



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**

**NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE  
A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y  
ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus  
officinalis*)”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingenieras Agroindustriales

Autoras:

Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel

Yáñez Ponce Mariana Estefanía

Tutor:

Ing. Mg. Molina Borja Franklin Antonio

Latacunga – Ecuador

Agosto 2018

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel y Mariana Estefanía Yáñez Ponce, declaramos ser autoras del presente Proyecto de investigación “OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*)”, siendo el Ing. Mg. Molina Borja Franklin Antonio Director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

---

Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel

CC: 050362647-5

---

Yáñez Ponce Mariana Estefanía

CC: 050361873-8

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel identificada con C.C. N° 050362647-5, de estado civil soltera y con domicilio en Latacunga, Ciudadela Patria, y Yáñez Ponce Mariana Estefanía, identificada con C.C. N° 050361873-8, de estado civil soltera y con domicilio en Salcedo, Santa Ana, a quien en lo sucesivo se denominará **LA/EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: “OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*)” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Unidad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. - (Septiembre 2013 - Agosto del 2018).

Aprobación HCA. - (Agosto 2018).

Tutor. - Ing. Mg. Molina Borja Franklin Antonio

**Tema:** “OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*)”

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LACIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA/ELCEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LACIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/ELCEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. -CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, Agosto del 2018.

Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**LA CEDENTE**

**EL CESIONARIO**

C.I. 050362647-5

Yánez Ponce Mariana Estefanía

**LA CEDENTE**

C.I. 050361873-8

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*)”, de Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel y Yáñez Ponce Mariana Estefanía, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto 2018

Tutor:

---

Ing. Franklin Antonio Molina Borja Mg.

**C.I.** 050182143-3

**Teléfono:** 0992982440

**Correo electrónico:** [franklin.molina@utc.edu.ec](mailto:franklin.molina@utc.edu.ec)

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel y Yánez Ponce Mariana Estefanía con el título de Proyecto de Investigación: “OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*)” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2018

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre:** Químico Jaime Orlando Rojas Molina  
**CC:** 050264543-5

---

**Lector 2**

**Nombre:** Ing. Edwin Fabián Cerda Andino  
**CC:** 050036980-5

---

**Lector 3**

**Nombre:** Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal. Mg.  
**CC:** 050186485-4

## AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De la misma manera, agradezco infinitamente a mis Hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgullosa de lo que soy y de lo que les puedo enseñar. Ojalá algún día yo me convierta en esa fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

Agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial a mi tutor Ing., Franklin Molina y mi lector Ing. Edwin Cevallos por guiar esta investigación, su apoyo incondicional y formar parte de otro objetivo alcanzado.

*Ninfa M. Osorio Ch.*

## DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

A mis sobrinas que con sus locuritas me han motivado a seguir adelante y ser un ejemplo para ellas.

También dedico este proyecto a mi novio, esa persona que estuvo apoyándome en cada decisión que debía tomar, esa persona que tuvo paciencia y entrega para conmigo, a esa persona le dedico y agradezco, porque gracias a ti hoy puedo con alegría presentar y disfrutar este proyecto.

*Ninfa M. Osorio Ch.*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas a mis padres Mesías e Inés por ser el pilar fundamental en mi vida, con su apoyo incondicional y la confianza que depositaron en mí pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mi hermana Maribel por estar siempre presente y apoyándome en cada momento compartiendo tristezas y alegrías.

De igual forma, agradezco a mi director y mi tribunal de tesis, que gracias a sus consejos y apoyo hoy puedo culminar este trabajo.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades y docentes quienes me han visto crecer como persona y profesional, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y por guiarme en el desarrollo de esta investigación.

*Mariana E. Yáñez P.*

## DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por brindarme la oportunidad y la fortaleza necesaria para continuar en este proceso y obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi familia, por su amor, trabajo, apoyo y sobre todo su sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en una persona de bien.

A mí querida hija Anahí quien es mi mayor motivación y alegría para seguir luchando por mis objetivos.

Para mis mejores amigos Jessy, Verito y Juan Pablo con quienes compartimos muchos momentos únicos a lo largo de nuestra vida universitaria, con su amistad incondicional y sus consejos y por estar siempre que los necesitaba.

A todas las personas que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

*Mariana E. Yáñez P.*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
AGRADECIMIENTO .....	x
DEDICATORIA .....	xi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
<b>4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>5. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....</b>	<b>4</b>
<b>7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....</b>	<b>6</b>
<b>7.1. Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
<b>7.2. Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>7.2.1. El nopal .....</b>	<b>7</b>
<b>7.2.2. Clasificación Taxonómica del nopal .....</b>	<b>8</b>
<b>7.2.3. Composición química general del nopal fresco .....</b>	<b>11</b>
<b>7.2.4. Composición del nopal .....</b>	<b>13</b>
<b>7.2.5. Usos del nopal .....</b>	<b>13</b>
<b>7.2.6. Sectores industriales que pueden beneficiarse con productos obtenidos a partir de los nopales .....</b>	<b>15</b>
<b>7.2.7. Propiedades funcionales del nopal.....</b>	<b>16</b>
<b>7.2.8. El mucílago del nopal.....</b>	<b>18</b>
<b>7.3. Recubrimientos comestibles .....</b>	<b>19</b>
<b>7.3.1. Propiedades de los recubrimientos comestibles.....</b>	<b>19</b>

7.3.2.	Composición de los recubrimientos y películas comestibles .....	20
7.3.3.	Hidrocoloides: Polisacáridos y proteínas .....	20
7.3.4.	Lípidos y resinas .....	21
7.3.5.	Otros componentes .....	21
7.4.	Aceites esenciales .....	22
7.4.1.	Clasificación de los aceites esenciales .....	22
7.5.	Aceite esencial de romero .....	23
7.5.1.	Capacidad antioxidante del romero .....	23
7.5.2.	Composición del aceite de romero .....	23
7.6.	Pectina .....	24
7.7.	Marco conceptual .....	24
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	25
9.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	26
9.1.	Metodología .....	26
9.1.1.	Ubicación de la investigación.....	26
9.1.2.	Método utilizado.....	26
9.1.3.	Tipo de investigación.....	27
9.1.4.	Técnicas de investigación.....	27
9.2.	Materiales, materias primas, insumos y equipos.....	28
9.2.1.	Materiales.....	28
9.2.2.	Materia prima.....	28
9.2.3.	Insumos .....	28
9.2.4.	Equipos.....	28
9.2.5.	Reactivos Químicos .....	28
9.3.	Metodología de elaboración.....	29
9.3.1.	Extracción de mucílago de nopal .....	29
9.3.2.	Preparación de solución.....	29
9.3.3.	Aplicación de solución.....	29
9.4.	Balance de materiales del mejor tratamiento .....	33
9.5.	Determinación del costo del mejor tratamiento .....	34
9.6.	Diseño experimental.....	36
9.6.1.	Variables .....	36
9.6.2.	Factores de estudio .....	37

9.6.3.	Tratamiento en estudio .....	37
9.6.4.	Marco muestral .....	38
9.6.5.	Población .....	38
9.6.6.	Muestra .....	39
10.	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	39
10.1	Variables .....	39
10.1.1.	Variable pH.....	39
10.1.2.	Variable de acidez titulable .....	42
10.1.3.	Variable de sólidos solubles (°Brix) .....	45
10.1.4.	Variable de pérdida de peso .....	48
11.	<b>IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)</b> .....	51
11.1.	Impacto técnico.....	51
11.2.	Impacto social .....	51
11.3.	Impacto ambiental.....	51
11.4.	Impacto económico.....	51
12.	<b>PRESUPUESTO</b> .....	52
13.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	53
13.1.	Conclusiones .....	53
13.2.	Recomendaciones .....	53
14.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	54
15.	<b>ANEXOS</b> .....	56
	<b>Anexo 1. Ubicación geográfica</b> .....	56
	<b>Anexo 1.1 Mapa físico</b> .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Actividades y sistemas de tareas .....	4
<b>Tabla 2:</b> Composición química de 100g de nopal fresco .....	11
<b>Tabla 3:</b> Composición química de cladodios de distintas edades (porcentaje materia seca) ..	12
<b>Tabla 4:</b> Composición media de las pencas de Opuntia .....	13
<b>Tabla 5:</b> Determinación del costo del mejor tratamiento .....	34
<b>Tabla 6:</b> Otros rubros.....	35
<b>Tabla 7:</b> Identificación de variables dependiente e independiente.....	36
<b>Tabla 8:</b> Factor de estudio .....	37
<b>Tabla 9:</b> Tratamientos.....	38
<b>Tabla 10:</b> Análisis de varianza .....	39
<b>Tabla 11:</b> Prueba de tukey para pH .....	40
<b>Tabla 12:</b> Análisis de varianza .....	42
<b>Tabla 13:</b> Prueba de tukey para acidez titulable.....	43
<b>Tabla 14:</b> Análisis de varianza .....	45
<b>Tabla 15:</b> Prueba de tukey para °Brix .....	46
<b>Tabla 16:</b> Análisis de varianza .....	48
<b>Tabla 17:</b> Prueba de tukey para peso perdido.....	49
<b>Tabla 18:</b> Presupuesto del proyecto.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Clasificación de los recubrimientos y películas comestibles.....	20
<b>Figura 2:</b> Flujograma de la extracción del mucílago de nopal .....	31
<b>Figura 3:</b> Flujograma de aplicación de solución .....	32

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Promedio para el variable pH.....	41
<b>Gráfico 2:</b> Promedio para la variable acidez titulable .....	44
<b>Gráfico 3:</b> Promedio para la variable °Brix.....	47
<b>Gráfico 4:</b> Promedio para la variable de pérdida de peso.....	50

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis*)”**

**Autoras:**

**Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel**

**Yáñez Ponce Mariana Estefanía**

**RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo obtener un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) y aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*), con fines industriales, el empleo de recubrimientos comestibles a base de polisacáridos, proteínas, lípidos, aditivos y compuestos activos juega un papel importante en la industria de alimentos y han demostrado ser efectivos en la conservación de frutas y hortalizas controlando transferencia de gases, crecimiento microbiano, manteniendo sus características como, apariencia fresca, firmeza, brillo, color, calidad y valor comercial. Además, con esta investigación se pretende dar a conocer nuevas alternativas de conservación de alimentos. El proceso de obtención de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) y aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*), con dos concentraciones de mucílago, dos de pectina y dos de aceite esencial de romero se realizó de la siguiente manera: recepción, limpieza del nopal con una solución de 0.1 % de agua clorada, pelado y troceado eliminando la cáscara del nopal, licuado con la ayuda de agua destilada, cocción a una temperatura de 80 °C manteniéndolo a esa temperatura por 20 minutos, adición de las dos concentraciones de pectina al 6 % y 3 %, filtración mediante un tamiz fino dejándolo en refrigeración por 2 horas a 5 °C, se aplicó la solución por inmersión en la fruta (naranja), se lo dejó secar por 15 minutos y se almacenó bajo refrigeración a una temperatura de 5 °C. Se sometió a análisis fisicoquímicos durante 4 semanas y se realizó un diseño experimental DBCA con arreglo factorial A x B x C con 2 réplicas para determinar el mejor tratamiento que fue el t7 (a2b2c) (97% de mucílago, 3% de pectina y 1% de aceite esencial de romero). Se describió las características físicas y químicas del mejor tratamiento: pH 3,52, acidez 0935%, sólidos solubles 14.24 °Brix, pérdida de peso 297.21 g.

**Palabras clave:** mucílago, nopal, pectina, aceite esencial de romero.

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**  
**TOPIC: “OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE**  
**MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO**  
**(*Rosmarinus officinalis*)”**

**Authors:**

**Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel**

**Yáñez Ponce Mariana Estefanía**

**ABSTRACT**

The present work has as objective to obtain a coating edible based on mucilago of nopal (*Opuntia spp.*) and essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*), for industrial purposes, the use of coatings, comestible, polysaccharide, proteins, lipids, additives and active compounds has an important role in the industry food and have been shown to be effective in the conservation of fruits and vegetables by controlling gas transfer, microbial growth, while maintaining its characteristics such as, appearance, crispness, firmness, brightness, color, quality and commercial value. In addition, this research aims to give to know new alternatives for food preservation. The process of obtaining a coating edible based on mucilago of nopal (*Opuntia spp.*) and essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*), with two concentrations of mucilago, two of pectin and two of rosemary essential oil was performed in the following way: reception, cleaning of the nopal with a solution of 0.1 % of chlorinated water, peeled and chopped removing the skin of the prickly pear cactus, liquefied with the help of distilled water, cooking at a temperature of 80 °C, keeping it at that temperature for 20 minutes, addition of two concentrations of pectin at 6% and 3 %, filtration through a fine sieve leaving it in the fridge for 2 hours at 5 °C, was applied to the solution by immersion in the fruit (orange), leave it to dry for 15 minutes and store under refrigeration at a temperature of 5 °C. It was subjected to physicochemical analysis during 4 weeks and was conducted in an experimental design DBCA with factorial arrangement An x B x C with 2 replicas to determine the best treatment was t7 (a2b2c) (97% of mucilago, and 3% of pectin and 1% of essential oil of rosemary). Described the physical and chemical characteristics of the best treatment: pH 3,2850, acidity, 0935, solids soluble 14.24 °Brix, weight loss 297.21 g.

**Keywords:** Mucilago, Nopal, Pectin, Essential oil of rosemary.

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“Obtención de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) y aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*)”.

**Fecha de inicio:** Noviembre 2017.

**Fecha de finalización:** Agosto 2018.

**Lugar de ejecución:** Barrio Salache, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi, zona 3, Universidad Técnica de Cotopaxi “CEASA”, ubicado a 5 km de la panamericana Latacunga – Salcedo, sector occidental.

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Agroindustrial.

**Proyecto de investigación vinculado:** Tecnologías para obtención y estabilización del mucílago de plantas para uso industrial’.

**Equipo de trabajo:**

Ing. Mg. Molina Borja Franklin Antonio.

Osorio Chuquitarco Ninfa Mishel.

Yáñez Ponce Mariana Estefanía.

**Área de conocimiento:** Ingeniería, industria y construcción.

**Línea de investigación:** Desarrollo y seguridad alimentaria.

**Sub línea de investigación de la carrera:** Investigación – Innovación y Emprendimientos Agroindustriales.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El creciente interés de los consumidores hacia productos sanos, nutritivos, naturales y que sean beneficiosos para la salud, ha orientado y motivado a elaborar esta investigación hacia el desarrollo de recubrimientos comestibles.

Estos se aplican con el objetivo de extender la vida útil de los alimentos y proveen la posibilidad de mejorar la seguridad del producto mediante la limitación de transferencia de humedad, oxígeno y compuestos responsables del sabor, color y aroma.

El empleo de recubrimientos comestibles a base de polisacáridos, proteínas, lípidos, aditivos y compuestos activos juega un papel importante en la industria de alimentos y han demostrado ser efectivos en la conservación de frutas y hortalizas controlando transferencia de gases, crecimiento microbiano, así como manteniendo las características deseadas por los consumidores como, apariencia fresca, firmeza, brillo, color, calidad y valor comercial.

## **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

### **3.1. Beneficiarios directos:**

La Universidad Técnica de Cotopaxi, donde se efectuó el presente proyecto, productores y comerciantes de nopal, romero y autoras de la investigación.

### **3.2. Beneficiarios indirectos:**

Consumidores que puedan acceder y aprovechar de los beneficios del recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal y aceite esencial de romero.

#### 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Existen seis países que producen nopal y concurren al mercado internacional: México, Italia, Sudáfrica, Chile, Israel y E.U.A. En cuanto a superficie, México es el principal productor con 53,000 ha., a continuación, se ubican Italia con 2,500 ha., Sudáfrica 1,500 ha., Chile 1,000 ha., Israel 300 ha. Y E.U.A. 200 ha.

En Ecuador, el procesamiento e industrialización del nopal es casi nula se lo puede encontrar de forma natural en supermercados, tiendas, etc. La producción de nopal involucra a Tungurahua, Santa Elena, Loja, Imbabura y Carchi, estas dos últimas cubren el 30 % de la demanda del mercado nacional.

La industrialización del romero es limitada existen jabones, champús, aromatizantes, aceites esenciales y de forma casera es utilizada en infusiones. Dichas materias primas no han sido explotadas en su totalidad debido a que no se han logrado nuevas alternativas de producción, que permita aprovechar sus componentes en la industria alimentaria.

La producción de romero en el país no es conocida, ya que no existen datos estadísticos ni zonas de mayor producción, sin embargo, es común encontrarlos en todas las ciudades del país.

Cotopaxi es una de las provincias que produce nopal y romero, el consumo es frecuente de estas materias primas, además posee las condiciones óptimas para el cultivo de dichas materias primas.

En el mercado es escaso encontrar derivados del nopal y romero, por lo que los consumidores desconocen de sus beneficios y la industria ha perdido el interés en buscar nuevas alternativas hacia dichas materias primas.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. General

Obtener un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) y aceite esencial de romero (*Rosmarinus offinalis*), con fines industriales.

### 5.2. Específicos

- Evaluar el efecto de las propiedades fisicoquímicas del recubrimiento comestible sobre una fruta.
- Estudiar los beneficios del nopal y del aceite esencial de romero.
- Determinar costos y rendimientos del mejor tratamiento.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1:** Actividades y sistemas de tareas

Objetivos	Actividad	Resultados	Medios de verificación
Evaluar el efecto de las propiedades fisicoquímicas del recubrimiento comestible sobre una fruta.	Aplicación del recubrimiento comestible en la fruta, (naranja) por un lapso de cuatro semanas. La pérdida de peso se determinó por gravimetría mediante la diferencia entre pesos Medición de pH con un potenciómetro digital.	Pérdida de peso pH, Acidez titulable, Solidos solubles (°Brix)	Resultados de los análisis realizados en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

	<p>La acidez titulable empleando hidróxido de sodio y fenolftaleína. Sólidos solubles mediante un refractómetro de mano los resultados se expresaron en ° Brix.</p>		
<p>Estudiar los beneficios del nopal y del aceite esencial de romero.</p>	<p>Información recolectada de diferentes autores.</p>	<p>Composición química del nopal y romero. Propiedades funcionales del nopal.</p>	<p>Proyecto de Investigación.</p>
<p>Determinar costos y rendimientos del mejor tratamiento.</p>	<p>Diseño experimental.</p>	<p>Balance de materia. Mano de obra, desgastes de equipo, combustible y energía. Utilidad y precio de venta al público.</p>	<p>Proyecto de Investigación.</p>

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 7.1. Antecedentes

- Según: (Núñez y col., 2012; Aguilar, 2012) se elabora un recubrimiento con el fin de evitar o minimizar los efectos adversos de los factores citados y conjuntamente prolongar la vida útil de los productos alimenticios se han implementado diferentes tecnologías, entre ellas se pueden mencionar, el almacenamiento a bajas temperaturas, aplicación de radiaciones gamma y ultravioleta, el control biológico, la conservación por atmósfera controlada, la utilización de empaques plásticos, el uso de películas y la aplicación de recubrimientos comestibles, entre otras
- Según: (Vargas y col., 2007; Díaz et al., 2010; Restrepo y Aristizába, 2010) revela un papel significativo en la vida de anaquel de los alimentos debido a que reducen la pérdida de agua, permiten el control respiratorio, retrasan el envejecimiento y mejoran la calidad y valor comercial de los mismos, manteniendo sus atributos de calidad y valor nutritivo. Por tal motivo muchas investigaciones han dedicado su estudio sobre el uso de estas tecnologías aplicadas a una amplia gama de productos alimentarios. (Valle, 2010)
- Según: (Del Valle y col., 2010) Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz transparente continua, comestible y delgada, que se estructura alrededor de un alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento con el fin de preservar su calidad y servir de empaque. Por otra parte, una película comestible (PC) es una matriz preformada, obtenida por moldeo, cuyo espesor es siempre mayor al de los RC. Dichas soluciones formadoras de la película o recubrimiento pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de éstos. A pesar de sus diferencias, ambas proceden de igual manera frente a diversas sustancias que actúan sobre el alimento como barrera frente al transporte de gases y vapor de agua durante su conservación (Vascones y col., 2009).
- Según: (Sánchez-González y col 2011). Un RC o PC es un material de envoltura (empaque) delgado empleado en la industria de alimentos y que puede ser

consumido como parte del mismo, debido a que proviene de polímeros biodegradables, no tóxicos y que ayudan a incrementar la calidad de los alimentos durante su conservación (Sánchez-González y col., 2011).

- Según (Falguera y col., 2011) las películas y recubrimientos deben presentar ciertas exigencias funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir.
- Según: (Cáceres, 2012) el romero es un cultivo poco exigente, pero requiere fertilización orgánica, debido a que es atacado por coleópteros y nematodos. Las hojas se secan a la sombra, para obtener aceite esencial u oleoresina, para ello se prefieren los brotes florales, la planta de romero se cosecha 2 veces al año.
- Según: (Bendason, 2010) El nopal, al igual que casi todas las cactáceas, es una planta que no tiene hojas, aun cuando en su etapa de juventud contiene algunas. Lo que vemos del nopal son sus tallos que tienen forma de raquetas, botánicamente llamadas cladodios o pencas. Estas pencas están llenas de agua que se encuentra retenida en un entramado de carbohidratos llamados mucílagos; si se corta a la mitad una penca no sale agua sino una sustancia pegajosa conocida como baba del nopal.

## **7.2. Marco teórico**

### **7.2.1. El nopal**

Los nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas, que pueden alcanzar de 3 a 5 m de altura. El sistema radical es muy extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría.

La longitud de las raíces está en relación con las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente el riego y la fertilización (Villegas, y col 2004).

Su tronco es leñoso y mide entre 20 y 50 cm de diámetro. Sus ramas están formadas por cladodios de 30 a 60 cm de largo x 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor. El cladodio fresco recibe el nombre de nopalito y el adulto de penca. En las pencas, de color verde opaco, se realiza la fotosíntesis, pues éstas remplazan a las hojas con esa función. Se encuentran protegidas por una cutícula gruesa que, en ocasiones, está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua, ya que poseen

abundante parénquima. En este tejido se almacenan considerables cantidades de agua lo que permite a las plantas soportar largos periodos de sequía. Cabe destacar el papel de los mucílagos (hidrocoloides presentes en este tejido) que tienen la capacidad de retener el agua (Nobel y col., 2010).

Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas areolas, que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas según las condiciones ambientales (Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000)

Las areolas presentan en su cavidad espinas, que generalmente son de dos tipos: algunas pequeñas, agrupadas en gran número (gloquidios) y las grandes que son hojas modificadas (Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000).

Presentan pocas estomas por unidad de superficie, con la particularidad de permanecer cerrados durante el día y abiertos en las noches. Esto evita la pérdida de agua por transpiración durante el día y permite, durante las horas nocturnas, la entrada de anhídrido carbónico, materia prima indispensable para la fotosíntesis. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso. Las flores, de 7 a 10 cm de largo, son sésiles, hermafroditas, solitarias y de diversos colores y se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas. Su fruto carnoso, llamado tuna, es una falsa baya oval de 5 a 10 cm de largo x 4 a 8 cm de diámetro y su color puede ser amarillo, anaranjado, rojo o púrpúreo. La pulpa del fruto presenta numerosas semillas y es dulce, mientras que su epidermis es parecida a la de los cladodios. En terrenos con pH neutro puede llegar a vivir hasta 80 años. (Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000)

### **7.2.2. Clasificación Taxonómica del nopal**

**Reino:** Vegetal

**Subreino:** Embryophita

**Clase:** Dicotyledonea

**Orden:** Opuntiales

**Familia:** Cactaceae

**Subfamilia:** Opuntioideae

**Tribu:** Opuntiae

**Género:** Opuntia Nopale

**Series:** 17

**Especies:** 300

**Especies:** de N. 10

Del genero Opuntia hay sólo 10 ó 12 especies hasta ahora utilizadas por el hombre, entre las que se encuentran, como especies cultivadas, Opuntia ficus-indica, O. amyclaea, O. xoconostle, O. megacantha y O. streptacantha y como especies silvestres: Opuntia hyptiacantha, O. leucotricha y O. robusta. La más ampliamente cultivada en distintas partes del mundo es Opuntia ficus-indica. El nombre científico le fue asignado por Tourneforten en (1700), por su semejanza con una planta espinosa que crecía en el poblado de Opus en Grecia (Bensadon y col, 2006)

Las características de estas especies son variables, diferenciándose en la forma de los cladodios, en la presencia o ausencia de espinas, en el tamaño y color de los frutos, entre otras. (Bensadon, 2010)

El cultivo y aprovechamiento del nopal se remonta a las antiguas civilizaciones mesoamericanas y su importancia en la vida social, económica y religiosa determinó las rutas migratorias de las tribus nómadas de Aridoamérica, los asentamientos humanos en el centro de México y formó parte del escudo de Tenochtitlán, símbolo que se conserva hasta nuestros días. El nopal utilizado en México tiene evidencias fechadas hace 7.000 años en semillas, cáscaras de tuna y fibras de pencas de nopal fosilizadas, encontradas en excavaciones realizadas en Tehuacán, Puebla. Cuando Hernán Cortés llegó al Valle de México en (1519), no pudo menos que asombrarse ante los nopalli (nopal en náhuatl) y las nochtli (tunas), sus atractivos y deliciosos frutos. (Pimienta, 2011)

El nopal (*Opuntia spp*) ha representado, para los mexicanos, en su desarrollo histórico, uno de los elementos bióticos más relevantes y de mayor significado cultural, ya que se utiliza como alimento (verdura o fruto), bebida alcohólica, dulce, forraje, cerco vivo, producto industrial, etc. Su valor cultural y biótico ha quedado

plasmado en códices, pinturas y bibliografías antiguas; su significado histórico es evidente. (Pimienta, 2011)

La planta del nopal se distribuye en América, siendo México el país con mayor abundancia de especies por lo que se puede considerar como centro de origen y diversidad de esta especie. A partir de la conquista, las mejores variedades fueron llevadas por los conquistadores a Sudamérica y al resto del mundo. Actualmente, las plantas del género *Opuntia* son nativas de varios ambientes, desde zonas áridas al nivel del mar hasta territorios de gran altura como los Andes del Perú, desde regiones tropicales de México donde las temperaturas están siempre por sobre los 5 °C a áreas de Canadá que en el invierno llegan a - 40° C. Actualmente existen en forma silvestre o cultivada en el sur de España y en toda la cuenca del Mediterráneo: Francia, Grecia, Italia y Turquía, llegando hasta Israel. El cultivo del nopal se puede limitar por tres razones:

- La abundancia de humedad.
- La carencia de nutrientes.
- Las temperaturas bajas que llegan a quemar las yemas de crecimiento.

A pesar de esto, en México, se ubican en zonas ecológicas extensas donde se pueden establecer su cultivo y desarrollo de vegetación natural (nopaleras) con buenos resultados. La planta y sus frutas toman diferentes nombres de acuerdo a los países en los que se encuentran. El nombre propio original de la tuna en la lengua náhuatl es “nochtli”. No obstante, los españoles rebautizaron al nopal con el nombre de chumbera y la fruta como higo de las Indias, o en la actualidad, higo chumbo. En Italia se conoce como fico d’India”, en Francia le llaman “figue de Barbarie”; en Estados Unidos de América y Sudáfrica “prickly pear”, (nombre que está evolucionando actualmente a “cactus pear”, a fin de eliminar el término considerado algo peyorativo de prickly, espinoso); en Israel se conoce como “sabras”, que significa espinoso por fuera pero dulce por dentro. En Eritrea y Etiopía son llamados “beles”. En la India se conocen según las lenguas locales como “nagphani”, “anda torra” o “chapathi balli”. En Brasil, como “palma forrageira”, ya que se cultiva principalmente para la producción de forraje y en Ecuador como tuna. (Stintzing, y col., 2013).

### 7.2.3. Composición química general del nopal fresco

Los cladodios tienen interés desde el punto de vista industrial ya que cuando los brotes son tiernos (10-15 cm) se usan para la producción de nopales y cuando están parcialmente lignificados (cladodios de 2-3 años), para la producción de harinas y otros productos.

**Tabla 2:** Composición química de 100g de nopal fresco

<b>Parámetro</b>	<b>Contenido</b>
Porción comestible	78,00
Energía (kcal)	27,00
Proteínas (g)	1,70
Grasa (g)	0,30
Carbohidratos (g)	5,60
Calcio (mg)	93,00
Hierro (mg)	1,60
Tiamina (mg)	0,03
Riboflamina(mg)	0,06
Niacina (mg)	0,03
Ascórbico(mg)	8,00

**Fuente:** De la Rosa, 2001

El contenido de los macro componentes en el cladodio cambia con su edad, como lo muestra la tabla N° 3. Los nopales contribuyen con una alta proporción de agua (alrededor del 90%) y son altamente cotizados por su contenido de fibra, comparable al de varias frutas y hortalizas (Zambrano y col, 2013).

Forman parte de la dieta común del pueblo mexicano y están siendo ampliamente consumidos en el sur de Estados Unidos de América por la población mexicana allí residente.

**Tabla 3:** Composición química de cladodios de distintas edades (porcentaje materia seca)

<b>Edad (años)</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Fibra cruda</b>	<b>Extracto no nitrogenado</b>
0.5	9.4	1.00	21.0	8.0	60.6
1	5.4	1.29	18.2	12.0	63.1
2	4.2	1.40	13.2	15.5	66.7
3	3.7	1.33	14.2	17.0	63.7
4	2.5	1.67	14.4	17.5	63.9

Fuente: Sáenz y col. 2006

Son ricos también en minerales, entre ellos el calcio y el potasio (93 y 166 mg/100 g, respectivamente), y tienen bajo contenido de sodio (2 mg/ 100 g), lo que es una ventaja para la salud humana. Su alto contenido en calcio, los hacen muy interesantes por la importancia de este mineral en la dieta. McConn y Nakata (2004) en un estudio efectuado en nopalitos señalan, sin embargo, que el calcio no estaría disponible para la utilización por el cuerpo humano, ya que se encuentra bajo forma de cristales de oxalato de calcio. Contienen, además, cantidades moderadas de carotenoides (30 µg/100 g) y vitamina C (11 mg/100 g) (Rodríguez y col; 2012).

La composición química de las cenizas varía en las distintas especies y también dentro de una misma especie, de acuerdo a la composición química del suelo y con los complicados fenómenos mediante los que esas plantas disponen de sus nutrientes. Estos fenómenos se relacionan con la acidez, salinidad, conductividad, grado de disociación o ionización, humedad y textura del suelo. Bravo (1978) menciona que los carbohidratos que se encuentran en este tipo de vegetales son monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.

Los néctares son sustancias que exudan los órganos especializados de las cactáceas y constituyen una mezcla de sacáridos que, probablemente, en ocasiones contengan también ligeras cantidades de aceites esenciales, sobre todo los que produce la flor. Su función es participar en la polinización. Así mismo, la composición de azúcares en *Opuntia* es de gran interés debido a la utilidad comercial de la goma de cholla y otros mucílagos. La composición de la tuna y de los frutos varía con la madurez, son frutos no climatéricos, con un contenido de sólidos solubles totales que llega a

valores de 12-15 %, dependiendo del tipo de cultivo que se maneje. (Granados. S y Castañeda P, 2012)

#### 7.2.4. Composición del nopal

**Tabla 4:** Composición media de las pencas de Opuntia

	<b>Base de materia seca</b>	<b>Base del peso fresco</b>
	<b>(g/100 g)</b>	<b>(g/100 g)</b>
<b>Agua</b>	-	88-95
<b>Carbohidratos</b>	64-71	3-7
<b>Cenizas</b>	19-23	1-2
<b>Fibra</b>	18	1-2
<b>Proteína</b>	4-10	0.5-1
<b>Lípidos</b>	1-4	0.2

Fuente: Stintzing y Reinhold (2005)

El nopal es un alimento nutritivo rico en fibra, de acuerdo a su solubilidad en agua, la fibra dietética se clasifica como soluble e insoluble. La fibra soluble se compone de mucílago, gomas, pectina, y la hemicelulosa. La fibra insoluble se compone de celulosa, lignina y una gran fracción de hemicelulosa.

#### 7.2.5. Usos del nopal

Actualmente, el nopal tiene múltiples usos, entre los que se encuentran los siguientes:

- Como frutal: Para producción de tuna, fruto del nopal, esta cactácea se cultiva en diversos países: México (67.000 Ha), Italia (2.500 Ha), Sudáfrica (1.500 Ha), Chile (1.000 Ha), Colombia (300 Ha), Israel (250 Ha), Estados Unidos de América (200 Ha), entre otros países.
- Como hortaliza (nopalito): Con este propósito el nopal se cultiva en México (10.500 Ha) y en Estados Unidos de América (150 Ha).
- Como planta forrajera: El nopal se cultiva en muchos países para este propósito: Brasil (500.000 Ha), Sudáfrica (350.000 Ha), México (150.000 Ha), además 3.000.000 Ha de nopaleras silvestres las cuales se usan para la obtención de forraje, Túnez (75.000 Ha), Marruecos (10.500 Ha), Argentina

(10.000 Ha), Estados Unidos de América (1.000 Ha, además de 500.000 Ha de nopaleras silvestres). De otros países, como Argelia, Libia, Egipto, Jordania, Etiopía, Namibia, Mozambique, etc., no se dispone de información sobre superficies cultivadas de nopal con fines forrajeros.

- Como sustrato para la producción de grana cochinilla: La cochinilla (*Dactylopus coccus Costa*) es un insecto que produce el carmín, un colorante rojo que ha vuelto a tomar importancia, a raíz de que se prohibieron, por considerarlos cancerígenos, los colorantes artificiales (FDA N° 2 y 4). Se cultiva nopal para producir grana en Perú (70.000 Ha), Bolivia (1.000 Ha), Chile (500 Ha), España (300 Ha), Sudáfrica (100 Ha), Argentina (50 Ha) y México (10 Ha).
- Como planta medicinal: Se ha probado que los nopalitas y las cáscaras de la tuna ácida (xoconostle) abate los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, por lo que su consumo en fresco, cocinado y procesado industrialmente se ha acrecentado en México.
- Como materia prima en la producción de cosméticos: En México y otros países se fabrican, de nopal o de la tuna, cosméticos como: champú, acondicionadores, jabones, cremas, lociones, mascarillas, geles, etc.
- Como materia prima para elaborar bebidas alcohólicas: En México, Estados Unidos de América, Italia, Perú, Chile, Dinamarca, etc., se utiliza el nopal y sobre todo la tuna para fabricar vinos, licores y aguardientes.
- Como cerco: La utilización de las variedades espinosas de nopal para formar cercos en los huertos familiares y en los predios ganaderos es común y muy antigua en México.
- Para la conservación del suelo: El nopal se utiliza en muchos países para proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica. Evita la desertificación en zonas áridas y semiáridas, formando setos en curvas de nivel, que soportan las condiciones del medio árido caracterizado por una precipitación pobre e irregular y alta oscilación térmica diaria y anual.

### **7.2.6. Sectores industriales que pueden beneficiarse con productos obtenidos a partir de los nopales**

- Agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano (producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas y analcohólicas de tuna y nopalitos).
- Agroindustria de alimentos para animales (suplementos y piensos de cladodio).
- Industria farmacéutica (protectores gástricos de extractos de mucílagos; cápsulas y tabletas de polvo de nopal).
- Industria cosmética (cremas, champú, lociones de cladodios).
- Industria de suplementos alimenticios (fibra y harinas de cladodios).
- Industria productora de aditivos naturales (gomas de cladodios; colorantes de la fruta).
- Sector de la construcción (compuestos ligantes de los cladodios).
- Sector energético (producción de biogás a partir de las pencas).
- Sector productor de insumos para la agricultura (productos del nopal como mejoradores del drenaje de suelos).
- Sector turismo (artesanías en base a cladodios lignificados).
- Industria textil (uso de colorantes naturales como el carmín de cochinilla).

Por todo lo anterior, se considera al nopal como uno de los recursos genéticos de gran valor que México ha dado al mundo. Según estudios realizados por la FAO se ha demostrado la importancia del nopal (*Opuntia spp*) como recurso natural y como potencial fuente de ingresos, empleo y nutrientes. Hay muchos países en los que este recurso natural se encuentra subutilizado por lo que es importante consolidar información técnica para su uso industrial, tal como la composición química, propiedades físicas, manejo pos cosecha, procesos para producción de alimentos u otros productos industriales. Un tesoro bajo las espinas, así lo definió un periodista siciliano en Palermo en (2010).

### 7.2.7. Propiedades funcionales del nopal

Tanto la fruta como los cladodios de la tuna son una fuente interesante de compuestos funcionales, entre los que destacan la fibra, los hidrocoloides (mucílago), los pigmentos (betalaínas, carotenoides), los minerales (calcio, potasio) y algunas vitaminas como la C (Sáenz y col., 2004). Una alternativa explorada hace años es la obtención de betalaínas a partir de las tunas rojas o púrpuras, las betalaínas son pigmentos solubles en agua derivados del ácido betalámico cuya estabilidad se ve afectada por el pH, siendo más estables a pH entre 4,0 y 6,0 (Castellar et al, 2003). Están formadas por dos grupos principales, las betacianinas (rojas) y las betaxantinas (amarillas), que presentan absorbancias a diferentes longitudes de onda (540 nm y 480 nm, respectivamente). Dentro de las betacianinas se encuentran varios compuestos, entre ellos la betanina, que suele ser el mayor responsable del color rojo. La betanina, también llamada rojo-betarraga, es aceptada entre los pigmentos naturales, utilizados principalmente para colorear alimentos que no son tratados térmicamente, como yogur, helados y jarabes. Se encuentra presente tanto en la cáscara como en la pulpa de los frutos y su concentración varía de acuerdo a la especie por lo que es de interés estudiar y seleccionar las especies que concentran la mayor cantidad del pigmento. (Sáenz y col., 2013)

La tuna contiene semillas en cantidad variable, generalmente en alta proporción (10-15 g/100g). Considerando que en la mayoría de los productos alimenticios que se obtienen a partir de la tuna, las semillas deben ser eliminadas y pasan a formar parte de los desechos, varios investigadores se interesaron por su aprovechamiento. Es así como Sepúlveda y Sáenz (2008) analizaron el rendimiento y composición del aceite de las semillas de tunas cultivadas en Chile, encontrando que el alto grado de insaturación de sus ácidos grasos, su importante contenido en ácido linoléico y su bajo porcentaje de ácido linolénico que podría afectar en forma adversa a su estabilidad, le daban a la semilla características que la hacían una fuente potencial para obtener el aceite comestible. Posteriormente, El Kossori (2009) analizó semillas de tunas cultivadas en Marruecos, destacando, además del aceite, el contenido de fibra (54,2 g/100 g), principalmente celulosa. Todos los autores hacen notar que esta alternativa de utilización de las semillas, sólo sería de interés en un

contexto de utilización integral de esta especie, debido fundamentalmente a su bajo rendimiento de aceite (6 al 7 %), comparado con otras oleaginosas de uso común.

Los cladodios, con su alto contenido en fibra, son actualmente una fuente importante de la misma, la que se obtiene por secado y molienda de los mismos. Este polvo o harina se destina tanto para la industria de alimentos como para la industria de complementos alimenticios, ligada en cierto modo a la industria farmacéutica. Las tabletas y cápsulas de nopal se encuentran en el mercado mexicano desde hace años y se ofrecen como un modo de controlar la obesidad y la diabetes. En México se han efectuado, sobre todo en la década de 1980, numerosos estudios al respecto, tanto en *Opuntia ficus-indica* como en *O. streptacantha*. Unos de los trabajos publicados en relación con el control de la diabetes se refieren a una evaluación del efecto de la ingesta en fresco o cocidos de *Opuntia* en pacientes con diabetes mellitus no dependientes de insulina, observándose una reducción del contenido de glucosa en sangre en ambos casos. En otro estudio, el consumo de cápsulas comerciales de cladodios de *Opuntia ficus -indica* deshidratados en pacientes con diabetes mellitus (Fрати y col., 2012) indica que las dosis recomendadas (30 capsulas diarias, en el segundo estudio) son impracticables para lograr un discreto efecto. Sin embargo, otros autores indican resultados variables dependiendo de las dosis, el modo de ingerir el producto y el tipo de *Opuntia* que se utiliza. En este sentido, aparentemente son superiores los resultados logrados con *Opuntia streptacantha*. Otros autores como (Trejo–González y col. 2013) también confirman evidencias de la acción hipoglicemiante de los cladodios de *Opuntia fulginosa*.

En los últimos años varios autores han encontrado otros efectos fisiológicos, que sugieren nuevos productos farmacéuticos en base a extractos de cladodios y también de las cáscaras de los frutos. Es el caso de los trabajos efectuados por (Galati y col. 2012) acerca del poder protector de la mucosa gástrica, mediante el cual se podrían prevenir las úlceras gástricas. Estudios realizados por (Corrales y col. 2004) señalan que los nopalitos tienen una capacidad tamponante que está relacionada con los estudios anteriormente mencionados. (Vázquez y col. 2006) señalan que el mucílago de nopal acelera la restauración de la mucosa gástrica con gastritis alcohólica provocada en ratas. En otro estudio reportado por (Galati y col. 2012) señalan que esta cactácea presenta actividad diurética por lo que ayuda al control de peso e

hipertensión. El extracto de nopal tiene un efecto protector en las alteraciones de cartílago mayor que el ácido hialurónico, comúnmente empleado en tratamientos para lesiones de articulaciones.

Estudios más recientes, como el realizado por Kim y col. (2013), sugieren que la administración preventiva de extracto metanólico de *Opuntia Ficus-indica* ayuda a aliviar los daños neuronales excitotóxicos provocados por una isquemia global. Kwak (2012) en su estudio menciona que los flavonoides aislados de frutas de nopal tiene un efecto neuroprotector por lo que pueden ser utilizados como tratamiento preventivo en los desórdenes oxidativos neuronales, como el Alzheimer.

#### **7.2.8. El mucílago del nopal**

Otro componente al que se ya se ha hecho mención por su importancia fisiológica es el mucílago. Este compuesto se presenta tanto en los cladodios como en la piel y pulpa de la fruta, aunque en muy diversas proporciones. Estudios efectuados por Sáenz y Sepúlveda (Bendason 2010) indican que el rendimiento en todos los casos es bajo: 0,5 % en la cáscara y 1,2 % en los cladodios.

El mucílago es un carbohidrato complejo, entre los monómeros contenidos en la cadena se encuentran: L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-Xilosa y ácido galacturónico. La proporción de estos monómeros en la molécula varía de acuerdo a diversos factores como: variedad, edad, condiciones ambientales y estructura empleada para la extracción (fruto, cáscara, cladodio), entre otros factores. El mucílago está presente como su sal de calcio en las células de mucílago del parénquima de la penca (Trachtenberg y Mayer, 2011).

Este mucílago constituye un hidrocoloide que podría integrar la oferta de una gran gama de agentes espesantes de amplio uso en la industria de alimentos y farmacéutica, además de que tiene una gran capacidad de absorción de agua. Su poder espesante está siendo actualmente estudiado por Cárdenas y col., (2016) con resultados interesantes, por lo que si se mejoran los rendimientos de extracción podría competir con gomas de gran uso como la goma garrofín, la goma guar u otros agentes espesantes. Una amplia revisión acerca de estos compuestos fue publicada recientemente por Sáenz y col. (2017).

### **7.3. Recubrimientos comestibles**

Los recubrimientos comestibles (RC) son definidos como sustancias que se aplican en el exterior de los alimentos de manera que los productos finales sean aptos para el consumo. Los RC se han utilizado durante siglos en la industria alimentaria, con el objetivo principal de evitar la pérdida de humedad en los alimentos. Estos recubrimientos deben ser legales, seguros para su consumo, aceptables para los consumidores y deben proporcionar un valor agregado al alimento. (Baldwin. 2012)

Además, los RC disminuyen los daños mecánicos, físicos y químicos que genera el medio ambiente al producto. A través de los años el uso de estos RC ha cobrado gran importancia debido al incremento en la demanda de alimentos frescos. La aplicación y uso de los RC ha ido evolucionando con el paso de los años y en la actualidad se puede encontrar una gran variedad de productos recubiertos como frutas, verduras, productos cárnicos, productos horneados, entre otros. (Falguera. 2011).

Los recubrimientos al controlar transferencia de humedad, gases, y compuestos volátiles, han demostrado la capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, además de prolongar su vida de almacenamiento. Sin embargo; al recubrir un alimento para retardar la pérdida de humedad, es necesario que exista una cierta permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono para evitar una respiración anaeróbica que podría inducir desórdenes fisiológicos y una pérdida rápida de la calidad y vida de anaquel en los mismos. También, las PC (Películas Comestibles) y RC (Recubrimientos Comestibles) pueden admitir y transportar ingredientes funcionales tales como antioxidantes, antimicrobianos, nutrimentos, sabores y colorantes para destacar la calidad, funcionalidad y seguridad de los alimentos, siendo esta actualmente una de las características más importantes en el uso de cubiertas (Falguera. 2011).

#### **7.3.1. Propiedades de los recubrimientos comestibles**

Las películas y recubrimientos comestibles deben cubrir los siguientes requerimientos para poder ser utilizados en alimentos (McHugh y Kronchta, 1994):

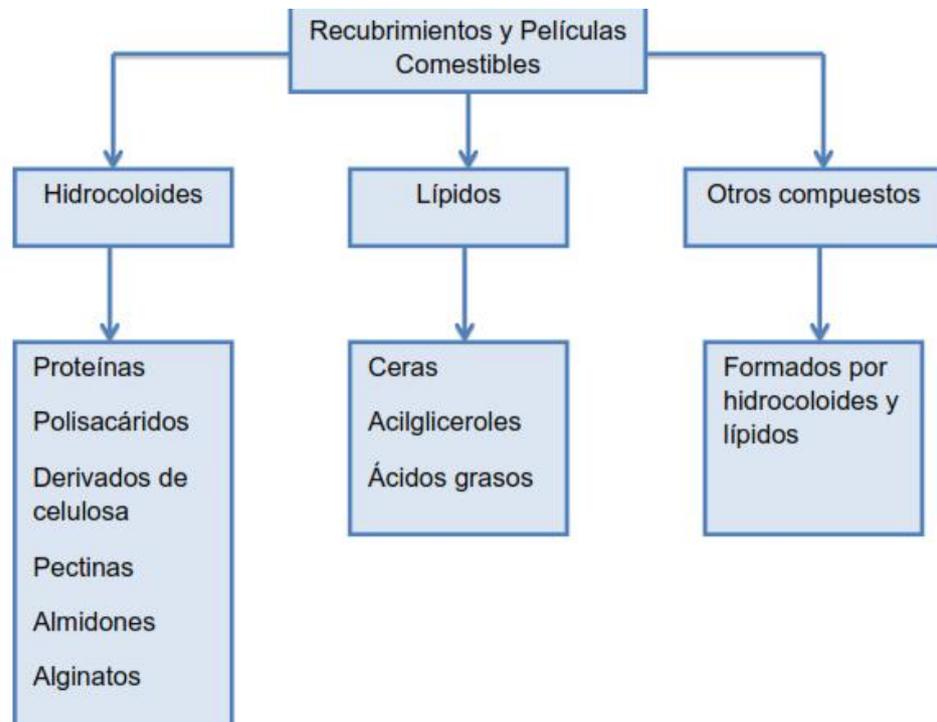
- Buenas cualidades sensoriales.
- Eficiencia mecánica y gran capacidad de barrera.
- Suficiente estabilidad bioquímica, física y microbiológica.

- Libre de tóxicos y seguros para la salud.
- Tecnología simple de fabricación y aplicación.
- No contaminante.
- Bajo coste como materia prima y proceso.

### 7.3.2. Composición de los recubrimientos y películas comestibles

Los recubrimientos y películas comestibles se pueden clasificar en tres grandes grupos, en la Figura 1 se muestra la clasificación de los recubrimientos y películas comestibles.

**Figura 1:** Clasificación de los recubrimientos y películas comestibles



**Elaborado por:** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### 7.3.3. Hidrocoloides: Polisacáridos y proteínas

Los biopolímeros de alto peso molecular y soluble en agua son denominados comúnmente hidrocoloides. Las películas o recubrimientos formulados con hidrocoloides tienen aplicaciones en los casos en los que el control de la migración de vapor de agua no es el objetivo, ya que éstas son excelentes como barrera para la difusión del O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y lípidos.

Los polisacáridos son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos en frutas y hortalizas, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, pero son hidrofílicos y por lo tanto constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad. Las proteínas utilizadas en la formulación de recubrimientos comestibles pueden ser de origen animal (caseínas, proteínas del suero lácteo) o de origen vegetal (zeína de maíz, gluten de trigo, y proteína de soja, principalmente) y dependiendo de este origen muestran una amplia variedad de características moleculares. Así, las proteínas varían en su peso molecular, conformación, carga (dependiendo del pH), flexibilidad y estabilidad térmica y las diferencias en estas características moleculares determinarán su habilidad para formar recubrimientos así como las características de los recubrimientos formados. (Bósquez, 2013)

#### **7.3.4. Lípidos y resinas**

Los recubrimientos a base de estos componentes como ingredientes mayoritarios se elaboran con ceras y aceites como la cera o aceite de parafina, cera de abejas, cera de carnauba, cera de candelilla, aceite mineral, aceite vegetal, monoglicéridos acetilados, ácido esteárico, ácido láurico o ésteres de ácidos grasos-sacarosa. Generalmente estas cubiertas son barreras efectivas contra la humedad, mientras que las que contienen resinas (shellac, rosin de madera, etc) son más permeables al vapor de agua en menor grado que algunos recubrimientos de polisacáridos. (Bósquez, 2013)

#### **7.3.5. Otros componentes**

Con la intención de aprovechar las ventajas de los diferentes componentes, las formulaciones se elaboran combinando los materiales mencionados en diferentes proporciones. En estas cubiertas compuestas, el uso de dos o más materiales simplemente combinados o laminados permiten mejorar las propiedades de intercambio gaseoso. Adherencia y permeabilidad al vapor de agua.

Los recubrimientos compuestos de quitosano y algunos ácidos grasos de punto de ebullición alto producen una sal de ácido graso-quitosano, en donde la transmisión del agua depende de la hidrofobicidad de la cadena del ácido graso, encontrándose

que con el recubrimiento de ácido láurico-quitosano se obtiene una estructura única de placas sobrepuestas que mejoran la propiedad de resistencia al agua de la cubierta, mientras que la tasa de difusión gaseosa no se afecta por la hidrofobicidad del recubrimiento. (Bósquez, 2013)

#### 7.4. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre de vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes).

Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser:

- Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, y ácidos).
- Monoterpenos.
- Sesquiterpenos.
- Fenilpropanos.

##### 7.4.1. Clasificación de los aceites esenciales

De acuerdo con su consistencia y origen los aceites esenciales se clasifican:

- **Esencias fluidas:** Son líquidos volátiles a temperatura ambiente.
- **Bálsamos:** Son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización.
- **Oleorresinas:** Tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas.
- **Naturales:** Se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores debido a su rendimiento tan bajo son muy costosos.
- **Artificiales:** Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo la mezcla

de esencia de rosa, geranio y jazmín enriquecida con linalool o la esencia de anís enriquecida con anetol.

- **Sintéticos:** Como su nombre lo indica son los productos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

## **7.5. Aceite esencial de romero**

### **7.5.1. Capacidad antioxidante del romero**

Los compuestos activos del romero que presentan mayor actividad antioxidante son los ácidos fenólicos, flavonoides, pigmentos naturales (capsaicina y curcumina) y terpenos (rosmanol, ácido carnósico, carnosol, epirosmanol e isorosmanol). (Martínez y col. 2004).

Se ha observado que la actividad antioxidante de los extractos de romero se debe particularmente a los ácidos caféico y rosmarínico, estos últimos poseen una doble función: como antioxidante y estimulante de la producción de prostaglandina E2 e inhibidor de la producción de leucotrienos B4 en leucocitos polimorfonucleares en el humano. (Martínez y col. 2014)

Notablemente, el ácido carnósico es un excelente inactivador de radicales peróxilo, es decir es un antioxidante primario, y no solo inhibe la formación de hidroperóxidos sino también previene su descomposición.

Una característica del extracto de romero es que su actividad antioxidante se incrementa conforme el pH disminuye, posiblemente debido a que tanto el ácido carnósico como el carnosol son más estables y su efecto protector puede durar más tiempo durante la oxidación. (Martínez y col. 2014)

### **7.5.2. Composición del aceite de romero**

Los principales componentes químicos del aceite de romero incluyen a-pineno, borneol, b-pineno, alcanfor, acetato de bornilo, canfeno, 1,8-cineol y limoneno.

Un estudio publicado en Chemistry of Natural Compounds investigó los compuestos volátiles obtenidos del aceite esencial de romero cultivado en el Sahara argelino. Su análisis encontró que 30 compuestos representaban el 98.2 % del aceite esencial, con el 1,8-cineol (29.5 %), 2-etil-4,5-dimetilfenol (12 %) y alcanfor (11.5 %) como los componentes principales.

El ácido rosmarínico posee actividad microbiana, antiviral, antiinflamatoria y antioxidante. Los ácidos orgánicos les confieren a las hojas de romero propiedades coleréticas y diuréticas, acción que es reforzada por flavonoides, las cuales son espasmolíticos.

## 7.6. Pectina

La pectina es un polisacárido que se encuentra en las paredes celulares de las plantas y principalmente en sus frutos. Tiene un amplio abanico de usos, aunque su característica principal es la de ser un gelificante natural. También la podemos utilizar como aditivo estabilizante, entre otros usos no gastronómicos. La pectina suele ser extraída de la fruta por lo general, de la piel de la manzana o de los cítricos. (Bósquez, 2013)

## 7.7. Marco conceptual

**Recubrimiento comestible:** Una película que cubre a los alimentos prolongando su vida útil.

**Mucílago:** Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma, que contienen algunos vegetales.

**Nopal:** Planta cactácea de tallos muy carnosos formados por una serie de paletas ovales con espinas que representan las hojas, flores grandes con muchos pétalos y fruto (higo chumbo o tuna) en baya de corteza verde amarillento y pulpa comestible, de sabor dulce y color anaranjado o verdoso.

**Cholla:** goma exudada

**Aceite esencial:** Un aceite esencial o aceite etéreo refiere a metabolitos secundarios de las plantas lipofílicas y altamente volátiles alcanzando una masa por debajo de su peso molecular de 300, que se puede separar físicamente de otros componentes de la planta o tejido.

**Atmósfera controlada:** Es una técnica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara en frío conservación, en la que se realiza un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire).

**Oleorresinas:** Mantienen los factores de calidad de las especias como el aroma, picor e incluso color.

**Lignificados:** Órgano vegetal endurecido, rico en tejido leñoso

**Cladodios de nopal:** Es una rama (macroblasto) aplastada, con función de hoja. Tallo modificado, aplanado, que tiene la apariencia de una hoja y que la reemplaza en sus funciones, porque las hojas existentes son muy pequeñas o rudimentarias para poder cumplir con sus tareas.

**pH:** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

**Resinas:** es una secreción orgánica que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Sirve como un recubrimiento natural.

## 8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

### H0

Las concentraciones de mucílago de nopal y aceite esencial de romero en el recubrimiento comestible, No influyen en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas en productos alimenticios.

### H1

Las concentraciones de mucílago de nopal y aceite esencial de romero en el recubrimiento comestible, Si influyen en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas en productos alimenticios.

## 9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### 9.1. Metodología

#### 9.1.1. Ubicación de la investigación

La presente investigación se llevó a cabo en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, barrio Salache, parroquia Eloy Alfaro, Universidad Técnica de Cotopaxi en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial.

#### 9.1.2. Método utilizado

Para el trabajo de investigación fue requerido el uso de varios métodos y procedimientos para que sea conducido a la ampliación de conocimientos. Es por ello que se llevó a cabo una investigación implementado acciones y procedimientos metódicos.

- **Deductivo:** Es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios. En este sentido, es un proceso de pensamiento que va de lo general (leyes o principios) a lo particular (fenómenos o hechos concretos). (Goode. 2015) Se utilizó durante el desarrollo de los antecedentes generales de este proyecto.
- **Inductivo:** El método inductivo es un proceso mental que, al llegar al conocimiento o la demostración de la verdad de los hechos particulares, probados, hace que se pueda llegar a una conclusión general. (Goode. 2015) Este método fue utilizado ya que alcanza conclusiones generales partiendo de hipótesis o antecedentes en particular.
- **Matemático:** Es uno de los tipos de modelos científicos que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables de las operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. (Goode. 2015)

- **Experimental:** La investigación experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver. (Goode. 2015)

Para determinar el mejor tratamiento se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar en arreglo factorial de  $2 \times 2$  con dos replicas.

Se aplicó en los diferentes cálculos, como costos de producción, para elegir el mejor tratamiento y presupuesto del proyecto.

- **Estadístico:** Consiste en una secuencia de procedimientos para el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación. (Goode. 2015)  
Este método fue utilizado para tabular la información obtenida de los análisis realizados.

### 9.1.3. Tipo de investigación

Durante el desarrollo de la parte investigativa se utilizaron las siguientes investigaciones las cuales permitieron recolectar información para el desarrollo del proyecto.

- **Bibliográfica:** Consiste en la revisión de material bibliográfico existente con respecto al tema a estudiar. Se trata de uno de los principales pasos para cualquier investigación e incluye la selección de fuentes de información. (Goode. 2015)

La investigación fue documentada de acuerdo a las investigaciones referentes a recubrimientos comestibles, toda la información fue extraída de libros, revistas, tesis y artículos científicos. Los resultados de esta investigación servirán como fuente de información para posibles investigaciones a futuro.

### 9.1.4. Técnicas de investigación

- **Observación:** Técnica que consiste en observar directa y atentamente el fenómeno, hecho o caso para tomar información y registrarla para su posterior análisis e interpretación. (Goode. 2015)

Esta técnica fue de gran ayuda durante el desarrollo del recubrimiento comestible, para evitar errores durante el proceso.

## **9.2. Materiales, materias primas, insumos y equipos**

### **9.2.1. Materiales**

- Ollas.
- Tamiz.
- Cucharas.
- Recipientes.
- Fósforos.
- Vasos de precipitación.

### **9.2.2. Materia prima**

- Nopal.
- Naranja.

### **9.2.3. Insumos**

- Aceite esencial de romero.
- Agua destilada.
- Pectina.

### **9.2.4. Equipos**

- Balanza electrónica.
- Cocina.
- Viscosímetro
- pH-metro.
- Brixometro
- Licuadora.
- Refrigeradora.

### **9.2.5. Reactivos Químicos**

- Fenolftaleína al 1 %.
- Solución de NAOH 0.1 N

### 9.3. Metodología de elaboración

#### 9.3.1. Extracción de mucílago de nopal

- **Recepción:** Se trabajó con nopales de máximo dos años de edad.
- **Limpieza:** Con la ayuda de un cuchillo, se retiró las espinas, después de lavo los nopales en una solución de agua clorada al 0.1 %, dejándolas en reposo por 15 minutos.
- **Pelado y troceado:** Se procedió a retirar la cascara del nopal dejando únicamente la pulpa, el troceado se realizó en pequeños pedazos.
- **Pesado:** El pesado se realizó antes y después del pelado del nopal.
- **Licuada:** Se realizó en una licuadora común, se añadió el nopal y el agua destilada se licuó a baja velocidad aproximadamente por unos 15 segundos.
- **Cocción:** Se procedió a llevar a fuego lento revolviendo con frecuencia hasta alcanzar una temperatura de 80 °C, una vez alcanzada la temperatura se lo mantiene por 20 minutos.
- **Adición de pectina:** Se colocó en dos concentraciones una 6 % y la otra 3 %.
- **Filtración:** Mediante la ayuda de un tamiz fino, se procedió a la extracción del mucílago evitando el paso de los sólidos, se dejó filtrar bajo refrigeración a una temperatura de 5 °C por 24 horas, obteniendo una sustancia líquida viscosa.

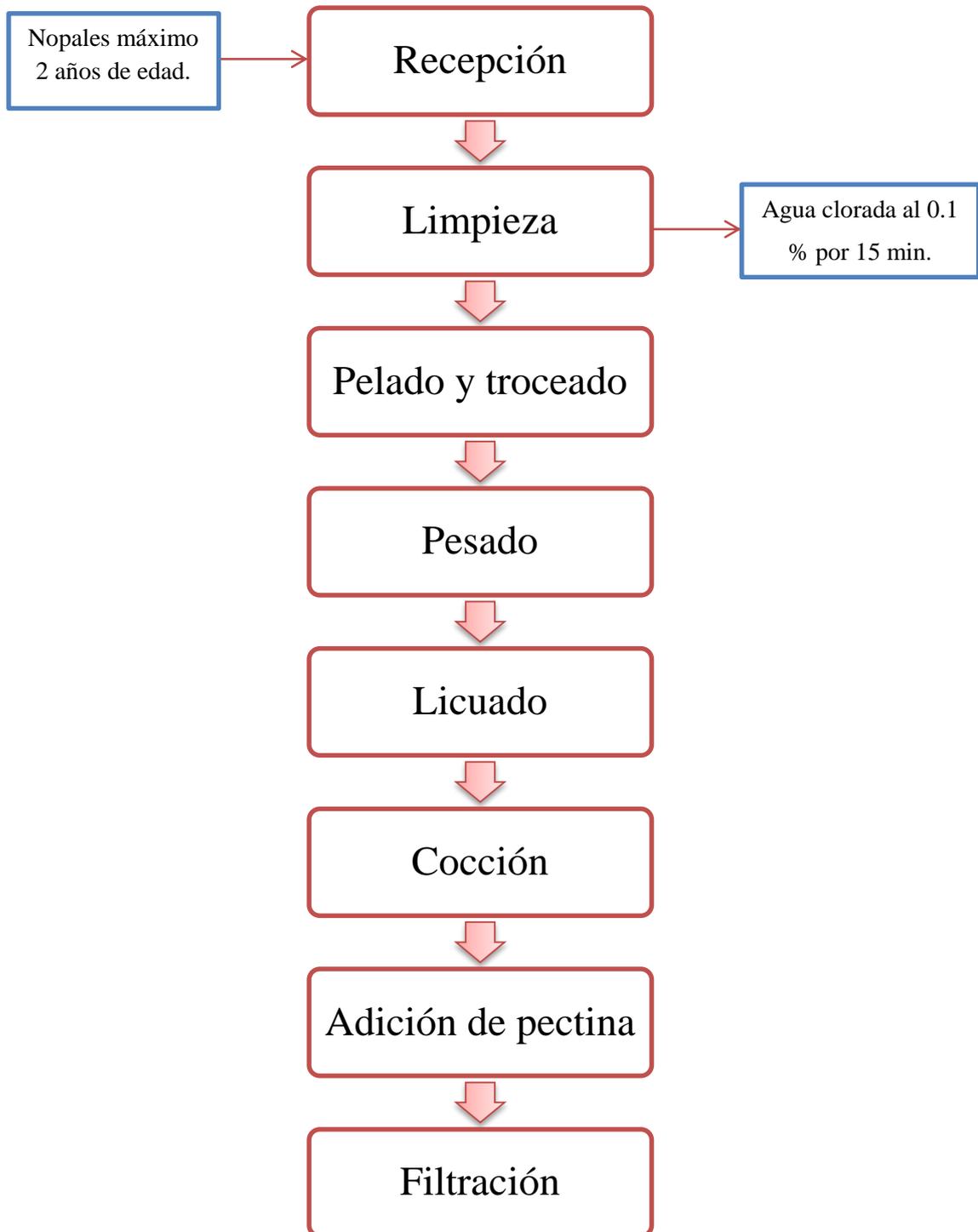
#### 9.3.2. Preparación de solución

- **Disolución:** Se realizó 4 disoluciones, con diferentes concentraciones.
- **Homogenización:** Con la ayuda de una varilla de agitación homogenizamos las dos sustancias (mucílago de nopal con pectina y aceite esencial de romero).

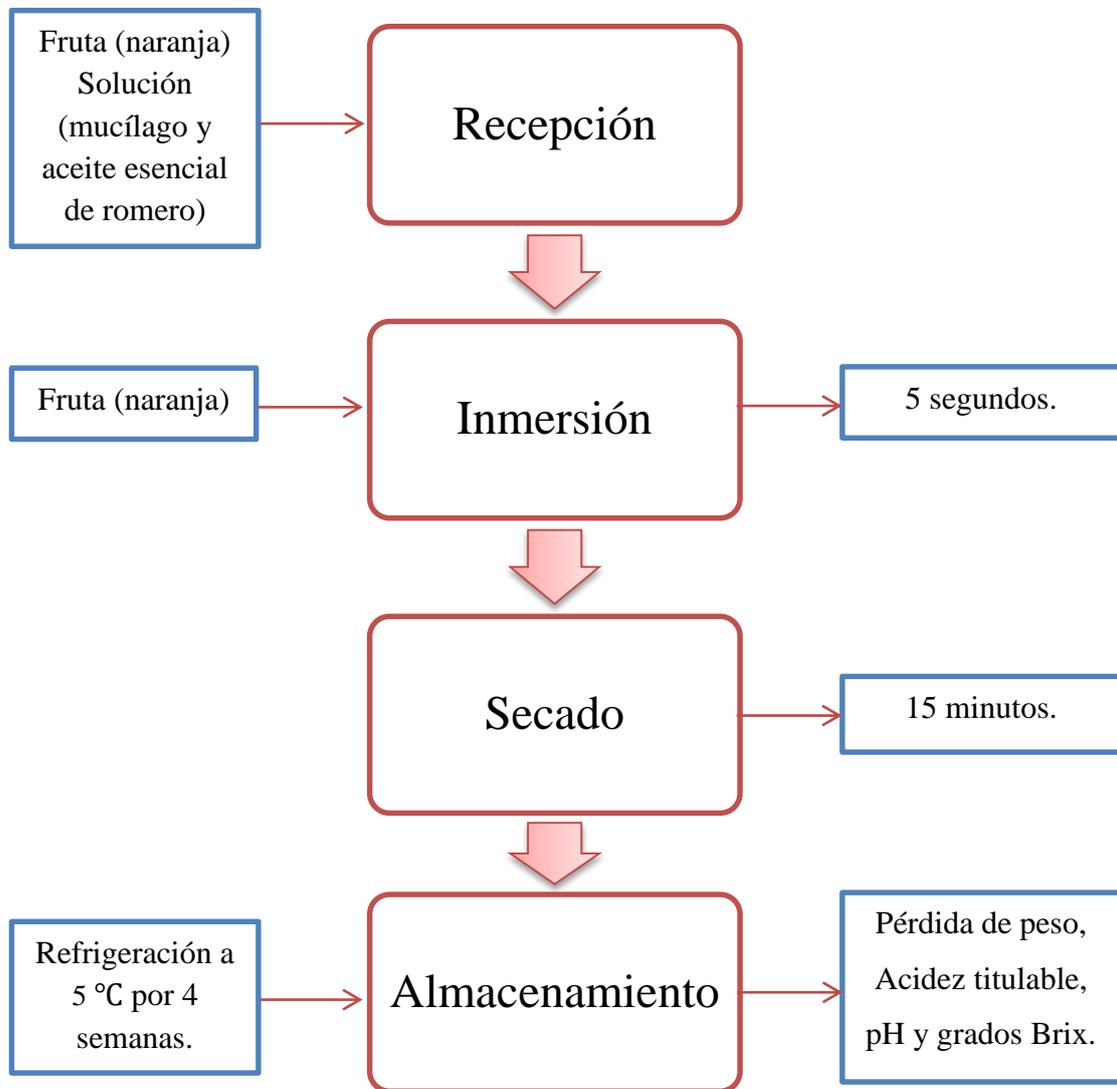
#### 9.3.3. Aplicación de solución

- **Recepción:** Se seleccionó la fruta (naranja) a aplicar, se lavó para dejarla libre de partículas extrañas.
- **Inmersión:** Se sumergió la fruta (naranja) en la solución a base de mucílago de nopal y aceite esencial de romero, por un tiempo de 5 segundos.

- **Secado:** Se lo dejó en un lugar fresco y libre de agentes extraños que puedan afectar la función del recubrimiento aproximadamente por unos 15 minutos.
- **Almacenamiento:** Se refrigeró a una temperatura de 5 °C por 4 semanas durante el almacenamiento se evaluaron: pérdida de peso, acidez titulable, pH y grados °Brix.

**Figura 2:** Flujograma de la extracción del mucílago de nopal

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

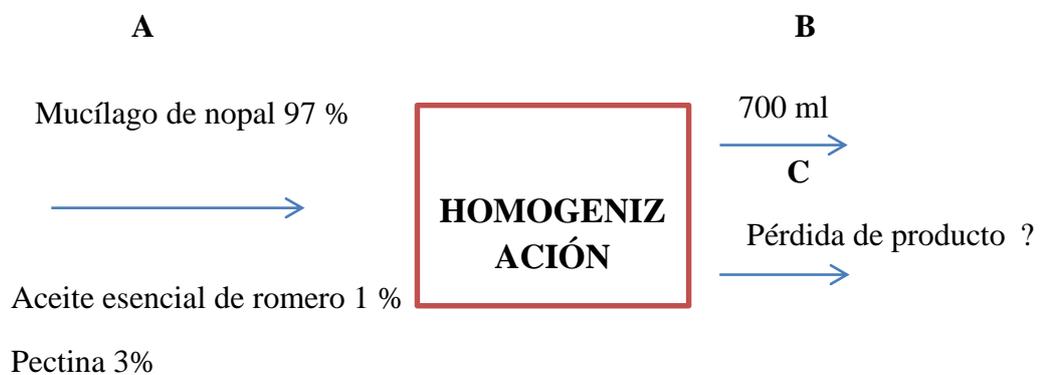
**Figura 3:** Flujograma de aplicación de solución

**Elaborado por:** Osorio. N y Yanez. M, 2018

#### 9.4. Balance de materiales del mejor tratamiento

El balance de materia es un método matemático utilizado principalmente en la ingeniería. Se basa en la ley de conservación de materia, que establece que la masa de un sistema cerrado permanece siempre constante. La masa que entra en un sistema debe por la tanto salir del sistema o acumularse dentro de él es decir:

$$\text{entradas} = \text{salidas} + \text{acumulación}$$



$$A = B + C$$

$$1000 = 700 + C$$

$$1000 - 700 = C$$

$$C = 300 \text{ ml de pérdida de producto}$$

#### Rendimiento del producto

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{producto final}}{\text{producto inicial}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{700}{1000} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 70 \%$$

El objetivo del balance de materiales es conocer que cantidad de producto se pierde durante el proceso de filtración, hubo una pérdida de producto de 300 ml, debido a que los sólidos se quedaron en el tamiz pasando solo la solución viscosa, con un rendimiento de más de la mitad con un 70 %.

### 9.5. Determinación del costo del mejor tratamiento

**Tabla 5:** Determinación del costo del mejor tratamiento

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Nopal	Lb	15	0.25	3.75
Aceite esencial de romero	MI	1	-	30.00
Pectina	G	3	-	9.25
			<b>TOTAL</b>	43.00

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

#### Otros rubros

##### Mano de obra 10 %

43.00 USD ————— 100 %

X ————— 10 %

**X = 4.30 USD**

##### Desgastes de equipo 5 %

43.00 USD ————— 100 %

X ————— 5 %

**X = 2.15 USD**

**Combustible y energía 5 %**

43.00 USD ————— 100 %

X ————— 5 %

**X = 2.15 USD****Tabla 6:** Otros rubros

Otros rubros	%	Valor \$
Mano de obra	10	4.30
Desgastes de equipo	5	2.15
Combustible y energía	5	2.15
	<b>TOTAL</b>	8.60

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

**Costo neto** = costo total + otros rubros**Costo neto** = 43.00 USD + 8.60 USD**Costo neto** = 34.40 USD**Costo unitario** = Costo neto / # unidades**Costo unitario** = 34.40 USD / 60**Costo unitario** = 0.57 USD**Utilidad 25 %**

0.57 USD ————— 100 %

X ————— 25 %

**X = 0.14 USD**

$$\text{PVP} = \text{Costo unitario} + \text{utilidad}$$

$$\text{PVP} = 0.57 \text{ USD} + 0.14 \text{ USD}$$

$$\text{PVP} = 0.71 \text{ USD}$$

### Análisis

Después de haber establecido los costos de producción del RC tenemos que la presentación de cada unidad de RC tiene un precio de 0.71 ctvs., siendo un valor relativamente accesible para los consumidores.

### 9.6. Diseño experimental

Para el diseño experimental acorde a la investigación de recubrimiento comestible se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en un arreglo factorial 2\*2 con 2 réplicas.

#### 9.6.1. Variables

**Tabla 7:** Identificación de variables dependiente e independiente

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores dimensionales	
Recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal y aceite esencial de romero.	Formulación Porcentajes de mucílago y pectina	Balance de materia	Mejor tratamiento
		Características fisicoquímicas para determinar el mejor tratamiento.	pH Sólidos solubles Acidez Pérdida de peso
	Cantidad de aceite esencial	Costo de producción	Mejor tratamiento
		Estabilidad en cuanto a producto aprueba	Naranja con un tiempo de 4 semanas

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### 9.6.2. Factores de estudio

Concentraciones para la elaboración de un recubrimiento comestible factor A con 2 niveles, el B con 2 niveles, C con 2 niveles; dando un total de 8 tratamientos con 2 réplicas.

**Factor A:** Concentraciones de mucílago

a1: 94% mucílago

a2: 97% mucílago

**Factor B:** Concentración de pectina

b1: 6% pectina

b2: 3% pectina

**Factor C:** Concentración de aceite esencial de romero

c1: 1 ml

c2: 0.5 ml

**Tabla 8:** Factor de estudio

FACTORES	DESCRIPCION	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
A	mucilago de nopal	a <sub>1</sub>	94% de mucilago
		a <sub>2</sub>	97% de mucilago
B	Pectina	b <sub>1</sub>	6 % de pectina
		b <sub>2</sub>	3 % de pectina
C	Aceite esencial de romero	c <sub>1</sub>	1 ml
		c <sub>2</sub>	0.5 ml

**Elabora por:** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### 9.6.3. Tratamiento en estudio

En el siguiente trabajo se obtuvo 8 tratamientos con 2 réplicas lo mismo que se detalla a continuación.

**Tabla 9:** Tratamientos

		Repeticiones	Descripción
<b>TRATAMIENTOS</b>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	Testigo
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	94% de mucílago, 6 % de pectina con 1,0 ml aceite esencial de romero
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	94% de mucílago, 6 % de pectina con 0,5 ml aceite esencial de romero
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	94% de mucílago, 3 % de pectina con 1,0 ml aceite esencial de romero
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	94% de mucílago, 3 % de pectina con 0,5 ml aceite esencial de romero
	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	97% de mucílago, 6 % de pectina con 1,0 ml aceite esencial de romero
	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	97% de mucílago, 6 % de pectina con 0,5 ml aceite esencial de romero
	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	97% de mucílago, 3 % de pectina con 1,0 ml aceite esencial de romero
	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	97% de mucílago, 3 % de pectina con 0,5 ml aceite esencial de romero

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

#### 9.6.4. Marco muestral

Las unidades de estudio de la investigación en el recubrimiento comestible, el cual se sometió a un análisis fisicoquímico como son: pH, acidez, °Brix y pérdida de peso para determinar el mejor tratamiento.

#### 9.6.5. Población

La población que se tomó en cuenta para el desarrollo de la investigación es de 1697,98 g de nopal de los cuales en cada tratamiento se utilizó 848,99 g por cada una.

### 9.6.6. Muestra

Dentro de la investigación para calcular el tamaño de la muestra de una población descrita anteriormente se dividió los 3398,87 g para los 8 tratamientos en estudio y se obtuvo una muestra de 424,48 g por cada tratamiento para cada interacción entre variedades de nopal, pectina y aceite esencial de romero.

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 10.1 Variables

#### 10.1.1. Variable pH

**Tabla 10:** Análisis de varianza

Factores de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medio	F calculado	P-valor	F crítico
Semanas	0,4447	3	0,1482	3,7094	0,0253	3,0088
Tratamiento	3,2696	8	0,4087	10,2280	< 0,0001	2,3551
Error	0,9590	24	0,0400			
Total	4,67	35				
C.V. (%)	7,0071					

**Elaborado por:** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

\*significativo

\*\* Altamente significativo

C.V. (%) coeficiente de variación

#### Análisis e interpretación

Los datos obtenidos en la tabla 10, el análisis de varianza de pH se visualizó que el f calculado es mayor que las f crítico, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir que existen diferencias estadísticas en cuanto a pH de la naranja recubierta por el recubrimiento comestible por tal razón es necesario aplicar la prueba de tukey al 5%.

Además, se puede verificar que el coeficiente de variación es confiable lo que significa que de cien observaciones el 7,0071 % van a ser diferentes y el 92,9929 % de las observaciones serán confiables de acuerdo al pH, lo cual refleja la precisión

que fue desarrollado el ensayo y la aceptación del porcentaje en cuanto al control que se realizó dentro del laboratorio.

En conclusión, se menciona que los diferentes porcentajes de mucílago, pectina y aceite esencial de romero si influyen en la variable del pH de la naranja que se procede a realizar la prueba de tukey.

**Tabla 11:** Prueba de tukey para pH

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	3,5200	A
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	3,2850	A
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	2,7475	B
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	2,7475	B
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	2,7175	B
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	2,6950	B
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	2,6800	B
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	2,6600	B
T <sub>0</sub>	2,6225	B

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

**Elaborado por:** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

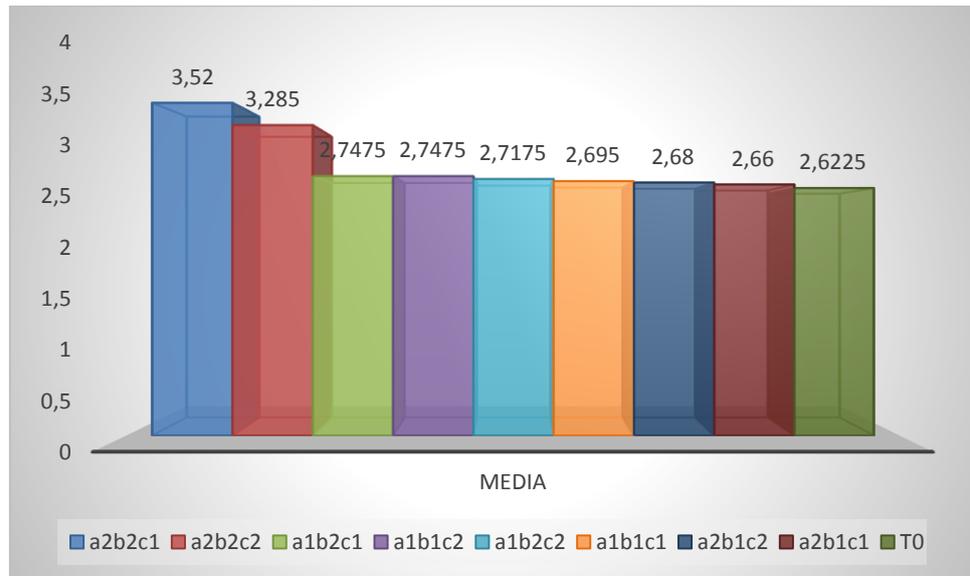
**Análisis e interpretación de la tabla**

De acuerdo al análisis e interpretación de la tabla 11, para el factor variable del recubrimiento comestible tuvo un pH de 3,5200 que se ubica en el grupo homogéneo A, en la que existe una gran diferencia en el producto que esta con el recubrimiento comestible del que se mantuvo naturalmente y tendió a disminuir con mayor rapidez en la que existe diferencia significativa en los tratamientos.

En conclusión, se manifestó que las diferentes concentraciones de mucílago, pectina y aceite esencial, si influyen en la estabilidad del pH de la fruta tratada por el recubrimiento comestible ya que se pudo observar que en el testigo tubo 2,6225 una mayor disminución a diferencia del t<sub>7</sub> (3,52) que ha retardado en la disminución del pH en la que es un parámetro para mejorar la vida de anaquel en cuanto a la naranja, lo cual se asemeja a lo reportado por (Brito, 2014) en su investigación en naranjas recubiertas con quitosano muestra valores de 3,40 a 3,60 de pH.

El pH de la naranja varía por lo general entre 2,9 y 3,9 en las afirmaciones de Gonzalo y Salya (2014), por lo cual las naranjas tratadas con el recubrimiento comestible elaborado y el testigo están dentro de los parámetros estimados por los autores mencionados.

**Gráfico 1:** Promedio para el variable pH



Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### Análisis e interpretación del gráfico 1

En el gráfico 1, podemos mencionar que el tratamiento que presenta mejor pH es el t7 (a2b2c1) que corresponde a la formulación (97% de mucílago, 3% de pectina) con aceite esencial al 1% que permite mantener la vida de anaquel en cuanto a la fruta a su vez el pH es considerado como un indicador de madurez en la que se puede apreciar con el testigo que sufre un gran descenso en su pH y tiende a dañar la fruta.

En conclusión, se observa que el tratamiento t7 (a2b2c1) presenta menos cambios en cuanto al pH es decir que la naranja recubierta por el recubrimiento comestible ha disminuido los parámetros de madurez que determina un parámetro de calidad.

### 10.1.2. Variable de acidez titulable

**Tabla 12:** Análisis de varianza

<b>Factores de varianza</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>P-valor</b>	<b>F crítico</b>
<b>Semanas</b>	0,23	3	0,0785	5,0406	0,0006	3,0088
<b>Tratamiento</b>	0,37	8	0,0475	8,3393	0,0009*	2,3551
<b>Error</b>	0,22	24	0,0094			
<b>Total</b>	0,84	35				
<b>C.V. (%)</b>	9,2208					

**Elaborado por:** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

\*significativo

\*\* Altamente significativo

C.V. (%) coeficiente de variación

### Análisis e interpretación

Los datos obtenidos en la tabla 12, en el análisis de varianza se observó q el f calculado es mayor que el f crítico a un nivel de confianza de 95% en donde los factores y las interacciones son altamente significativa, y a su vez se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa con respecto al recubrimiento comestible, al tener diferencias altamente significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de tukey al 5%. A su vez se pudo constatar que el coeficiente de variación es confiable de cien observaciones, el 9,2208% van a ser diferentes y el 90,8813 % de observaciones serán confiables estos serán valores iguales para todos los tratamientos en cuanto a su acidez.

En conclusión, se menciona que la concentración de mucílago, pectina y aceite esencial de romero si influyen en el proceso de recubrimiento comestible de la fruta permitiendo retardar la acidez titulable dando un ligero crecimiento mientras que el testigo tiende a aumentar considerablemente dentro de las 4 semanas.

**Tabla 13:** Prueba de tukey para acidez titulable

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos		
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	0,9350	A		
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	0,9400	A		
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	0,9625	A	B	
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	0,9700	A	B	C
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	1,0325	A	B	C
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	1,0825	A	B	C
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	1,1600	A	B	C
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	1,1875		B	C
T <sub>0</sub>	1,2025		B	C

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

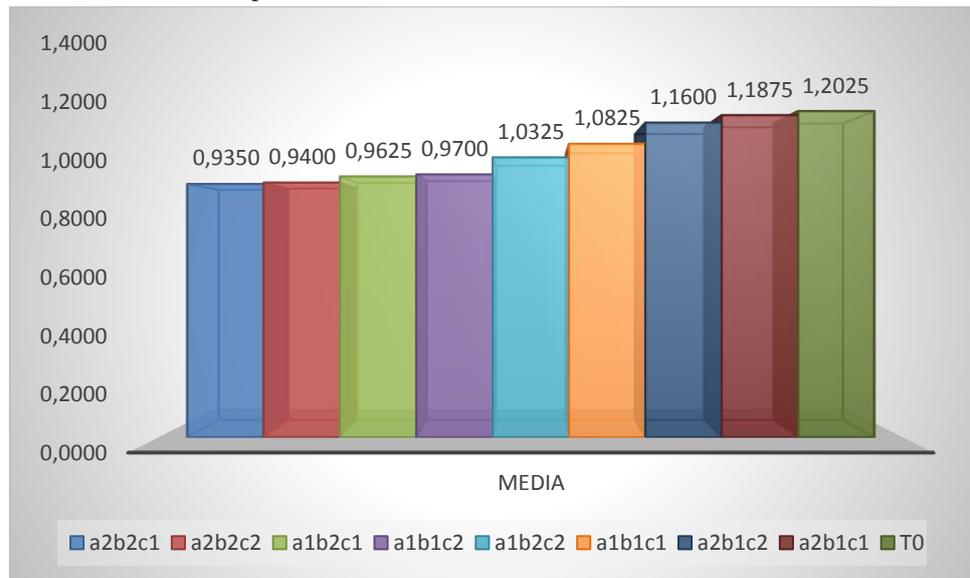
Elaborado por. Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### Análisis e interpretación

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 13, se determinó que el mejor tratamiento en cuanto crecimiento controlado de acidez titulable en la naranja para el recubrimiento comestible es t7 (a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>) que corresponde a la formulación (97% de mucílago, 3% de pectina) con aceite esencial de romero al 1% que pertenece al grupo homogéneo A, en la que comparando con el testigo la acidez de este a aumentado ya que sigue desarrollando la naranja.

En conclusión, se menciona que la mayor cantidad de mucílago al 97% y pectina al 3% en la formulación permite disminuir el aumento de la acidez titulable y mantener sus características por mayor tiempo. Este atributo permite mejorar los tiempos de vida útil de la fruta tratada por este nuevo desarrollo.

Los valores de acidez de la naranja varían entre 0.65% a 1.1% según la División Agroindustrial de Meals de Colombia (2010), sin embargo, Pérez (2011) muestra valores de 1.05% a 1.61% de acidez, los resultados obtenidos de la presente investigación del recubrimiento comestible (0.93% de acidez) y del testigo (1.20% de acidez), está dentro de los rangos de los artículos citados.

**Gráfico 2:** Promedio para la variable acidez titulable

Elaborado por. Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### Análisis e interpretación del gráfico 2

En el gráfico 3, se mencionó que el tratamiento que presenta un ligero aumento de su acidez titulable es t7 (a2b2c1) que corresponde a la formulación de mucílago y pectina a una concentración de (97% - 3%) con aceite esencial de romero permitiendo así mantener la vida de anaquel en cuanto a la fruta a su vez la acidez es un indicador de madurez a mayor cantidad de acidez la naranja tiende a perder los atributos de calidad esto se pudo observar en el testigo que se tomó como referencia.

En conclusión, se observa que el tratamiento t7 (a2b2c1) presenta menor cantidad de acidez y no tiende a dar características de envejecimiento de la naranja, como pérdida de firmeza, decoloración de la fruta, ya que no perjudica a los atributos de calidad.

Mientras que en el testigo que se toma de referencia se puede apreciar un incremento en la presencia mayor cantidad de acidez y a su vez tiende a envejecer con mayor rapidez.

### 10.1.3. Variable de sólidos solubles (°Brix)

**Tabla 14:** Análisis de varianza

Factores de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medio	F calculado	P-valor	F crítico
Semanas	4,5633	3	1,5211	6,5118	0,0022	3,0088
Tratamiento	23,4239	8	2,9280	12,5348	< 0,0001	2,3551
Error	5,6061	24	0,2336			
Total	33,5932	35				
C.V. (%)	3,2549					

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

\*significativo

\*\* Altamente significativo

C.V. (%) coeficiente de variación

#### Análisis e interpretación

Los datos obtenidos en la tabla 14, en el análisis de varianza se observó que el f calculado es mayor que el f crítico a un nivel de confianza de 95% en donde los factores y las interacciones son altamente significativa, y a su vez se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa con respecto al recubrimiento comestible, en que al tener diferencias altamente significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de tukey al 5%.

A su vez se pudo constatar que el coeficiente de variación es confiable de cien observaciones, el 3,2549% van a ser diferentes y el 96,7451 % de observaciones serán confiables estos serán valores iguales para todos los tratamientos en cuanto a sus sólidos solubles.

En conclusión, se menciona que la concentración de mucílago, pectina y aceite esencial si influyen en el proceso del recubrimiento comestible de la naranja dándole mayor vida de anaquel al fruto.

**Tabla 15:** Prueba de tukey para °Brix

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	14,2400	A
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	14,3000	A
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	14,3000	A
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	14,4625	A
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	14,5500	A
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	14,5500	A
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	14,5500	A
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	16,3000	B
T <sub>0</sub>	16,3850	B

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

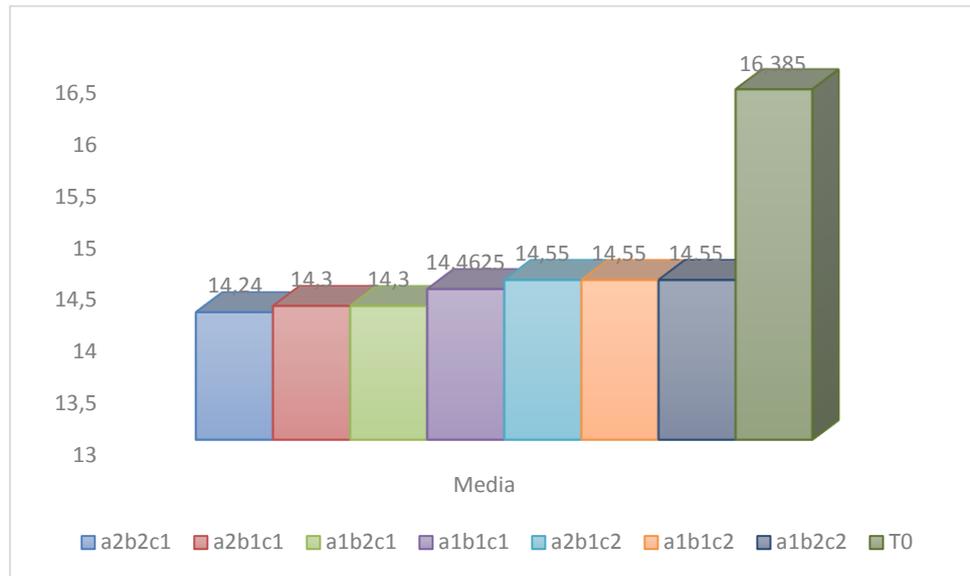
**Elaborado por.** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### Análisis e interpretación

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 15, se determinó que el mejor tratamiento de recubrimiento comestible con relación a sólidos totales en la naranja es t7 (a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>) que corresponde a la formulación (97% de mucílago - 3% de pectina) con aceite esencial de romero al 1%, que pertenece al grupo homogéneo A, en la cual el testigo demuestra que durante las cuatro semanas tiende a aumentar los sólidos totales que contiene y disminuyen los atributos de calidad.

En conclusión, se menciona que la mayor cantidad de mucílago al 97%, pectina al 3% y aceite esencial de romero al 1% en la formulación permite retardar el proceso de maduración de la naranja manteniendo los sólidos totales y permitiendo alargar la vida de anaquel del producto.

En la naranja, los sólidos solubles se componen principalmente de azúcares, a medida que la naranja madura, el contenido de azúcares en la fruta se incrementa y el contenido de ácido disminuye. Por lo tanto los sólidos solubles tienden a incrementar durante la maduración del fruto, como es el caso del testigo que su acidez incrementa a 16.3850 °Brix lo que no ocurre con el tratamiento t7 y los demás que sus valores no tienen un incremento significativo, esto concuerda con las investigaciones realizadas por Alayón (2014), que manifiesta valores de 13,2 °Brix a 14.9 °Brix.

**Gráfico 3:** Promedio para la variable °Brix

Elaborado por. Osorio. N y Yáñez. M, 2018

### Análisis e interpretación del gráfico 3

En el gráfico 3, se mencionó que el tratamiento que presenta mejor retención de grados °Brix es el t7 (a2b2c1) que corresponde a la formulación de mucílago y pectina a una concentración de (97% - 3%) con aceite esencial a 1% permitiendo así mantener la vida de anaquel en cuanto a la fruta a su vez los sólidos solubles son considerado como un indicador de madurez a mayor cantidad de sólidos solubles la naranja tiende a perder los atributos de calidad esto se pudo observar en el testigo que se tomó como referencia.

En conclusión, se observa que el tratamiento t7 (a2b2c1) presenta menor cantidad de grados °Brix y no tiende a dar características de envejecimiento de la naranja como pérdida de firmeza, decoloración de la fruta, ya que perjudica a los atributos de calidad.

Mientras que en el testigo que se toma de referencia se puede apreciar un incremento en la presencia de sólidos solubles y a su vez tiende a envejecer con mayor rapidez.

### 10.1.4. Variable de pérdida de peso

**Tabla 16:** Análisis de varianza

Factores de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medio	F calculado	P-valor	F crítico
Semanas	156,67	3	52,2265	57,8538	<0,0001	3,0088
Tratamiento	506,38	8	63,2982	70,1185	<0,0001	2,3551
Error	21,17	24	0,9027			
Total	684,68	35				
C.V. (%)	0,3118					

**Elaborado por:** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

\*significativo

\*\* Altamente significativo

C.V. (%) coeficiente de variación

### Análisis e interpretación

Los datos obtenidos en la tabla 16, en el análisis de varianza se observa que el  $F$  calculado es mayor que el  $F$  crítico a un nivel de confianza de 95% en donde los factores y las interacciones son altamente significativa, y a su vez se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa con respecto al recubrimiento comestible, en que al tener diferencias altamente significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de tukey al 5%.

A su vez se pudo constatar que el coeficiente de variación es confiable lo que, de cien observaciones, el 0,3118% van a ser diferentes y el 99,6882% de observaciones serán confiables estos serán valores iguales para todos los tratamientos en cuanto al peso que pierde durante el ensayo.

En conclusión, se menciona que la concentración de mucílago, pectina y aceite esencial si influyen en el proceso del recubrimiento comestible de la naranja permitiendo controlar la pérdida de humedad mejora su textura y alarga la vida de anaquel del fruto.

Mientras que el testigo se pudo apreciar una mayor pérdida de peso durante el mes que se recopiló la información también presentó una disminución de su coloración y pérdida de firmeza.

**Tabla 17:** Prueba de tukey para peso perdido.

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos	
T <sub>0</sub>	307,8875	A	
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	307,8000	A	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	307,6000	A	
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	306,2375	A	B
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	306,1875	A	B
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	306,0250	A	B
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	304,5500		B
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	298,700		C
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	297,2125		C

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

**Elaborado por.** Osorio. N y Yáñez. M, 2018

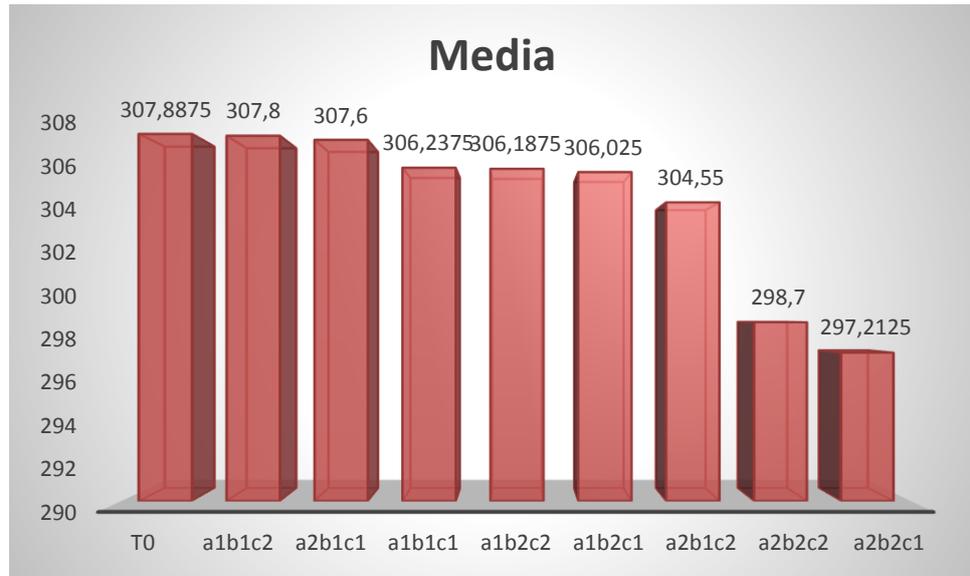
**Análisis e interpretación de la tabla**

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 17, se determinó que el mejor tratamiento del recubrimiento comestible es t7 (a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>) que corresponde a la formulación (97% - 3%) con 1% de aceite esencial de romero que pertenece al grupo homogéneo C. en la que por su formulación permitió la disminución de pérdida de peso con relación a los otros tratamientos.

Dentro de los tratamientos se pudo comparar con el testigo, pudiendo apreciar que perdió peso en su mayoría y con ello las características de calidad.

En conclusión, se menciona que la mayor cantidad de mucílago al 97% y pectina al 3% en la formulación permite disminuir la pérdida de peso como a su vez ayuda a la transpiración de la fruta y mantener sus características de calidad por mayor tiempo.

Al aplicar un recubrimiento comestible se podrá disminuir la pérdida de fruto dañados dentro de la comercialización del mismo como también manteniendo sus características de calidad.

**Gráfico 4:** Promedio para la variable de pérdida de peso

Elaborado por. Osorio. N y Yáñez. M, 2018

#### Análisis e interpretación del gráfico 4

En el gráfico 4, se mencionó que el tratamiento que presentó menor pérdida de peso es el t7 (a2b2c1) que corresponde a la formulación de mucílago y pectina a una concentración de (97% 3%) con aceite esencial de romero que permite mantener las características de calidad y alarga la vida de anaquel en cuanto al fruto con diferencia del testigo que se apreció todo lo contrario de mejor tratamiento a su vez la pérdida de peso es un parámetro que determina el envejecimiento de la fruta dentro de la parte ambiental los recubrimientos comestibles permiten disminuir la contaminación que se viene dando en el país ya que estos son degradables.

En conclusión, se observa que el tratamiento t7 (a2b2c1) controla la pérdida de humedad de la fruta en la que retardo el proceso de envejecimiento, maduración y firmeza y es un buen indicador de calidad esto permite mantener en adecuadas condiciones la naranja y evita pérdidas de producción.

## **11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **11.1. Impacto técnico**

El impacto que tiene el proyecto resulta importante en el procesamiento tecnológico, aplicando una metodología de conservación sobre los productos alimenticios, brindando una alternativa para disminuir pérdidas e incrementar el tiempo de vida de anaquel, el cual permite implementar nuevos métodos agroindustriales.

### **11.2. Impacto social**

En este impacto el proyecto de investigación ayuda a generar nuevas formas de conservación para la comercialización y consumo del nopal, interrelacionándose con el sector productivo buscando la mejor forma para crear nuevas alternativas para la conservación de los productos alimenticios, reduciendo pérdidas en la comercialización generando un gran beneficio a los consumidores.

### **11.3. Impacto ambiental**

A través de la implementación del proyecto de investigación “Obtención de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) y aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*)”, existe un impacto positivo en la conservación de los productos alimenticios, siendo más amigable con el medio ambiente al no generar desechos tóxicos que contamina y causa problemas medio ambientales.

### **11.4. Impacto económico**

En el ámbito económico tiene un gran impacto ya que beneficia a productores a generar mayores ingresos y rentabilidad y a los consumidores que se verán beneficiados con el RC (Recubrimiento Comestible) ya que éstos extienden la vida de anaquel de los productos alimenticios provocando una reducción en los gastos de los consumidores.

## 12. PRESUPUESTO

Tabla 18: Presupuesto del proyecto

Recursos	Cantidad	Unidad	V. unitario \$	V. total \$
<b>Equipos</b>				
Cocina	1		260,00	260,00
Balanza electrónica	1		60,00	60,00
Brixometro	1		45,00	45,00
pH- metro	1		72,00	72,00
Viscosímetro	1		350,00	350,00
<b>Transporte y salida de campo</b>				
Pasajes	10		0,90	9,00
Comida	4		2,50	10,00
<b>Materiales y suministros</b>				
Ollas	1		15,00	15,00
Tamiz	2		1,00	2,00
Cucharas	1		1,00	1,00
Vasos de precipitación	9		3,50	31,50
Termómetro	1		6,20	6,20
Nopal	15	lb	0,25	3,75
Aceite esencial de romero	30	ml	30,00	30,00
Pectina	500	g	9,25	9,25
Naranja	2	lb	2,00	4,00
<b>Material bibliográfico y fotocopias</b>				
Papel boom	900		0,03	27,00
Esferos	4		0,50	2,00
Marcadores	2		0,75	1,50
Adhesivos	2		0,50	1,00
Copias	350		0,05	17,50
Impresiones	850		0,10	85,00
Internet				
<b>Gastos varios</b>				
Análisis fisicoquímicos	9		11,20	100,80
Análisis microbiológicos	2		45,00	90,00
			<b>sub total</b>	1188,50
			<b>12%</b>	142,62
			<b>Total</b>	1331,12

Elaborado por: Osorio. N y Yáñez. M, 2018

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 13.1. Conclusiones

- Las propiedades fisicoquímicas del recubrimiento comestible no afectan las características de los alimentos ya que no tiene sabor y por su consistencia es apto para aplicarlo en alimentos retardando el deterioro de los mismos.
- El recubrimiento comestible nos ayuda a conservar las propiedades fisicoquímicas de las frutas (naranja) disminuyendo la cantidad de pH, mantener la cantidad de sólidos solubles y la cantidad de acidez titulable y también a la conservación de los líquidos es decir que el recubrimiento funciona para alargar la vida útil de anaquel.
- Como resultado de la investigación el mejor tratamiento es el t7 con una concentración de 97% de mucílago, 3% de pectina y 1% de aceite esencial de romero, sus parámetros fueron comparados con diferentes autores las cuales concuerdan con los datos obtenidos y se encuentran dentro del rango establecido por las investigaciones redactadas.
- En cuanto a su costo por unidad del recubrimiento comestible es de 0.71 ctvs., siendo un precio accesible para los consumidores.

### 13.2. Recomendaciones

- Mantener el recubrimiento comestible en refrigeración para conservar sus características y evitar proliferación de bacterias.
- Es recomendable aplicar este recubrimiento por el método de inmersión así se asegura la cobertura total del alimento.
- Estudiar el comportamiento de la aplicación del recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal y aceite esencial de romero en varias frutas climatéricas y demás productos alimenticios para establecer la vida de anaquel.
- Se debe trabajar con nopales de máximo 2 años de edad, mientras más joven sea el nopal mayor mucílago se obtendrá.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- BENZADON. (2010). Obtenido de By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant Food for Human Nutrition*.
- Caceres. (2012). *Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en naranjas cv. Valencia. Avances en maduración y post-recolección de frutas y hortalizas / coord. Por Rosa Oria Almudí, Jesús Val Falcón, Ana Ferrer Mairal, P. 348-356.*
- Del Valle y col. (2010). Obtenido de "Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life". *Food Chemistry*, [en línea] ISSN: 0308-8146. Falguera. (2011). Obtenido de, A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 292-303,.
- Goode. (2015). Obtenido de ). *METODOS DE INVESTIGACION SOCIAL*.
- Granados y Castañeda. (2012). Obtenido de Characterization of *Opuntia* spp. by means of seed with RAPD ...: [https://www.researchgate.net/.../298903136\\_Characterization\\_of\\_Opuntia\\_spp\\_by\\_me](https://www.researchgate.net/.../298903136_Characterization_of_Opuntia_spp_by_me) a...
- Granados y col. (2000). Obtenido de [https://www.researchgate.net/.../31754201\\_El\\_nopal\\_historia\\_fisiologia\\_genetica\\_e\\_i](https://www.researchgate.net/.../31754201_El_nopal_historia_fisiologia_genetica_e_i).
- Martínez y col. (2014). Obtenido de Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biol Technology*. Jan; 39(1): 93–100.
- Nuñez. (2012). *"Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch*)"*, ..
- Pimienta. (2011). Obtenido de ). El nopal tunero (No. 634.775 P5N6).

- Rodriguez y col. (2012). Obtenido de Calidad de naranja ‘Valencia’ durante el almacenamiento a baja temperatura. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura* 7(2):257-272.
- RUIZ. (2010). *Laboratorio de mecánica de Fluidos. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa-división de ciencias básicas. Ingeniería química. Mexico.*
- Sanchez-Gonzales y col. (2012). Obtenido de Efecto del Escaldado, Deshidratación Osmótica y Recubrimiento en la Pérdida de Humedad y Ganancia de Aceite en Trozos de Papa Criolla Fritas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 10 No. 2 (170 – 176).*
- Senz. (2013). Obtenido de Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal.
- Valle, D. (2005). *Desarrollo de miculago de nopal.* Colombia: Food Chemistry.
- Vargas y col. (2010). *Conservación de Mora de Castilla (Rubus glaucus Benth) Mediante la Aplicación de un Recubrimiento Comestible de Gel de Mucílago de Penca de Sábila (Aloe vera barbadensis Miller).* Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Ciencias Agrarias.
- Vasquez y col. (2013). Obtenido de Recubrimiento de frutas con biopelículas. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambientes. Universidad de las Américas Puebla. C.P.72810. Mexico.
- Villegas y col. (2014). *Villegas y de Gante, 1997; Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000; De la Rosa y Santana, 2001).*
- Zambrano y cool. (2013). Evaluación de frutos de naranjo 'Valencia' provenientes de tres pisos altitudinales del estado Trujillo. *Agronomía Tropical.* 51 (1): 107-117.

## 15. ANEXOS

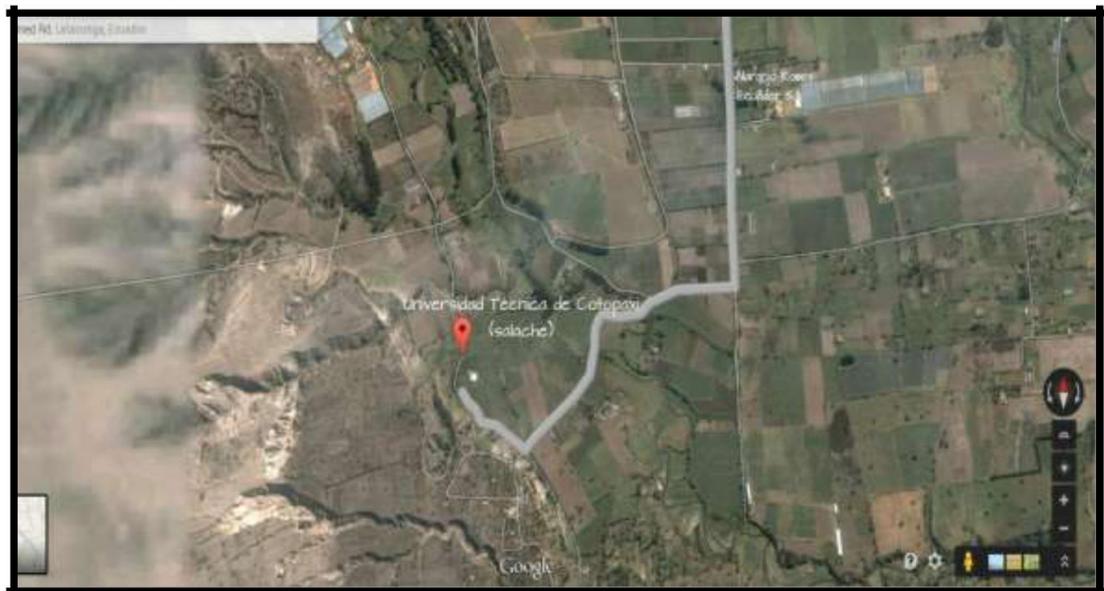
### Anexo 1. Ubicación geográfica

#### Anexo 1.1 Mapa físico



Vista físico de la ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Provincia de Cotopaxi, donde se ejecutará el proyecto de investigación.

#### Anexo 1.2 Mapa satelital



Vista satelital de la ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Provincia de Cotopaxi, donde se ejecutará el proyecto de investigación.

**Anexo 2. Datos del docente****DATOS PERSONALES:****Nombres:** Franklin Antonio**Apellidos:** Molina Borja**Cedula de identidad:** 050182143-3**Fecha de Nacimiento:** 28 de Enero de 1971**Edad:** 47 años**Lugar de Nacimiento:** Latacunga**Domicilio:** Barrio San Sebastián Plaza Central**Contactos:** 0992982440/03-813-546**E-mail:** franklin.molina@utc.edu.ec**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

<b>NIVEL</b>	<b>TITULO OBTENIDO</b>	<b>FICHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT</b>	<b>CODIGO DEL REGISTRO DEL SENESCYT</b>
TERCER	INGENIERO AGROINDUSTRIAL	27/09/2002	1020-02-179998
TERCERO	ENTRENADOR DE FÚTBOL	19/04/2005	2219-05-58990
CUARTO	DIPLOMA SUPERIOR EN AUDITORÍA Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD PARA EL SECTOR ALIMENTICIO.	26/06/2009	1010-09-693979
CUARTO	MAGISTER EN INDUSTRIAS PECUARIAS, MENCIÓN EN INDUSTRIAS DE LÁCTEOS.	23/01/2013	1002-13-86031945

---

**HISTORIAL PROFESIONAL:**

**FACULTAD EN LA QUE LABORA:** CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES

**CARRERA A LA QUE PERTENECE:** INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**ÁREA CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:**  
INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.

**FECHA DE INGRESO A LA UTC:** 05 DE OCTUBRE DEL 2004

---

Firma

**Anexo 3. Datos del estudiante****DATOS PERSONALES:****Nombres:** Ninfa Mishel**Apellidos:** Osorio Chuquitarco**Cedula de identidad:** 050362647-5**Fecha de Nacimiento:** 06 de Noviembre de 1993**Edad:** 24 años**Lugar de Nacimiento:** Latacunga**Estado Civil:** Soltera**Domicilio:** Ciudadela Patria Conjunto las Acacias**Contactos:** 0979086675/03-2663200**E-mail:** ninfa.osorio5@utc.edu.ec

---

**ESTUDIOS REALIZADOS:****Primaria**

Escuela Elvira Ortega

**Secundaria**

Unidad Educativa San José "La Salle"

**Superior**Universidad Técnica de Cotopaxi

---

**TÍTULOS OBTENIDOS:****Secundaria**

Bachiller en Químico Biólogo y Auxiliar de Farmacia

**Superior**

Egresada en Ingeniería Agroindustrial

---

**CURSOS REALIZADOS:**

- I SEMINARIO DE INOCUIDAD DE ALIMENTOS AGROINDUSTRIAS 2017
- BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA EN ALIMENTOS PROCESADOS
- VISITA TÉCNICA-PRÁCTICA EN LAS CASAS MATRICES ALICO-TECNAS-TALSA EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN-COLOMBIA

---

Firma

**Anexo 4. Datos del estudiante**

**DATOS PERSONALES:**

**Nombres:** Mariana Estefanía

**Apellidos:** Yáñez Ponce

**Cedula de identidad:** 050361873-8

**Fecha de Nacimiento:** 10 de Enero de 1993

**Edad:** 25 años

**Lugar de Nacimiento:** Salcedo

**Estado Civil:** Soltera

**Domicilio:** Barrio Jesús del Gran Poder, Santa Ana

**Contactos:** 0999862887

**E-mail:** mariana.yanez8@utc.edu.ec



---

**ESTUDIOS REALIZADOS:**

**Primaria**

Escuela Gral. Rivadeneira –Gral. Terán

**Secundaria**

Unidad Educativa Nacional Salcedo

**Superior**

Universidad Técnica de Cotopaxi

---

**TÍTULOS OBTENIDOS:****Superior**

Egresada en Ingeniería Agroindustrial

---

**CURSOS REALIZADOS:**

- I SEMINARIO DE INOCUIDAD DE ALIMENTOS AGROINDUSTRIAS 2017
- BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA EN ALIMENTOS PROCESADOS.
- II CONGRESO INTERNACIONAL DE AGROINDUSTRIAS, CIENCIA TEGNOLOGIA E INGENIERIA DE ALIMENTOS - 2018

---

Firma

**Anexo 5. Datos obtenidos de la variable pH, durante 4 semanas.**

<b>Repetición I</b>								
Semanas	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
1	2,7	3,2	2,7	3,2	2,7	3,2	2,9	3,3
2	2,3	2,7	2,4	2,4	2,3	2,4	3,1	3,1
3	2,6	2,4	2,9	2,2	2,5	2,4	3,9	3,1
4	3	2,3	3	2,3	3	2,3	4	3,2
<b>Repetición II</b>								
Semanas	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
1	2,7	2,96	2,64	3	2,72	2,46	3,24	3,27
2	2,8	2,75	2,9	2,8	2,56	2,75	3,44	3,38
3	2,5	2,56	2,51	2,7	2,51	2,7	3,76	3,23
4	2,9	3,17	2,84	3,2	2,94	3,21	3,86	3,65

**Anexo 6. Datos obtenidos de la variable acidez titulable, durante 4 semanas.**

Semanas	<b>Repetición I</b>								
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61
2	0,76	0,65	0,61	0,64	0,76	0,64	0,66	0,58	0,61
3	0,79	0,73	0,55	0,78	0,67	0,66	0,68	0,6	0,63
4	0,94	0,88	0,65	0,86	0,76	0,68	0,69	0,67	0,69
Semanas	<b>Repetición II</b>								
	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
1	0,6	0,65	0,61	0,6	0,72	0,6	0,58	0,63	0,64
2	0,79	0,68	0,64	0,99	0,66	0,62	0,59	0,63	0,79
3	0,86	0,73	0,69	0,76	1,02	0,66	0,61	0,6	0,68
4	1,01	0,83	0,72	0,85	0,93	0,66	0,64	0,64	0,73

**Anexo 7. Datos obtenidos de la variable sólidos solubles (°Brix), durante 4 semanas.**

		<b>Repetición I</b>								
Semanas	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
1	10,31	9,6	8,3	9,6	8,3	9,6	8,3	9,32	9,5	
2	10,75	9,6	9,7	9,6	9,7	9,6	9,7	9,5	9,3	
3	11,43	9,1	9,8	9,1	9,8	9,1	9,8	9,7	13,3	
4	11,48	10,8	11	9,7	11	9,7	11	10	10,5	
		<b>Repetición II</b>								
Semanas	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
1	10,12	9,1	10,5	9,1	10,5	9,1	10,5	9	10,4	
2	10,23	9,3	9,8	9,4	9,8	9,4	9,8	9,2	11,1	
3	11,17	10,1	9,3	10,1	9,3	10,1	9,3	9,6	10,3	
4	12,02	9,8	9,2	9,6	9,2	9,6	9,2	9,9	12,1	

**Anexo 8. Datos obtenidos de la variable pérdida de peso, durante 4 semanas.**

		<b>Repetición I</b>								
Semanas	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
1	207,3	205,5	206,8	205,5	205,5	207,3	205,5	199,8	203,4	
2	206	204,7	206	204,7	204,7	206	204,7	198,4	199,2	
3	204,6	203,6	205,6	203,6	203,6	205,6	203,6	196,5	197,3	
4	202,2	202,6	203,6	202,6	202,6	204,2	202,6	196	195,8	
		<b>Repetición II</b>								
Semanas	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
1	207,3	206,2	205,7	204,5	205,1	205,8	203,6	200,4	202,3	
2	206	204,7	205	204,7	204,7	204,8	202,7	199,5	200,8	
3	205,2	203,6	204,3	203,6	203,9	203,2	199,8	198,4	198,6	
4	204,4	202,6	203,4	202,6	203	200,8	197,5	198	196,5	

## Anexo 9. Fotografías

**Fotografía 1:** Pelado del nopal



**Fuente:** Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 2:** Picado del nopal



**Fuente:** Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 3:** Pesado



**Fuente:** Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 4:** Licuado del nopal



**Fuente:** Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 5:** Cocción

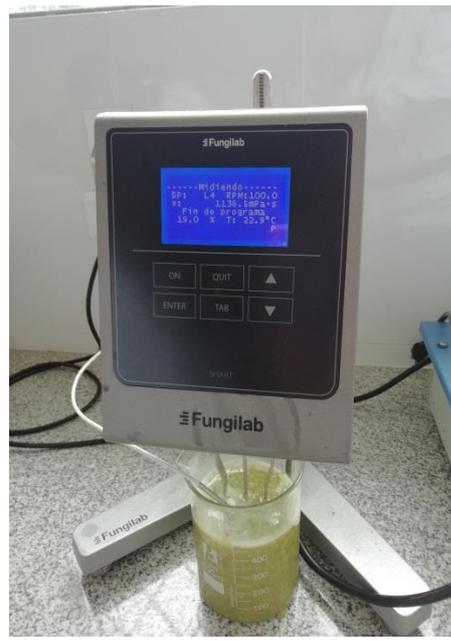
Fuente: Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 6:** Filtrado del mucilago

Fuente: Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 7:** Pesado de insumos

Fuente: Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 8:** Datos Viscosidad

Fuente: Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 9: Datos pH**

Fuente: Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 10: Inmersión**

Fuente: Osorio. N, Yáñez. M, 2018

**Fotografía 11: Secado**

Fuente: Osorio. N, Yáñez. M, 2018