreds. *Postharvest Biology and Technology*, 9(1), 65-172.
- Jafarizadeh, H., Osman, A., Tan, C. y Abdul, R. (2011). Development of an edible coating based on chitosan-glycerol to delay Berangan banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) ripening process. *International food research journal*, 18(3), 989-997.
- Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., Tussavil, P., Kaisangsri, N. y Matta, F. (2011). Effect of starch-based edible coatings on quality of minimally processed pummelo (*Citrus maxima* Merr.). *International Journal of fruit science*, 11(4), 410-423. doi: <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.630588>
- Lucio, A. y Pazmiño, R. (2015). Análisis del impacto tributario de la implementación de la Ley Orgánica de Incentivos a la Producción y Prevención del Fraude Fiscal en el sector bananero, (tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Lukezic, F., Kaiser, W., y Martinez, M. (1967). The incidence of crown rot of boxed bananas in relation to microbial populations of the crown tissue. *Canadian Journal of Botany*, 45(4), 413-421.
- Mardones, M., Olivares, S., Araneda, J. y Gómez, N. 2009. Etapas del cambio relacionadas con el consumo de frutas y verduras, actividad física y control del peso en estudiantes universitarios chilenos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(3), 304-309.



- Mathias-Rettig, K., y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro sur*. 42(2), 57-66.
- Ministerio de comercio exterior e Inversiones, Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2018). *Estudio de Mercado Banano en Alemania*. Recuperado de <https://www.proecuador.gob.ec/estudio-de-banano-en-alemania/>
- Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones, Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2013). *Análisis del sector cacao y elaborados*. Recuperado de [http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/08/PROEC\\_AS2013\\_CACAO.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/08/PROEC_AS2013_CACAO.pdf).
- Minolta, K. (2014). Entendiendo el espacio de color CIE L\* A\* B\*. *Recuperado de: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>*.
- Montalvo, C., López-Malo, A. y Palou, E. (2012). Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 6(2), 32-46.
- Orchard, E. y Dadzie, K. (1997). Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Bioversity International. Recuperado de: <https://books.google.es/books>
- Pauta, D. Sapper, M. y Chiralt, A. (2018). *Recubrimientos comestibles a base de almidón y goma de gelano para la conservación postcosecha de manzana* (tesis maestría). Universidad Politécnica de València, Valencia, España.
- Palacín, J. (2012). *Efectos de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico, n-acetil-cisteína en la calidad del plátano (musa paradisiaca)*, (tesis doctoral), Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Pérez-Gago, B., del Rio, M. y Rojas-Argudo, C. 2008. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Horticultura*. Recuperado de Interpresas.net (2019, mayo) recuperado de [www.interempresas.net/Horticola/Articulos/Actualidad/?sid](http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/Actualidad/?sid)
- Prudkin, C. y Pérez, O. (2016). Caracterización fisicoquímica de quitosano encapsulante para la liberación de insulina. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 7(4), 57-65.

- Rehm, S. y Espig, D. 1976. Cultivos del trópico y subtropico. Stuttgart : Ulmer Taschenbuch. 496.
- Rodríguez, N. (2012). Situación de la ciencia, la tecnología e innovación en el Ecuador. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, (7), 8. Recuperado de [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v1i7.610](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v1i7.610)
- Rodríguez-Pedroso, A., Ramírez-Arrebato, M., Rivero-González, D., Bosquez-Molina, E., Barrera-Necha, L. y Bautista-Baños, S. (2009). Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(3), 307-317.
- Romero, F., Madrid, M., y Pretil, M. (2007). Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. *Dpto. Tecnología de Alimentos, CEBAS-CSIC*, 91-96.
- Rossi, D. (2013). Los Agroquímicos usados en Las Plantaciones Bananeras y sus Efectos en el Agua, la Gente, y el Ambiente en la Comunidad de Changuinola, Bocas del Toro, Panamá. Independent Study Project (ISP). (1595). doi: [https://digitalcollections.sit.edu/isp\\_collection/1595](https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/1595)
- Salvador, A., Cuquerella, J. y Monterde, A. (2003). Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas fortune. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(2), 122-127.
- Sánchez, T., García, O. y Pinzón, M. (2012). Elaboración y Caracterización de Películas de Almidón de Yuca (*Manihot Esculenta*) Variedad Ica Cultivada en el Departamento de Quindío. *Vitae*, 19(1), 426-S429. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914134>
- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Cháfer, M. y Chiralt, A. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. Simposio llevado a cabo en *Memorias VIII Congreso SEAE "Alimentación y Agricultura Ecológica". Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Bullas, Murcia, España.*
- Santacruz, S., Castro, M., Mantuano, M. y Coloma, J. (2017). Utilization of Cassava starch edible films containing salicylic acid on papaya (*Carica papaya* L.) preservation. *Revista Politécnica*, 39(1), 7-12.
- Sauceda, E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 7(1), 153-170.

- Saxena, M., Saxena, J. y Pradhan, A. (2012). Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*, 16(2), 130-134.
- Snowdon, A. (1990). A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. *General introduction and fruits. Volume 1*. Wolfe Scientific Ltd. London. 302.
- Stewart, O., Raghavan, G., Golden, K., y Garipey, Y. (2005). MA storage of Cavendish bananas using silicone membrane and diffusion channel systems. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3), 309-317. doi: 10.1016/j.postharvbio.2004.10.003
- Tripathi, P. y Dubey, N. (2004). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest biology and Technology*, 32(3), 235-245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.11.005>
- Vázquez-Briones, M. y Guerrero-Beltrán, J. (2013). Recubrimientos de frutas con Biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 7(2), 5-14.
- Velásquez, H., López, M. y Cardona, L. (2005). Caracterización de propiedades mecánicas del banano (cavendish valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(2), 2975-2988.
- Vintimilla, M., y Ávila, L. (2001). *Estudio del comportamiento del EM5 sobre los hongos Colletotrichum y Fusarium, causantes de la pudrición de corona en banano de la Región Atlántica de Costa Rica*, (tesis de pregrado). Universidad Earth, Guácimo, Costa Rica.
- Xoca-Orozco, L., Aguilera-Aguirre, S., López-García, U., Gutiérrez-Martínez, P., y Chacón-López, A. (2019). Effect of chitosan on the in vitro control of Colletotrichum sp., and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. *Bio Ciencias*, 5(1). doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.05.01.13>
- Zavaleta, M., Echeverria, C., Sánchez-González, J., Lescano, L., León-Vargas, J. y Linares, G. (2018). *Cobertura de Quitosano y Aceite Esencial de Canela para la Conservación de fresa variedad aroma minimamente procesada*. V Congreso Internacional de Ingeniería Agroindustrial Universidad Privada

del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de:  
<https://doi.org/10.13140/rg.2.2.14799.33442>.

- Zhan, L., Hu, J. y Zhu, Z. (2011). Shelf life extension of minimally processed water caltrop (*Trapa acornis* Nakano) fruits coated with chitosan. *International journal of food science y technology*, 46(12), 2634-2640.
- Wang, H., Qian, J., y Ding, F. (2018). Emerging chitosan-based films for food packaging applications. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(2), 395-413 pág. doi: 10.1021/acs.jafc.7b04528

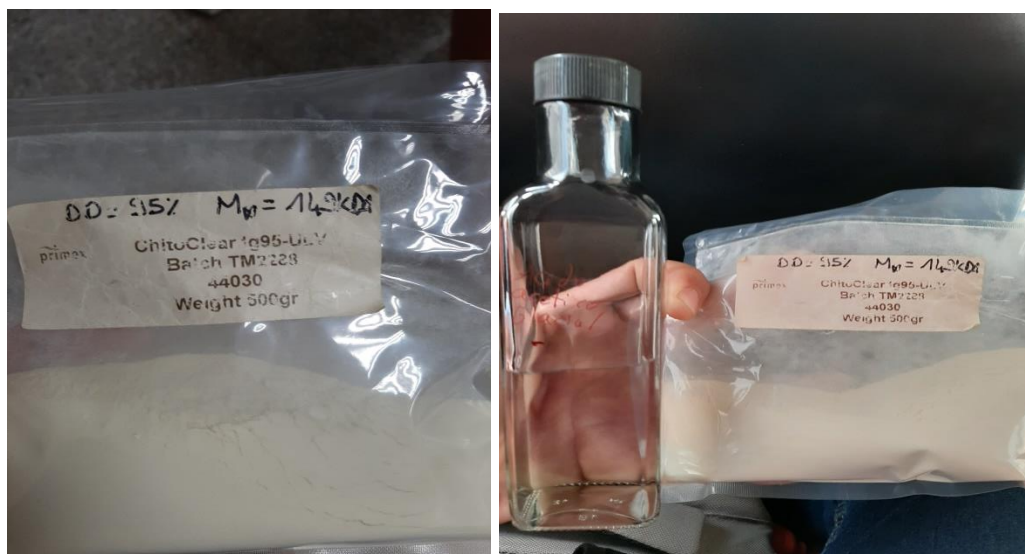
# **ANEXOS**

## ANEXO 1. Selección y clasificación de bananos



Se seleccionaron los bananos de similares apariencias físicas como color, forma y peso.

## ANEXO 2. Insumos para la elaboración del Recubrimiento



Quitosano 95% de grado de desacetilación y ácido sulfúrico glacial

### ANEXO 3. Elaboración y aplicación de recubrimiento de quitosano en banano



**Pesado de quitosano de acuerdo a cada concentración de recubrimiento, mezclado, almacenado y aplicación de recubrimiento de quitosano en banano**

#### ANEXO 4. Análisis de laboratorio aplicados a bananos en poscosecha con recubrimientos de quitosano

A)



C)



B)



D)



**Análisis realizados en el banano con los recubrimientos:**


- A) Porcentaje de pérdida de peso**
- B) Determinación de sólidos solubles (°Brix)**
- C) Análisis instrumental de color sistema CIE L\* a\* b\***
- D) Firmeza instrumental**



**ANEXO 5. Estado de maduración del banano**

**Maduración del Banano al término de 20 días de almacenamiento poscosecha**

## ANEXO 6. Certificado de análisis de laboratorio día cero



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta 20 de febrero de 2020

**A Quien Corresponda**


Ciudad. -

**CERTIFICO:** Que los análisis presentados en este informe corresponden al Ing. **Uscocovich Álvarez Ángel Alberto C.I. 131389591-2** Estudiante de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL.). Los análisis fueron realizados en el Lab. De Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo estos los siguientes: (Firmeza, °Brix, Color y Recuento de Mohos y levaduras), dichos análisis corresponden al trabajo de titulación “**Concentración y métodos de aplicación de Quitosano en las propiedades físico-químicas del banano en poscosecha**”.


Firmeza (N) día 0			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	16,30	17,01	16,52
T2	16,94	16,90	15,99
T3	16,03	16,00	17,01
T4	15,89	16,26	17,03
CONTROL	16,01	16,33	16,87


Brix día 0			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	2,33	2,59	2,69
T2	2,56	2,21	2,77
T3	2,60	2,55	2,41
T4	2,27	2,78	2,64
CONTROL	2,48	2,64	2,50



Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos



www.uleam.edu.ec



El título de la presente investigación fue modificado por sugerencia del tribunal a: “Influencia del porcentaje de quitosano en la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha Calceta – Ecuador”.



Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Recuento de Mohos y levaduras (UPC/g) día 0			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	0,5	0,4	0,4
T2	0,5	0,5	0,5
T3	0,60	0,40	0,50
T4	0,50	0,40	0,40
CONTROL	0,40	0,40	0,40

Color día 0			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 L	45,45	53,20	49,69
T1 a	-14,73	-15,46	-15,67
T1 b	21,42	29,26	22,64
T2 L	48,59	51,25	53,31
T2a	-15,66	-12,32	-14,44
T2 b	22,92	21,95	23,48
T3 L	49,50	50,45	45,28
T3 a	-14,84	-12,18	-15,69
T3 b	22,39	20,70	21,95
T4 L	52,70	49,08	50,26
T4 a	-15,82	-15,35	-14,83
T4 b	24,13	22,20	22,77
CONTROL L	48,33	56,15	47,33
CONTROL a	-14,09	-14,65	-13,47
CONTROL b	20,92	24,14	20,29

Atentamente,

Ing. Marlon Castro García, Mg.




Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

[www.uleam.edu.ec](http://www.uleam.edu.ec)

Corresponde a los análisis de laboratorio realizados el día cero de la investigación, realizados en la Universidad Laica Eloy Alfaro de la ciudad de Manta.

## ANEXO 7. Certificado de análisis de laboratorio día cinco



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta 20 de febrero de 2020

**A Quien Corresponda**


Ciudad. -

**CERTIFICO:** Que los análisis presentados en este informe corresponden al Ing. **Uscocovich Álvarez Ángel Alberto C.I. 131389591-2** Estudiante de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL.). Los análisis fueron realizados en el Lab. De Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo estos los siguientes: (Firmeza, °Brix, Color y Recuento de Mohos y levaduras), dichos análisis corresponden al trabajo de titulación **“Concentración y métodos de aplicación de Quitosano en las propiedades fisico-químicas del banano en poscosecha”**.

Firmeza (N) día 5			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	15,41	14,09	15,00
T2	15,88	15,00	15,78
T3	15,29	16,01	15,01
T4	16,03	15,71	15,04
CONTROL	14,11	13,37	15,10


  

Brix día 5			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	5,11	5,91	5,63
T2	5,77	5,10	5,65
T3	5,77	5,01	5,00
T4	5,26	5,38	5,15
CONTROL	6,05	6,97	6,90

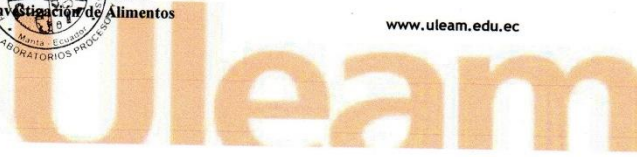


Téc. Responsable de Lab. De ~~Tecnologías de Alimentos~~ Alimentos

Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos



www.uleam.edu.ec



El título de la presente investigación fue modificado por sugerencia del tribunal a: **“Influencia del porcentaje de quitosano en la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha Calceta – Ecuador”**.



Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Recuento de Mohos y levaduras (UPC/g) día 5			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	0,23	0,4	0,4
T2	0,20	0,18	0,35
T3	0,24	0,25	0,19
T4	0,11	0,18	0,12
CONTROL	0,62	0,50	0,42

Color día 5			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 L	50,76	51,37	56,80
T1 a	-13,83	-12,71	-13,81
T1 b	21,84	19,70	24,34
T2 L	58,61	41,59	45,14
T2a	-11,44	-12,46	-11,64
T2 b	22,64	18,57	19,18
T3 L	51,22	54,44	50,50
T3 a	-12,55	-13,71	-13,08
T3 b	21,76	22,38	21,09
T4 L	46,72	50,96	49,97
T4 a	-12,56	-9,80	-9,17
T4 b	20,16	20,19	20,34
CONTROL L	51,53	52,39	56,48
CONTROL a	-12,98	-11,78	-12,79
CONTROL b	20,97	21,56	18,82

Atentamente,

Ing. Marlon Castro García, Mg



Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

[www.uleam.edu.ec](http://www.uleam.edu.ec)

Corresponde a los análisis de laboratorio del día cinco de la investigación, realizados en Universidad Laica Eloy Alfaro de la ciudad de Manta.

## ANEXO 8. Certificado de análisis de laboratorio día diez



Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta 20 de febrero de 2020

A Quien Corresponda

Ciudad. -

**CERTIFICO:** Que los análisis presentados en este informe corresponden al Ing. **Uscocovich Álvarez Ángel Alberto C.I. 131389591-2** Estudiante de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL.). Los análisis fueron realizados en el Lab. De Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo estos los siguientes: (Firmeza, °Brix, Color y Recuento de Mohos y levaduras), dichos análisis corresponden al trabajo de titulación “**Concentración y métodos de aplicación de Qitosano en las propiedades físico-químicas del banano en poscosecha**”.

Firmeza (N) día 10			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	13,77	13,05	12,89
T2	14,08	14,20	10,00
T3	14,70	12,70	12,00
T4	15,32	15,07	14,41
CONTROL	12,05	10,98	11,77

Brix día 10			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	7,93	5,91	6,63
T2	8,11	7,40	7,79
T3	8,55	8,97	7,81
T4	6,26	7,11	8,01
CONTROL	9,11	10,50	11,00

  
 Téc. Responsable de Lab. De Tecnología de Lácteos  
 Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

www.uleam.edu.ec

El título de la presente investigación fue modificado por sugerencia del tribunal a: “Influencia del porcentaje de quitosano en la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha Calceta – Ecuador”.



Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Recuento de Mohos y levaduras (UPC/g) día 10			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	0,21	0,38	0,41
T2	0,2	0,15	0,2
T3	0,19	0,26	0,18
T4	0,15	0,11	0,19
CONTROL	0,84	0,51	0,66

Color día 10			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 L	51,78	54,14	52,05
T1 a	-12,08	-12,00	-11,85
T1 b	22,71	20,03	22,17
T2 L	45,33	42,89	47,12
T2a	-10,35	-11,80	-9,68
T2 b	20,15	18,73	20,44
T3 L	53,65	55,00	56,18
T3 a	-8,72	-9,11	-8,53
T3 b	22,05	22,00	23,10
T4 L	49,13	52,17	51,24
T4 a	-10,14	-8,75	-10,00
T4 b	23,11	24,08	23,86
CONTROL L	57,79	58,16	58,00
CONTROL a	-8,07	-7,95	-7,16
CONTROL b	24,74	26,06	25,71

Atentamente,

Ing. Marlon Castro García, Mg.



Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

[www.uleam.edu.ec](http://www.uleam.edu.ec)

Corresponde a los análisis de laboratorio del día diez de la investigación, realizados en Universidad Laica Eloy Alfaro de la ciudad de Manta.

## ANEXO 9. Certificado de análisis de laboratorio día 15



Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta 20 de febrero de 2020

A Quien Corresponda

Ciudad. -

**CERTIFICO:** Que los análisis presentados en este informe corresponden al Ing. **Uscocovich Álvarez Ángel Alberto C.I. 131389591-2** Estudiante de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL.). Los análisis fueron realizados en el Lab. De Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo estos los siguientes: (Firmeza, °Brix, Color y Recuento de Mohos y levaduras), dichos análisis corresponden al trabajo de titulación “**Concentración y métodos de aplicación de Quitosano en las propiedades físico-químicas del banano en poscosecha**”.

Firmeza (N) día 15			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	10,89	11,50	9,36
T2	10,75	9,81	9,69
T3	12,37	10,01	10,51
T4	13,03	12,90	12,44
CONTROL	8,18	9,23	8,15

Brix día 15			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	9,63	7,91	6,63
T2	10,13	10,40	9,08
T3	10,55	10,74	10,79
T4	8,03	7,15	8,07
CONTROL	11,10	12,45	12,00

Téc. Responsable de Eab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

www.uleam.edu.ec

El título de la presente investigación fue modificado por sugerencia del tribunal a: “Influencia del porcentaje de quitosano en la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha Calceta – Ecuador”.





Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Recuento de Mohos y levaduras (UPC/g) día 15			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	0,26	0,41	0,41
T2	0,25	0,33	0,38
T3	0,30	0,29	0,22
T4	0,20	0,21	0,20
CONTROL	0,90	0,53	0,71

Color día 15			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 L	52,17	55,10	56,30
T1 a	-10,23	-10,00	-9,83
T1 b	18,78	19,03	20,52
T2 L	46,20	56,77	57,09
T2a	-9,82	-8,70	-7,08
T2 b	22,50	20,01	23,17
T3 L	55,78	63,11	58,19
T3 a	-7,29	-6,75	-5,30
T3 b	23,17	23,04	24,00
T4 L	56,41	56,15	50,26
T4 a	-5,32	-6,18	-5,14
T4 b	25,43	25,98	24,83
CONTROL L	60,10	58,74	60,01
CONTROL a	-5,10	-4,11	-4,07
CONTROL b	26,30	27,58	26,00

Atentamente,

Ing. Marlon Castro García, Mg




Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

[www.uleam.edu.ec](http://www.uleam.edu.ec)

Corresponde a los análisis de laboratorio del día 15 de la investigación, realizados en Universidad Laica Eloy Alfaro de la ciudad de Manta.

## ANEXO 10. Certificado de análisis de laboratorio día 20



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LACCA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta 20 de febrero de 2020

**A Quien Corresponda**


Ciudad. -

**CERTIFICO:** Que los análisis presentados en este informe corresponden al Ing. **Uscocovich Álvarez Ángel Alberto C.I. 131389591-2** Estudiante de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL.). Los análisis fueron realizados en el Lab. De Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo estos los siguientes: (Firmeza, °Brix, Color y Recuento de Mohos y levaduras), dichos análisis corresponden al trabajo de titulación “**Concentración y métodos de aplicación de Quitosano en las propiedades físico-químicas del banano en poscosecha**”.


Firmeza (N) día 20			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	8,71	9,78	9,36
T2	7,04	7,00	9,69
T3	8,11	7,03	6,59
T4	10,10	11,07	9,81
CONTROL	5,40	6,69	5,71


Brix día 20			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	12,80	13,22	13,01
T2	13,13	14,40	12,80
T3	16,01	16,45	15,00
T4	10,80	8,91	9,01
CONTROL	16,05	17,00	16,23



Téc. Responsable de Lab. De Tecnología de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos



www.uleam.edu.ec

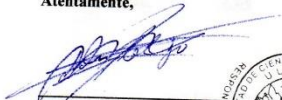


El título de la presente investigación fue modificado por sugerencia del tribunal a: “Influencia del porcentaje de quitosano en la calidad física y microbiológica del banano en poscosecha Calceta – Ecuador”:

Recuento de Mohos y levaduras (UPC/g) día 20			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1	0,32	0,46	0,44
T2	0,39	0,39	0,42
T3	0,37	0,33	0,29
T4	0,35	0,25	0,23
CONTROL	0,95	0,77	0,83

Color día 20			
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 L	55,5	46,53	54,99
T1 a	-7,21	-12,53	-5,78
T1 b	23,54	20,86	23,01
T2 L	45,05	58,98	57,10
T2a	-4,08	-11,06	-7,10
T2 b	20,54	28,45	26,79
T3 L	54,77	57,76	51,19
T3 a	-2,69	-1,95	-2,01
T3 b	24,40	24,90	22,45
T4 L	59,03	56,02	48,50
T4 a	-9,58	-4,88	-7,10
T4 b	27,60	23,76	22,67
CONTROL L	62,31	47,06	61,44
CONTROL a	-3,62	-4,30	-1,32
CONTROL b	29,75	20,25	27,88

Atentamente,



Ing. Marlon Castro García



Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
 Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

[www.uleam.edu.ec](http://www.uleam.edu.ec)


Corresponde a los análisis de laboratorio del día 20 de la investigación, realizados en Universidad Laica Eloy Alfaro de la ciudad de Manta.