



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ELABORACIÓN DE EMPAQUES SECUNDARIOS PARA ALIMENTOS A  
PARTIR DEL CAPUCHÓN DE UVILLA (*Physalis peruviana*).

Autora

Karen Vanessa Jara Cevallos

Año  
2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ELABORACIÓN DE EMPAQUES SECUNDARIOS PARA ALIMENTOS A  
PARTIR DEL CAPUCHÓN DE UVILLA (*Physalis peruviana*).

Trabajo de titulación en conformidad con los requisitos establecidos para optar  
por el título de Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos

Profesor guía

MSc. Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez

Autora

Karen Vanessa Jara Cevallos

Año

2018

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

"Declaro haber dirigido el trabajo, ELABORACIÓN DE EMPAQUES SECUNDARIOS PARA ALIMENTOS A PARTIR DEL CAPUCHÓN DE UVILLA (*Physalis peruviana*), a través de reuniones periódicas con la estudiante Karen Vanessa Jara Cevallos, en el semestre 2018-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez  
Magister en Gestión de Proyectos Socio Productivos  
C.I. 1713985198

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

"Declaro haber revisado este trabajo, ELABORACIÓN DE EMPAQUES SECUNDARIOS PARA ALIMENTOS A PARTIR DEL CAPUCHÓN DE UVILLA (*Physalis peruviana*), de la estudiante Karen Vanessa Jara Cevallos, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Bolívar Edmundo Silva López  
Magíster en Gestión de la Producción  
C.I. 1706480694

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

---

Jara Cevallos Karen Vanessa  
C.I. 1723535215

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi madre Rocío por su sacrificio por verme culminar mis estudios, a mi tía Janeth por todo el apoyo brindado en este camino.

A mi docente guía Evelin Tamayo por brindarme la oportunidad para desarrollar este tema, a mi maestra Janeth Proaño por transmitirme sus conocimientos fundamentales para el presente estudio.

## **DEDICATORIA**

A Dios sin el nada tiene sentido, a mi madre Rocío por ser el pilar fundamental en mi vida, a mi segunda madre mi tía Janeth por estar en todo momento y lugar.

A mi padre Galo por sus sabios consejos, a mis hermanas Pame, Cami, Samy a mis ángeles que están en el cielo (+) abuelito Manuel, tías Sofi y Vivi.

Finalmente, a mis familiares por su cariño sincero, a mis amigas por sus palabras de aliento en momentos difíciles.

## RESUMEN

El uso de diferentes materiales no amigables con el medio ambiente en la producción de empaques secundarios de alimentos, principalmente el plástico y el cartón, genera preocupación en el mundo, tanto por la producción de mayores desechos de los que se pueden eliminar o reciclar, en el caso de los plásticos, y por la tala de árboles en el caso del cartón.

Como punto central del estudio, se presenta la metodología de la investigación, describiendo los procedimientos de elaboración del aglomerado, análisis físicos y microbiológicos, así como el diseño experimental para identificar el mejor tratamiento y la presentación de resultados. Estos procedimientos permiten demostrar la viabilidad de la elaboración de empaques con fibra de uvilla.

En el fundamento teórico del estudio se utilizó 3 tratamientos diferentes siendo el tratamiento 1 (60% fibra-40% arrocillo), tratamiento 2 (70% fibra-30% arrocillo) donde se explican las características generales del aglomerado e identificando cual es el mejor tratamiento durante el estudio siendo este el T3 el más óptimo con la composición (50% fibra-50% arrocillo).

Este análisis se coteja con el análisis costo-beneficio, los resultados y discusión.

**Palabras clave:** Uvilla, empaque secundario, aglomerado, fibra.

## ABSTRACT

The use of different materials not friendly to the environment in the production of secondary food packaging, mainly plastic and cardboard, generates concern in the world, both for the production of greater waste that can be disposed of or recycled, in the case of plastics, and the felling of trees in the case of cardboard.

As a central point of the study, the methodology of the research is presented, describing the agglomerate elaboration procedures, physical and microbiological analysis, as well as the experimental design to identify the best treatment and the presentation of results. These procedures make it possible to demonstrate the feasibility of preparing packages with uvilla fiber.

In the theoretical basis of the study 3 different treatments were used, being treatment 1 (60% fiber-40% arrocillo), treatment 2 (70% fiber-30% arrocillo) where the general characteristics of the agglomerate are explained and identifying which is the best treatment during the study being this the T3 the most optimal with the composition (50% fiber-50% arrocillo).

This analysis is compared with the cost-benefit analysis, the results and discussion.

**Keywords:** Uvilla, secondary packaging, agglomerate, fiber.

# ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Alcance .....	3
2. CAPÍTULO II. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo General.....	5
2.2 Objetivos Específicos .....	5
3. CAPÍTULO III. HIPÓTESIS.....	5
4. CAPÍTULO IV. REVISIÓN LITERARIA.....	6
4.1. Uvilla.....	6
4.2. Situación histórica y actual de la uvilla en el Ecuador.....	7
4.3. Propiedades físico químicas de la uvilla.....	9
4.4 Empaque .....	9
4.4.1. Características principales.....	9
4.4.2 Características funcionales.....	9
4.4.3 Materiales empleados.....	11
4.5 El plástico .....	11
4.6 Aglomerados y usos .....	13
4.7. Arrocillo y sus propiedades aglutinantes .....	13
4.8. Empaques secundarios para alimentos.....	14
4.8.1. Normativas para empaques secundarios para alimentos .....	14
4.9 Reciclaje de los materiales empleados en los empaques.....	16
4.10 Contaminación ambiental por empaques.....	18
5. CAPÍTULO V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1 Materiales, reactivos y equipos.....	19
5.2. Métodos.....	19

5.2.1 Ubicación del experimento.....	19
5.2.2 Estadística .....	20
5.2.2.1 Diseño experimental.....	20
5.2.2.2 Esquema de ADEVA de un Diseño Completamente al Azar. ....	21
5.3. Identificación de variables.....	21
5.3.1. Variable independiente .....	21
5.3.2. Variables dependientes .....	21
5.4 Manejo del Experimento.....	21
5.4.1 Técnica para producir aglomerado para empaque secundario. ....	21
5.4.2. Elaboración del aglomerado .....	22
5.4.3 Análisis microbiológico.....	24
5.5 Unidad de análisis .....	25
5.5.1 Población de estudio.....	25
5.5.2 Tamaño de muestra.....	25
5.5.3. Selección de la muestra.....	26
5.5.4 Recolección de datos.....	26
5.6 Análisis e interpretación de la información.....	26
<b>6. CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
6.1 Resistencia a la flexión. ....	27
6.2 Dureza superficial. ....	29
6.3 Resultados de densidad. ....	31
<b>7. CAPÍTULO VII. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO .....</b>	<b>33</b>
7.1. Arrocillo.....	33
7.2. Fibra de Uvilla .....	33
7.3. Beneficios del empaque elaborado. ....	35
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
8.1 Conclusiones.....	36
8.2 Recomendaciones .....	37

REFERENCIAS .....	38
ANEXOS .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de alimentos zootécnicos ecuatorianos (g/kg) .....	14
Tabla 2. Tratamientos y descripción.....	20
Tabla 3. Diseño Experimental usado en el presente estudio. ....	20
Tabla 4. Esquema de ADEVA de un Diseño Completamente al Azar.....	21
Tabla 5. Composición para la elaboración de aglomerado para empaques secundarios.....	22
Tabla 6. Análisis de la Varianza para resistencia a la flexión del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla ( <i>physalis peruviana</i> ).....	28
Tabla 7. Test: Tukey para resistencia a la flexión del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> ).....	29
Tabla 8. Análisis de la Varianza para dureza superficial del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> ). ....	30
Tabla 9. Test: Tukey para dureza superficial del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> ).....	31
Tabla 10. Análisis de la Varianza para prueba de densidad del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> ). ....	32
Tabla 11. Test: Tukey para prueba de densidad del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> ).....	32
Tabla 12. Costo de transporte arrocillo por kg.....	33
Tabla 13. Costo de transporte fibra de uvilla por kg .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte transversal de un capullo floral de <i>P. peruviana</i> . K-cáliz, C-corola, G-anteras, O-ovario. ....	7
Figura 2. Ubicación de la parroquia Chavezpamba.....	4
Figura 3. Diagrama de Proceso.....	23

## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La fabricación de empaques secundarios con diferentes materiales alternativos al plástico y el cartón fue examinada como alternativa ecológica en diversos estudios. Así, tenemos el estudio de Óscar Sarasty (2017), quien desarrolló una investigación sobre el aprovechamiento de las propiedades aglutinantes del arrozillo (*Oryza sativa*) y fibras vegetales en la elaboración de empaques alimentarios ecológicos. Dicho estudio fue desarrollado en la ciudad de Quito, y propone la generación de alternativas a los empaques secundarios tradicionales con base en cartón y subproductos del petróleo (plásticos). Para ello, se realizaron aglomerados empleando arrozillo como aglutinante natural y fibras vegetales de plátano, coco y caña.

Según el estudio de López, S. (2013), que describe los usos y aplicaciones del almidón de arroz extraído del arroz de rechazo molido, este subproducto fue aplicado como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos. Es decir, los desechos o rechazos de diferentes productos pueden ser aprovechados en diferentes usos y aplicaciones, como los cosméticos desarrollados en este estudio.

Otro estudio tomado como referencia fue el de Manrique (2012), quien plantea el aprovechamiento de los residuos del pseudotallo del banano común para la extracción de fibras textiles.

Entre los principales hallazgos de este estudio está el que las fibras obtenidas del pseudotallo de *Musa sp AAA* tuvieron un mejor desempeño que la *Musa sp AA* debido a sus propiedades físicas, en concreto la resistencia a la elongación, debido a una mayor proporción de lignina y hemicelulosa en su estructura.

Finalmente, se consultó el estudio de Selke (2017), sobre materiales biodegradables para empaques sostenibles, tomando en cuenta de forma principal la preocupación por el deterioro ambiental a escala mundial. De

hecho, afirma la autora, el uso de plásticos con la capacidad de descomponerse en un tiempo óptimo a través de la acción de organismos biológicos, y sin derivar en subproductos tóxicos se convirtió en un tema común en eventos y publicaciones científicas.

## **1.2. Justificación**

Esta investigación surge motivada por la preocupación mundial y nacional, reflejada en diversos estudios sobre la contaminación ambiental y la tala de bosques generados por la producción de todo tipo de materiales, centrando el interés en la elaboración de empaques secundarios para alimentos, tomando en cuenta el uso actual de plástico y cartón en dichos empaques.

Con esta propuesta, se busca reducir el impacto ambiental provocado por empaques plásticos y cartón. Este último, aunque es menos perjudicial, implica la tala indiscriminada de árboles, dando lugar a que cada año se pierdan 15.000 millones de árboles en todo el mundo (Acosta, 2015).

Se pretende, además, satisfacer las necesidades sociales del país, como la generación de empleo con la explotación de desechos agroindustriales, generando alternativas industriales escalables como la utilización de otros tipos de fibras. Adicionalmente, el sector agroindustrial se vería beneficiado ante la perspectiva de obtener ingresos adicionales por la venta de la fibra de uvilla, considerada actualmente un desecho, y que, con el paso del tiempo, pasaría a la categoría de materia prima, con la consiguiente valoración comercial.

La explotación industrial de diferentes productos agrícolas genera desperdicios que redundan negativamente tanto para la economía como para la ecología. Si bien muchos de estos desperdicios regresan a la naturaleza en forma de nutrientes, al ser desechados a escala industrial, generan basura que se descarga en vertederos municipales, afectando negativamente al ambiente.

La situación se complica más cuando se considera el uso de empaques plásticos y de cartón en diferentes ramas de la industria, con el consiguiente

impacto negativo y directo en el ambiente por la generación de otros desperdicios por dichos empaques sintéticos.

Por lo tanto, dentro de los beneficios que se esperan obtener al finalizar el presente estudio están:

La disminución de uso de empaques plásticos en general en la normativa de protección ambiental en diferentes países, y las insuficientes opciones para su reemplazo.

La generación de basura por el desaprovechamiento de la fibra de uvilla, señalada anteriormente, es otro problema que se pretende resolver con este estudio.

Por último, se debe considerar la necesidad de generación de ingresos para la comunidad, pues los productores de la materia prima y sus familias son los principales beneficiados.

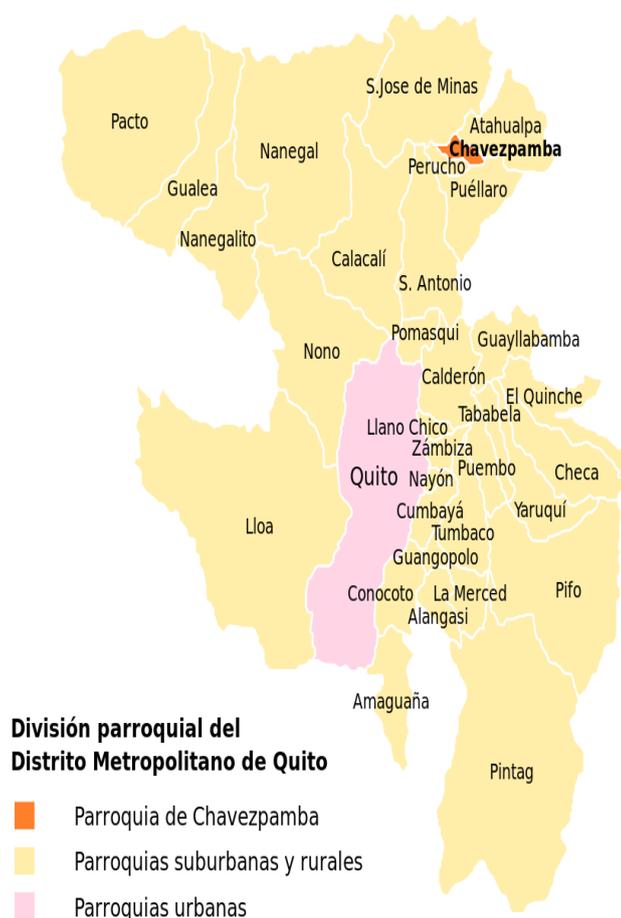
### **1.3. Alcance**

Con este estudio, se pretende producir materiales aglomerados, elaborados con base en los desechos generados por los productores de uvilla de Chavezpamba, específicamente la fibra de uvilla, tomando en cuenta que tales desechos en la actualidad carecen de valor comercial, pero cumplen las condiciones para constituirse en materia prima para la elaboración de empaques secundarios para la industria alimenticia del Ecuador.

La aspiración de este estudio es producir a escala industrial dichos empaques, una vez que pasen todas las pruebas físicas, químicas y microbiológicas. De esta forma, los productores de uvilla de Chavezpamba tendrían la posibilidad de un ingreso adicional, contando con la industrialización del indicado desecho.

El sector de Chavezpamba es el principal productor de uvilla en la provincia Pichincha. La producción es comercializada en forma de fruta pelada a Terrafertil. Esta empresa exporta dicha producción a países europeos, como

uvilla deshidratada (73%) y como fruta fresca, el restante 27%. En este proceso, se produce una cantidad significativa de desecho con la fibra o capuchón.



*Figura 1.* Ubicación de la parroquia Chavezpamba

Tomado de (Joyas de Quito, 2014).

La producción es de 300 Kg de fruta por semana. Aproximadamente el 5,43% es fibra de uvilla, teniéndose una cantidad significativa de insumos para elaborar empaques secundarios de aglomerado (Altamirano, 2010).

## 2. CAPÍTULO II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

- Evaluar la fibra de uvilla (*Physalis peruviana*) en la elaboración de materiales aglomerados para uso en empaques secundarios en la Industria de Alimentos.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las características físicas de los empaques secundarios desarrollados a partir de la fibra de uvilla.
- Evaluar las características microbiológicas de los empaques secundarios desarrollados a partir de la fibra de uvilla.

## 3. CAPÍTULO III. HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa 1: Las características físicas (resistencia a la flexión, dureza superficial, densidad) son diferentes en función de la materia prima utilizada para la elaboración de empaques secundarios.

Hipótesis nula 1: Las características físicas (resistencia a la flexión, dureza superficial, densidad) no son diferentes en función de la materia prima utilizada para la elaboración de empaques secundarios.

Hipótesis alternativa 2: La vida útil de los empaques secundarios desarrollados con fibra de uvilla cumplen los requerimientos para empleado como materia prima en la elaboración de empaque secundario.

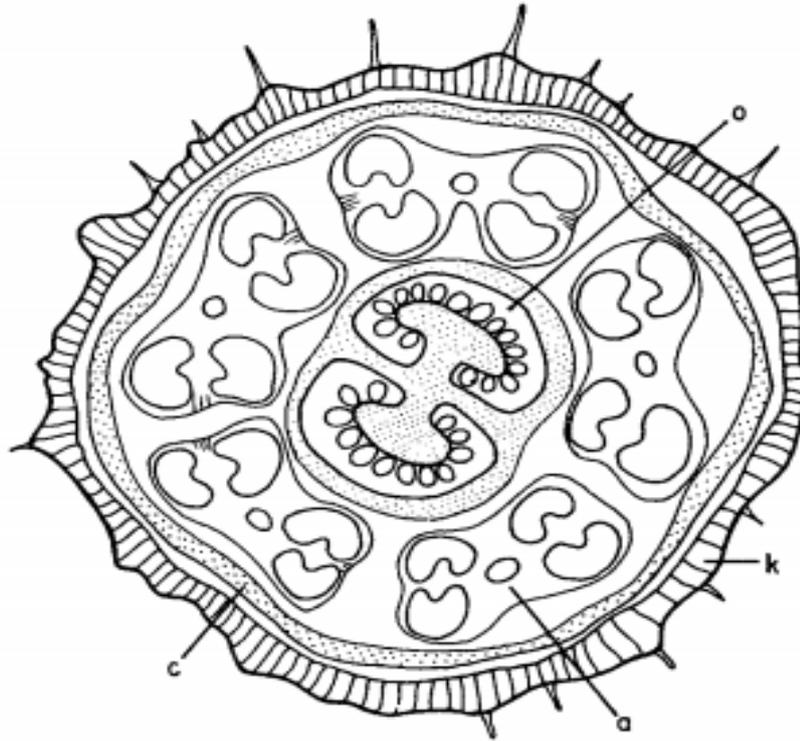
Hipótesis nula 2: La vida útil de los empaques secundarios desarrollados no cumple los requerimientos empleados como materia prima en la elaboración de empaque secundario.

## 4. CAPÍTULO IV. REVISIÓN LITERARIA

### 4.1. Uvilla

La uvilla, *Physalis peruviana* L, es una especie originaria del Perú, y su producción abarca toda la región andina, entre Chile y Colombia, siendo propia de la familia solanáceas. A pesar de tener un crecimiento arbustivo, en muchas regiones supera los dos metros de altura. Crece en estado silvestre o semi-silvestre en alturas comprendidas entre 1.500 a 3.000 m.s.n.m. En Ecuador se encuentra predominantemente entre 1.800 y 2.800 m.s.n.m., con temperaturas que varían entre 13 y 18 °C (Aldas, 2013, p. 13).

El fruto es una baya carnosa y jugosa, amarilla. Está formada por carpelos unidos, con forma de globo, acorazonada u ovoide, según el ecotipo. Su diámetro varía de 1 a 2.5 cm (Torres, 2016). La fibra es el recipiente de la uvilla, denominada capuchón. Tiene un compuesto pegajoso, traslúcido y agrio, que cubre parte de la fruta durante su madurez. Se trata de una resina terpénica, generada por un tejido glandular ubicado en la faz interior de la base del recipiente (Wagner, 2012). La siguiente figura contiene un diagrama básico de esta descripción:



*Figura 2.* Corte transversal de un capullo floral de *Physalis peruviana*.

Tomado de (Wagner, 2012)

- a) K-cáliz
- b) C-corola
- c) G-anteras
- d) O-ovario

Las fibras naturales vegetales están en casi todo el planeta, con diversas formas. Existen de forma natural en el campo o en plantaciones agroindustriales cultivadas con fines comerciales.

#### **4.2. Situación histórica y actual de la uvilla en el Ecuador**

La uvilla es originaria de la región andina en Latinoamérica, y tiene presencia entre Colombia y Chile. Los incas, en el actual Perú, la cultivaron en sus jardines, sin embargo, desapareció después de la conquista española, por el

desinterés del nuevo grupo dominante. Son conocidas más de 50 especies en estado silvestre (Torres, 2016).

Las condiciones geográficas y climáticas de los pisos ecológicos andinos ecuatorianos brindan condiciones favorables para el cultivo de la uvilla. La zona de mayor aptitud para este cultivo está en el callejón interandino: Mira, Otavalo, Cotacachi, Puenbo, Pillaro, Carchi, Ambato y Cuenca (Aldas, 2013).

Existen aproximadamente 200 hectáreas de uvilla sembradas en el país. El rendimiento varía en función del manejo del cultivo, con rangos que oscilan de 5 a 7 TM por ha. Estos cálculos son estimativos, pues el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) carece de estadísticas recientes relativas a superficie y rendimiento de este cultivo (MAGAP, 2014).

En los países donde esta se originó, así como en Colombia y Chile, no se dio importancia a su cultivo durante las anteriores décadas. La uvilla fue desplazada por otros cultivos, e inclusive algunas comunidades la concebían como una plaga, habiendo sido erradicada de diversas regiones. Desde la década de 1980, el fruto de esta especie adquiere relevancia comercial por su aroma y sabor dulce, tanto en los mercados nacionales como extranjeros, especialmente europeos. Actualmente existen plantaciones comerciales orientadas a la exportación en Ecuador, Colombia Chile y Sudáfrica, principalmente (Torres, 2016).

La uvilla ecuatoriana es introducida en el mercado internacional, donde se identifica como una fruta exótica. Ecuador exportó este producto en los pasados años a Holanda, Alemania, Francia, y otros países (Aldas, 2013).

Hasta el año 2015, en el país se producían 850 hectáreas de uvilla para su exportación. Según datos de Corpei, el principal mercado es Alemania con el 35% del total exportado; le sigue Holanda, que recibe el 17%. Otros mercados importantes, aunque en menor porcentaje, son Rusia, Reino Unido y España, habiéndose previsto un crecimiento en las exportaciones para el año 2017 del 16% (Proecuador, 2016).

### **4.3. Propiedades físico químicas de la uvilla**

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas de la uvilla, se destacan los polifenoles, que le otorgan su capacidad antioxidante. Además, la uvilla posee provitamina A, vitamina C, E, K y complejo vitamínico B (Vinueza, 2015).

## **4.4 Empaque**

### **4.4.1. Características principales**

El empaque es la presentación comercial del producto. Sirve para dar seguridad y una buena imagen al producto, diferenciándolo de la competencia. Un buen empaque debe tener propiedades de permeabilidad y resistencia a diferentes rangos de temperatura, preservando la calidad de los productos alimenticios (Pérez, 2012, págs. 14-15).

Las distintas clases de envases y embalajes permiten conservar y manipular cualquier producto, sea comestible o no. Con los envases se protege el producto contra el deterioro, la contaminación y cualquier pérdida, facilitando además la manipulación, distribución, transporte y consumo de cualquier producto (Caja de cartón, 2017).

El embalaje se clasifica en tres niveles: primario, secundario y terciario. El primario, está en contacto directo con el producto. El embalaje secundario, protege al embalaje primario, y se desecha el momento de utilización del producto. En cuanto al embalaje terciario, es el que protege al producto cuando se lo transporta. Generalmente es usado para exportación o distribución, conteniendo varios embalajes primarios y secundarios (Pérez, 2012).

### **4.4.2. Características funcionales**

Las características funcionales son el conjunto de propiedades que debe cumplir el empaque para almacenar alimentos de manera óptima. Estas varían desde la adaptabilidad y la capacidad, hasta la compatibilidad y la estabilidad.

Específicamente, las características funcionales que debe reunir un empaque para alimentos, son (EducarChile, 2016):

- Adaptabilidad: capacidad de adaptación a las dimensiones estándares del pallet (1,20 x 0,80 m) y, de ser posible, al módulo de referencia (0,60 x 0,14 m).
- Capacidad: soportar el apilado de varias cajas sin sufrir daños y sin dañar el contenido.
- Cierre: debe ser hermético, con la posibilidad de ser abierto sin complicaciones en el momento de su consumo.
- Compatibilidad: en contacto directo con el embalaje, el producto debe ser compatible química y físicamente, evitando reacciones que devengan en corrosión, solubilidad, etc.
- Comunicación: debe brindar información clara, con identificación visual, de preferencia en lo relativo a la lectura de datos, reglas de manipulación, caducidad, cuestiones ambientales etc.
- Estabilidad: cuando está paletizado, por lo cual las formas cúbicas serán preferidas frente a otras.
- Hermeticidad: se debe evitar daños ambientales, como el paso de agua o humedad de afuera hacia dentro o viceversa.
- Inviolabilidad: garantía de no manipulación del producto antes de llegar a poder del consumidor final. Los precintos de garantía evitan así el posible fraude.
- En lo posible, evitar la generación de desperdicios, y ser valorizables.
- Reducción al máximo de espacios vacíos.
- Resistencia: debe garantizar la protección del producto, en peso, protegiéndolo contra roturas, para el apilado y el transporte.
- Versatilidad. proteger y conservar los productos en cualquier evento, frente a diversos tipos de consumidores.

#### 4.4.3 Materiales empleados

Los materiales usados con mayor frecuencia en la industria de envases y embalajes son (Pérez, 2012, p. 56):

- Cartón corrugado, utilizado para fabricar cajas, por su bajo costo. Entre otras ventajas, está el ser un material reciclable, versátil y de fácil obtención.
- Aluminio: material ideal y más utilizado para fabricar latas. Su ventaja principal es el ser ligero, resistente a la oxidación y uno de los mejores pagados en el reciclaje.
- Plástico PET, sobre todo en la producción de botellas. Son las más utilizadas para envasar líquidos y gaseosas. Tiene alta resistencia. Ofrecen buena conservación y presentación del producto. Son ligeras, además de ser material reciclable.

#### 4.5 El plástico

El plástico es un material producido con base en polímeros orgánicos obtenidos por modificación química de sustancias naturales, o de forma sintética, a partir de materias primas orgánicas o inorgánicas. Casi todos los plásticos resultan más fáciles de moldear que las materias naturales, ya que durante la fabricación o transformación son, en algún momento del proceso, dúctiles y blandos (Barker, 2015).

Es decir, el plástico puede ser moldeado en numerosas formas y tamaños, pues su estructura resulta fácil de moldear con la intervención de ciertos compuestos químicos que logran preparar al material para darle diferentes usos. Los plásticos ablandados a voluntad –con incremento en la temperatura– y luego enfriados hasta endurecerse son los llamados termoplásticos. A este grupo pertenecen las poliamidas, los policarbonatos, los poliésteres, el polietileno, el polipropileno, el poliacetato de vinilo y los poliuretanos lineales (CAIP, 2016).

Estos plásticos son de mucha utilidad en algunos casos, por su facilidad de manipulación, ablandamiento y moldeado. Aquellos plásticos que sólo son moldeables al principio, a altas temperaturas, una vez endurecidos, conservan su dureza y rigidez, incluso frente a la acción del calor, son denominados termoestables o termoendurecibles. Se incluye en este grupo a las resinas fenólicas, las de urea, las de melamina, los aminoplastos, las resinas de silicona, las resinas epoxi, los poliésteres reticulados y los poliuretanos reticulados (CAIP, 2016).

Uno de los plásticos más resistidos por las organizaciones ecologistas es el PVC. Es un producto que contiene cloro en su composición, un elemento reconocidamente tóxico pero que lo vuelve muy combinable con otros elementos para formar plásticos blandos o duros, resistentes al fuego, moldeables, capaces de adoptar muchas formas y texturas. El PVC, al contener cloro, es tóxico. Sin embargo, su combinación con otros compuestos permite la creación de importantes plásticos resistentes al fuego y fáciles de moldear (Barker, 2015).

El cloro para la elaboración del PVC se obtiene de la sal común –cloruro de sodio. La combinación de cloro con etileno –un subproducto del petróleo- da como resultado la formación de dicloroetileno, es el primer paso en la producción de PVC. Este plástico es un polímero de vinilos clorados, es decir, está formado por la repetición de monómeros –que son las unidades- de esos vinilos. Estos monómeros son especialmente tóxicos, pues de ellos pueden desprenderse compuestos organoclorados (CAIP, 2016).

Al tener un contenido tóxico en su composición, se convierte en un problema de mucho cuidado para toda sociedad, ya que, al existir varios productos de PVC en la basura, muchas personas proceden a la quema de estos componentes, y al ocurrir esto, se desprende gran cantidad contaminación al medio ambiente. En los vertederos de basura, los productos de PVC se mantienen inalterados por periodos que pueden llegar a 400 años. La incineración de estos plásticos libera al medio compuestos organoclorados, un grave peligro para la salud. Es decir que los productos PVC, en la elaboración

de diferentes objetos son bastantes aceptables, pero este a su vez se convierte en una amenaza para el bienestar de toda sociedad, ya que si estos productos son incinerados desprenden grandes cantidades de contaminación, poniendo en riesgo la salud (Barker, 2015).

#### **4.6 Aglomerados y usos**

El aglomerado es un material producido con base en partículas o fibras homogeneizadas, aglomeradas con diferentes resinas. Estas les confieren distintas propiedades, según la aplicación a la que sea sometida (Badila, et al., 2014).

El aglomerado fue empleado desde hace mucho tiempo, como suplemento de la madera, por sus evidentes ventajas, como el costo, la rigidez, suavidad, procesamiento fácil, estabilidad, tensión, resistencia a la humedad, golpes o suciedad, entre otras (Domínguez & Londoño, 2014).

#### **4.7. Arrocillo y sus propiedades aglutinantes**

Un aglutinante es todo material capaz de unir fragmentos de uno o más materiales, formando un conjunto compacto. Dependiendo de la forma en que se da esa unión, se denominan aglomerantes o conglomerantes. En los aglomerantes, la unión tiene lugar por procesos físicos, como el barro, el pegamento, el betún, etc. En los conglomerantes, la unión se da a través de transformaciones químicas, como el yeso, la cal y el cemento (Garay, 2008).

El arrocillo utilizado como aglutinante es un subproducto de desperdicio, que se obtiene como resultado de secar y blanquear el arroz, equivalente al 5-10% del total de desperdicios del producto. El arrocillo es utilizado principalmente como alimento humano y ganadero (Sarasti, 2017, p. 2).

En cuanto a su composición química, la siguiente tabla contiene la información básica de este subproducto:

Tabla 1.

*Composición química de alimentos zootécnicos ecuatorianos (g/kg).*

Componente	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra	ENN	Calcio	Fósforo	Energía (cal)
Arrocillo boliche (ARR. BOL)	57	48	85	16	66	730	0.680	1.420	3,668
Arrocillo costa (ARR. COS)	104	37	97	114	27	621	0.500	1.250	4,006

Tomado de (Vejar, 2013).

#### **4.8. Empaques secundarios para alimentos**

##### **4.8.1. Normativas para empaques secundarios para alimentos**

Una de las varias estrategias nacionales de mitigación del daño ambiental en el siglo actual es la reducción de la huella de carbono. La huella de carbono es un indicador ambiental, calculado como la suma absoluta de todas las emisiones de Gas de Efecto Invernadero causadas directa o indirectamente por una persona, empresa, fenómeno o producto (Bustos, 2008).

Para lograr la reducción de este indicador, Ecuador desarrolla diversas actividades para medir dicha huella en sus rubros más importantes de exportación no petrolera. Desde el año 2012, 44 compañías exportadoras nacionales participan en la referida medición, y durante la tercera etapa 17 empresas se sumaron al proceso (CAF, 2017). Este proceso incluye la reducción paulatina de productos con alto impacto ambiental, de forma particular el plástico.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) publicó la Norma Técnica Ecuatoriana INEN ISO 14064-1 Gases de efecto invernadero (GEI), constituida por tres partes, según la siguiente descripción básica:

- Parte 1: Especificación, a nivel de las organizaciones, para cuantificar e informar sobre las emisiones y remociones de GEI.
- Parte 2: Especificación, a nivel de proyecto, para cuantificar, seguir e informar sobre la reducción o incremento de emisiones o remociones de GEI.
- Parte 3: Especificación para validar y verificar declaraciones sobre GEI.

Esta norma es de aplicación voluntaria. Sin embargo, el conocimiento global acerca de la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de los GEI, muy pocas empresas nacionales están acreditadas a la norma. Según la Lista de Organizaciones y Proyectos de GEI con Declaración de Validación y/o Verificación, solo dos empresas ecuatorianas cuentan con certificaciones vigentes de carbono neutro (Nieto, 2016, pág. 4).

En la actualidad, no existen estudios cuantitativos que identifiquen el impacto económico del cambio de materia prima para diferentes artículos y componentes de la vida diaria y que tengan partes o piezas de plástico, pero es previsible que en algunos casos este hecho incremente sus costos, mientras en otros lo reduzca, pero en uno y otro caso, el impacto ambiental será positivo, al reducir el uso de uno de los compuestos más peligrosos para la ecología, que es el plástico.

La Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG contiene las especificaciones técnicas para el envasado, etiquetado y empaquetado. En el articulado pertinente al empaquetado, la referida norma institucional establece (ARCSA, 2015):

*“Art. 118.- Condiciones Mínimas.- En forma previa a las labores de envasado y empacado, es necesario verificar y registrar:*

*a. La limpieza e higiene del sector donde se maniobran productos alimenticios;*

*b. Los alimentos a empacar, deben ser los compatibles con los materiales de envasado y acondicionamiento, en conformidad a las instrucciones escritas sobre el particular;*

*c. Los recipientes para envasado deben estar debidamente limpios y desinfectados.”*

Estas normas son esenciales para proceder al embalaje del producto alimenticio, pues la inocuidad del mismo está garantizada en primer lugar por el proceso previo al empaque.

Los artículos 119 y 120 se refieren al embalaje previo y el mediano, que corresponden al embalaje primario y secundario señalado en líneas anteriores, en los siguientes términos:

*“Art. 119.- Embalaje previo.- Los alimentos, en sus envases definitivo, aguardando el etiquetado, deben ser separados e identificados apropiadamente.*

*Art. 120.- Embalaje mediano.- Las cajas múltiples de embalaje de los alimentos terminados, deben ser puestas en plataformas o paletas que permitan su retiro del área de empaque hacia la de cuarentena o al almacén de alimentos terminados, evitando la contaminación.”*

Las faenas de empaquetado deben ser precedidas y acompañadas por el constante entrenamiento de manipulación, así como los cuidados previos y prevención de contaminación (ARCSA, 2015)

#### **4.9 Reciclaje de los materiales empleados en los empaques**

Por diversos factores, los empaques para todo tipo de industria en los recientes años, son fabricados con materiales amigables con el medio ambiente. De forma particular, se desarrollaron empaques biodegradables, que no son reciclados forzosamente, sino que se desintegran en la naturaleza sin contaminarla. El ácido poliláctico (PLA) es el material biodegradable más conocido en las diferentes industrias, teniendo propiedades semejantes a los termoplásticos tradicionales, pero combinando precio competitivo y desempeño en almacenamiento (Careaga, 2013).

El reciclaje de cualquier producto desechado en general, y de los empaques en particular, sigue una secuencia de pasos que permiten un resultado exitoso. El proceso básico consiste en la ejecución de los siguientes pasos:

**Recolección:** El principio fundamental de la recolección es la separación, que se inicia en el hogar, separando los residuos en dos grupos básicos: orgánicos, por un lado, e inorgánicos, por otro. Ambos tipos deben ser colocados en fundas de colores diferentes, y puestos en los puntos de recolección de basura la vía pública. Esta separación permitirá que se encaucen hacia sus respectivas formas de tratamiento (Arias, 2015).

Es decir, la etapa de recolección, puede iniciarse dentro del hogar, donde se encuentran distintos productos, objetos y desechos, recolectados para su posterior reciclaje, pero en este proceso se debe diferenciar apropiadamente los diferentes tipos de materiales elaborados, y los empaques, sean de plástico o cartón, están entre los desechos de mayor cantidad en cualquier hogar.

Una vez depositados los desechos reciclables en los contenedores, estos pasan a un centro o punto de acopio, donde se reciben los residuos separados, compactados, en fardos, y son almacenados a la intemperie, en lo posible máximo por tres meses, para evitar el daño de los diferentes materiales por acción de la radiación ultravioleta (Arias, 2015).

Los desechos reciclables deben ser clasificados según tipo. Esta tarea puede ser cumplida manualmente, aunque se desarrollaron tecnologías de clasificación automática en países desarrollados. En países de la región, aún predomina la clasificación manual, lo que genera plazas de trabajo para trabajadores no calificados, que, con un entrenamiento básico, pueden ejecutar tales tareas sin complicaciones (Arias, 2015). En esta etapa se puede apreciar la clasificación de los diferentes productos desechados, seleccionados por el tipo de material y, a veces por su color.

Como última etapa de este proceso, está la comercialización, que consiste en entregar a una empresa que requiera dichos materiales para sus procesos

productivos, lo que generalmente se da en camiones en volúmenes considerables (Arias, 2015).

#### **4.10 Contaminación ambiental por empaques**

La industria del empaque creció al ritmo de los sectores industriales que demandan sus servicios. Gracias a esta creciente demanda, se incrementaron los procesos extractivos, productivos y transformadores del entorno natural. El impacto ambiental de la cadena de la fabricación de envases se vincula de forma directa a la disminución de los recursos naturales no renovables, la contaminación del agua, aire y suelo, el aumento del calentamiento global y la presión sobre los sistemas de gestión de desechos sólidos. Esto se evidencia a diario con las enormes cantidades de materiales de empaque como cartón, aluminio y plástico en los basureros públicos, e incluso en las calles (Careaga, 2013).

Durante las pasadas décadas, se promovió el diseño de empaques centrados en responder a los intereses de los usuarios por encontrar alimentos dosificados, económicos y portables, sin considerar la capacidad de carga de los ecosistemas cuando toca procesar los residuos. Por supuesto, el desarrollo de los empaques se centró en los intereses de la industria por lograr mayores beneficios gracias a sus márgenes de utilidad (Leonard, 2010).

Los materiales empleados como empaque de alimento, son, principalmente (Bernache, 2016):

- Metales (acero, aluminio), para productos en presentación de tarro o lata.
- Vidrio, de diversos colores, o transparentes, para productos envasados en botella y frasco.
- Papel y cartón en presentación de cajas, vasos, sobres y bolsas, entre otras.
- Plásticos para envases en presentación de bandeja, caja, tubo, botella, frasco, entre otros.

- Materiales complejos, es decir, una combinación de dos o más materiales de los antes señalados.

## **5. CAPÍTULO V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Materiales, reactivos y equipos**

#### **Materiales**

- Fibra de uvilla
- Aglutinante (arrocillo)
- Ollas
- Balanza
- Prensa
- Goma
- Licuadora industrial
- Cultivos Compact Dry
- Pinzas
- Tubos de ensayo
- Agua de peptona
- Moldes de madera

#### **Reactivo**

- Sulfato de cobre

#### **Equipo**

- Autoclave
- Cámara de estabilidad

### **5.2. Métodos**

#### **5.2.1 Ubicación del experimento**

Se realizó en el laboratorio ubicado en la Universidad de las Américas, sede Queri, en condiciones ambientales.

## 5.2.2 Estadística

### 5.2.2.1 Diseño experimental

En la presente investigación se va realizar un Diseño experimental Completamente al Azar (DCA) con 5 repeticiones.

Tabla 2.

*Tratamientos y descripción.*

Tratamientos	Descripción
<b>T1</b>	70% Fibra+30% Aglutinante
<b>T2</b>	60% Fibra+40% Aglutinante
<b>T3</b>	50% Fibra+50% Aglutinante

Tabla 3.

*Diseño Experimental usado en el presente estudio.*

<b>Diseño completamente al azar</b>	
Tratamientos	3
Repeticiones	5
# Total de unidades experimentales	15

### 5.2.2.2 Esquema de ADEVA de un Diseño Completamente al Azar.

Tabla 4.

*Esquema de ADEVA de un Diseño Completamente al Azar.*

Fuente de Variación	gl
<b>Total (t)</b>	19
<b>Tratamiento</b>	3
<b>Repeticiones (r)</b>	4
<b>Error</b>	12
<b>CV (%)</b>	

### 5.3. Identificación de variables

#### 5.3.1. Variable independiente

- Porcentajes de fibra de uvilla
- Porcentaje de aglutinante

#### 5.3.2. Variables dependientes

- Tiempo de vida útil
- Presencia de microorganismos
- Propiedades físicas (fuerza, resistencia a la flexión, densidad, dureza)

### 5.4 Manejo del Experimento.

#### 5.4.1 Técnica para producir aglomerado para empaque secundario.

Habiéndose evaluado prototipos con diferentes porcentajes de fibra vegetal extraída de la uvilla y el arrocillo como aglutinante, según se observa en la siguiente tabla:

Tabla 5.

*Composición para la elaboración de aglomerado para empaques secundarios.*

<b>Prototipo 1</b>	<b>Prototipo 2</b>	<b>Prototipo 3</b>
60% fibra de uvilla	70% fibra de uvilla	50% fibra de uvilla
40% aglutinante (arrocillo)	30% aglutinante (arrocillo)	50% aglutinante (arrocillo)

Fue seleccionado el que presentó las mejores características para ser considerado como empaque secundario.

Una vez que se tuvo el aglomerado, se produjeron empaques secundarios, posteriormente fueron sujetos a pruebas físicas, microbiológicas y hedónicas, con la finalidad de determinar su aptitud para almacenar alimentos.

El aglomerado fue sometido a una prensa de 10x30cm con una presión de 2 kilos aproximadamente. Después, se procedió a darle forma de caja para empaque secundario. Estas cajas fueron sometidas a pruebas físicas como resistencia a la flexión, dureza superficial, densidad. Después, se aplicaron pruebas microbiológicas, específicamente de aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

Finalmente, se determinó la vida útil de los empaques, por medio de pruebas pruebas hedónicas.

#### **5.4.2. Elaboración del aglomerado**

El aglomerado es elaborado a partir de la fibra de uvilla (capuchón) esta es sometida a secado a temperatura de 19 a 20°C, se tritura con ayuda de una licuadora industrial para reducir a mínimos fragmentos de fibra y pueda ser mezclada junto con el arrocillo. Esta mezcla es moldeada, secada y armada en forma de una caja la cual servirá como empaque secundario. Se sometió la mezcla a procesos de presión y alta temperatura, generándose la deshidratación. En este proceso, se genera el aglomerado, a partir de la unión

de enlaces entre partículas, fenómeno facilitado por el aglutinante, obteniéndose la rigidez propia del aglomerado (Sarasti, 2017, p. 18).

Finalmente se procedió al armado de la caja la cual consta de 6 partes con medidas de 87mm de largo, 52mm de ancho, alto 35mm y 4mm de espesor.

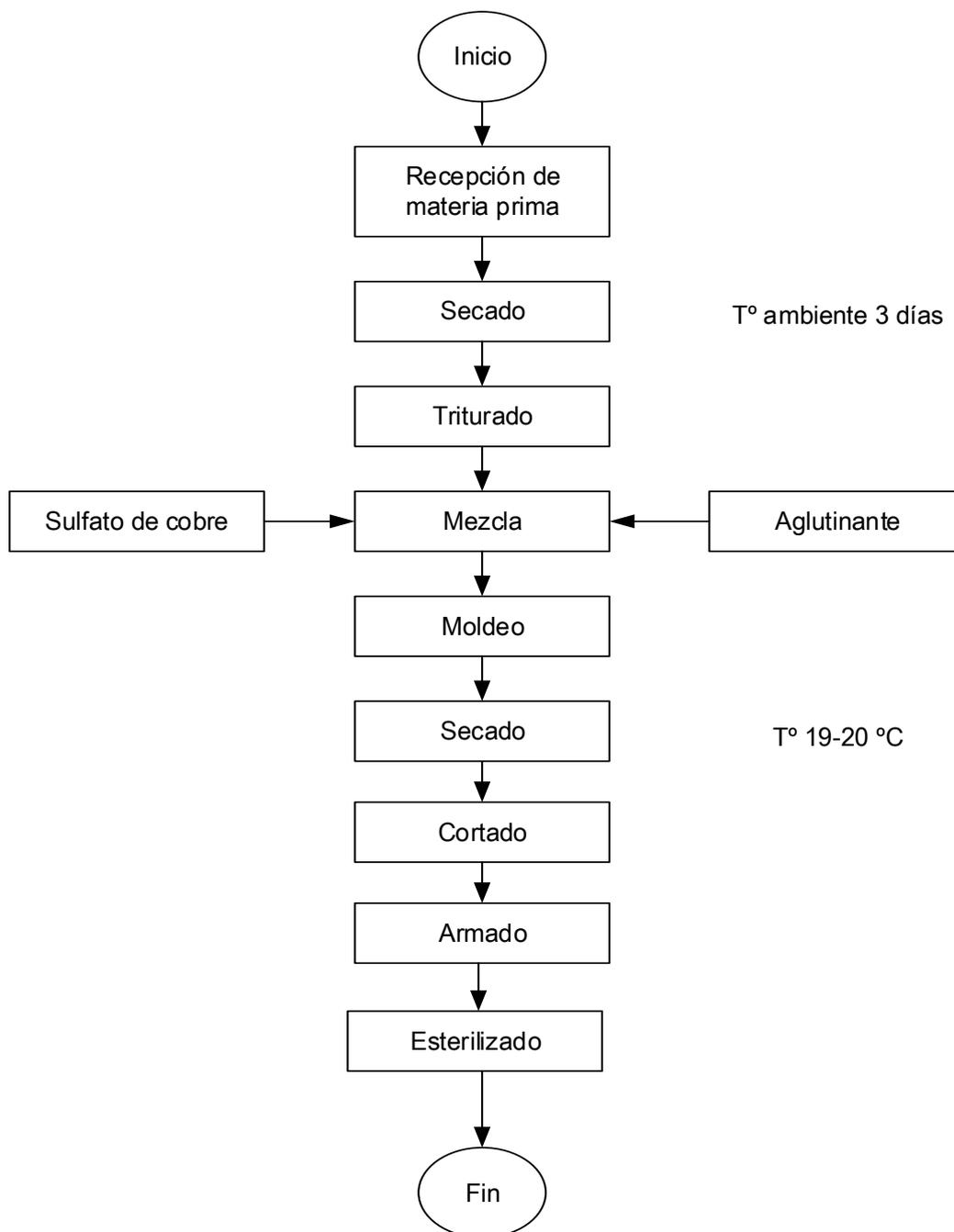


Figura 3. Diagrama de Proceso.

### 5.4.3 Análisis microbiológico.

Se llevó a cabo mediante pruebas aceleradas de vida útil en cámara climática. Las pruebas analizadas son: aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, con el fin de garantizar que el empaque esté libre de microorganismos.

#### Descripción del ensayo

1. Se colocó 1 ml de la muestra en el centro de la placa.
2. La muestra se extendió de forma uniforme sobre la placa, convirtiéndose en gel.
3. Se procede a tapar la placa, rotulando la misma.
4. Se debe cerrar la placa, voltearla y colocarla en la incubadora.
5. Después del tiempo requerido en el proceso de incubación, se debe contar el número de colonias. Este proceso se llevó a cabo en los tres tipos de pruebas.

#### ***E. coli***

Esta prueba posibilita descartar la presencia de *E. coli*. El medio contiene dos sustratos enzimáticos. En el caso de haber presencia de *E. coli*, tiende a pintar color azul las posibles colonias. (HyServe, Compact Dry TC, 2010).

Tiempo transcurrido en la incubación: 24 horas

Temperatura requerida para la incubación:  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$

#### **Aerobios mesófilos**

Estas pruebas contienen un medio que incluye agar de cultivo estándar. Además, permite comprobar el recuento total. No se observó presencia en nuestro ensayo y en el caso de haber presencia las colonias de bacterias presentan una coloración roja (HyServe, 2011).

Tiempo transcurrido en la incubación: 48 horas

Temperatura requerida para la incubación:  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$

### ***Staphylococcus aureus***

Las colonias de *Staphylococcus aureus* tienen un color azul claro, pero al realizar los análisis respectivos durante 15 días no se identificó presencia.

Tiempo transcurrido en la incubación: 24 horas

Temperatura requerida para la incubación:  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$

## **5.5 Unidad de análisis**

La unidad de análisis estuvo constituida por los diferentes porcentajes de materiales empleados en la producción de los diversos prototipos de aglomerado, comparando las características de cada composición con base en comparaciones numéricas obtenidas de cada prueba.

### **5.5.1 Población de estudio**

Arrocillo 50% y fibra de uvilla 50%

Arrocillo 30% y fibra de uvilla 70%

Arrocillo 40% y fibra de uvilla 60%

### **5.5.2 Tamaño de muestra**

- 12 muestras de cajas por cada tratamiento (T1, T2, T3), sometidas a pruebas físicas y microbiológicas.
- 36 empaques.

### 5.5.3. Selección de la muestra

Se llevó a cabo la toma de la muestra analizando 5 repeticiones de las cajas de cada tratamiento siendo estadísticamente este número representativo para obtener un promedio de los valores obtenidos como resultado.

### 5.5.4 Recolección de datos.

La toma de los datos se obtuvo después de realizar las pruebas físicas y microbiológicas llevadas a cabo en este experimento.

- **Pruebas de resistencia a la flexión.-** se evalúa en unidades de Kg F donde se mide fuerza y ruptura en un punto específico donde está concentrado la fuerza se hala y verificamos cuando se produzca la ruptura. Se realiza con el montaje de una polea ayudado de una balanza y una prensa.
- **Prueba de dureza superficial.-** utilizamos el penetrómetro donde tomamos 5 puntos de cada parte de la caja y verificamos la dureza en todos los puntos analizados, estos valores serán analizados en Newton.
- **Prueba de densidad.-** permite determinar el volumen requerido por el cuerpo con relación a su peso. Esta variable es obtenida a través del pesaje del cuerpo y la inmersión en agua en unidades de m/v.
- **Pruebas microbiológicos.-** Consiste en identificar la presencia o ausencia de microorganismos en (UFC) y finalmente determinar su vida útil.

## 5.6 Análisis e interpretación de la información

Para el análisis de datos, se aplicó el programa informático INFOSTAT que permite obtener el análisis de varianza y comprobación utilizando la prueba de *Tukey*. Se utilizó la prueba de *Tukey*, la cual se lleva a cabo para verificar las

variables donde existe diferencia estadística, siendo el interés fundamental comparar promedios entre distintos tratamientos.

Para una mejor comprensión, se indican los conceptos estadísticos relativos al procedimiento aplicado:

**Mediana:** La mediana estadística es el número central de un grupo compuesto por números ordenados según tamaño. Si el total de términos es par, la mediana resulta de promediar los dos números centrales (Martínez, 2016).

**Varianza:** En la teoría de probabilidad, es una medida de dispersión entendida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable con relación a su media (Martínez, 2016).

**Análisis de varianza:** El análisis de la varianza (ANOVA) es una compilación de modelos estadísticos y sus procedimientos relacionados, donde la varianza está particionada en determinados componentes relacionados a distintas variables explicativas (Martínez, 2016)

**Prueba de tukey:** Permite probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia. La única exigencia es que la frecuencia de repeticiones sea constante en todos los tratamientos. Este método permite comparar las medias de los tratamientos, de dos en dos, evaluando las hipótesis formuladas (Martínez, 2016).

## **6. CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1 Resistencia a la flexión.**

El Análisis de ruptura tomado en cuenta 5 observaciones por cada tratamiento, al existir tres tratamientos se cuenta con una base de datos de 15 observaciones, donde se utilizan dos variables categóricas que son los tratamientos y las repeticiones.

Una vez que se tiene los parámetros iniciales se puede proceder con el análisis ANOVA (Análisis de Varianza) con el fin de demostrar que no es indiferente el

tipo de tratamiento en base a sus medias, para este análisis las hipótesis son las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

De acuerdo a estas hipótesis, si se logra rechazar la hipótesis nula mediante la significancia del estadístico F de Fisher a un nivel de confianza del 95% con un p valor tope de 0,05, se tendrá una significancia en los valores promedio de los tratamientos, lo que a su vez permitirá elegir el mejor tratamiento en base a su valor promedio en la prueba resistencia a la flexión. Con esta premisa la tabla ANOVA es la siguiente:

Tabla 6.

*Análisis de la Varianza para resistencia a la flexión del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla (Physalis peruviana).*

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Total	14	19,00			
Tratamientos	2	17,72	8,86	62,31**	<0,0001
Repeticiones	4	0,14	0,04	0,25	0,9012
Error	8	1,14	0,14		

CV (%) 8,69

Como se observa el estadístico F de Fisher es significativo con un p-valor de 0,0001 menor al 0,05, lo que permite rechazar la hipótesis nula  $H_0$ . Se demuestra significancia estadística en la relevancia de la de la media en cada una de los tipos de tratamientos, a estas se les hará el test de Tukey siguiente:

Tabla 7.

*Test: Tukey para resistencia a la flexión del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla (Physalis peruviana).*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
1	5,64	5	0,17	A
3	4,40	5	0,17	B
2	2,98	5	0,17	C

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

En base a los valores promedio de los tratamientos en la prueba de resistencia a la flexión se encuentra dominante al tratamiento 1 (60% fibra-40%arrocillo), seguido del tratamiento 3 (50% fibra-50%arrocillo), y finalmente el de menor fuerza el tratamiento 2 (70% fibra-30%arrocillo).

## 6.2 Dureza superficial.

En el Análisis de compresión usando el penetrómetro, se tomaron en cuenta 150 observaciones por cada tratamiento, al existir tres tratamientos se cuenta con una base de datos de 450 observaciones, donde se utilizan dos variables categóricas que son los tratamientos y las repeticiones.

Una vez que se tiene los parámetros iniciales se puede proceder con el análisis ANOVA (Análisis de Varianza) con el fin de demostrar que no es indiferente el tipo de tratamiento en base a sus medias, para este análisis las hipótesis son las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

De acuerdo a estas hipótesis, si se logra rechazar la hipótesis nula mediante la significancia del estadístico F de Fisher a un nivel de confianza del 95% con un p valor tope de 0,05, se tendrá una significancia en los valores promedio de los tratamientos, lo que a su vez permitirá elegir el mejor tratamiento en base a su valor promedio en la prueba de dureza superficial con el penetrómetro. Con esta premisa la tabla ANOVA es la siguiente:

Tabla 8.

*Análisis de la Varianza para dureza superficial del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla (Physalis peruviana).*

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Total	449	11036,05			
Tratamientos	2	628,36	314,18	17,14	<0,0001
Repeticiones	149	4946,15	33,20	1,81	<0,0001
Error	298	5461,54	18,33		

Cv (%) 16,66

Como se observa el estadístico F de Fisher es significativo con un p-valor de 0,0001 menor al 0,05, lo que permite rechazar la hipótesis nula  $H_0$ . Se demuestra significancia estadística en la relevancia de la media en cada uno de los tipos de tratamientos, a estas se les hará el test de Tukey siguiente:

Tabla 9.

*Test: Tukey para dureza superficial del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla (Physalis peruviana).*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
2	27,07	150	0,35	A
3	25,84	150	0,35	B
1	24,19	150	0,35	C

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

En base a los valores promedio de los tratamientos en la prueba de dureza superficial con ayuda del penetrómetro el tratamiento que presenta las mejores características de dureza superficial del aglomerado es el tratamiento 2 (70% fibra-30%arrocillo), seguido del tratamiento 3 (50% fibra-50%arrocillo) finalmente, presenta menor resistencia a la dureza superficial es el tratamiento 1 (60% fibra-40%arrocillo).

### 6.3 Resultados de densidad.

Una vez que se tiene los parámetros iniciales se puede proceder con el análisis ANOVA (Análisis de Varianza) con el fin de demostrar que no es indiferente el tipo de tratamiento en base a sus medias, para este análisis las hipótesis son las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Como se observa el estadístico F de Fisher no es significativo con un p-valor de 0,7703 mayor al 0,05. Lo que permite aceptar la  $H_0$  donde indica que no hay diferencia entre tratamientos.

Tabla 10.

*Análisis de la Varianza para prueba de densidad del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla (Physalis peruviana).*

F.V	gl	SC	CM	F	p-valor
Total	14	4,0E-03			
Tratamientos	2	1,6E-03	8,0E-05	0,27	0,7703
Error	8	2,4E-03	3,0E-04		

Cv (%) 16,66

Tabla 11.

*Test: Tukey para prueba de densidad del estudio de elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla (Physalis peruviana).*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
2	0,41	5	0,01	A
3	0,41	5	0,01	A
1	0,40	5	0,01	A

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

En base a los valores promedio de los tratamientos en la prueba de densidad los tratamientos son iguales en cuanto a su densidad, lo que indica que no interfiere la densidad en los distintos tratamientos.

## 7. CAPÍTULO VII. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

### 7.1. Arrocillo

El costo del arrocillo empleado en la producción de aglomerados será adquirido de las piladoras de la vía Daule, provincia del Guayas. Este subproducto demora 12 horas en llegar hasta Quito, por llegar vía terrestre.

Tabla 12.

*Costo de transporte arrocillo por kg.*

Materia	Peso utilizado	Costo unitario	Costo total
Arrocillo	3kg	\$ 0,60	\$ 1,80

### 7.2. Fibra de Uvilla

La fibra de uvilla utilizada en la producción de empaques fue adquirida de la parroquia Chavezpamba. Este subproducto demora 4 horas en llegar hasta Quito, por llegar vía terrestre. El costo es calculado por quintal (46 kg aproximadamente), como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 13.

*Costo de transporte fibra de uvilla por kg.*

Materia	Costo de transporte	Peso transportado	Costo de la materia por kilo	Costo total por kg	Costo Total+transporte
Fibra de uvilla	\$ 2,00	22 kilos	\$ 0,36	\$ 7,92	\$ 9,92

Tabla 11.

*Costo final para obtener el valor por caja.*

Costo Total+transporte de fibra de uvilla por kg	Costo de transporte arrocillo por kg	# Cajas	Valor final por caja
\$ 9,92	\$ 1,80	36	\$ 0,32

Según se aprecia en esta tabla, el costo total por caja sería de \$0,32 ctv, tomando en cuenta que se realizaron 36 cajas para los distintos análisis.

Resaltando que existe un precio evitado o “precio sombra” el cual no toma en cuenta las industrias productoras de plástico y cartón para realizar la degradación de los mismos y gastos ambientales, por lo que a gran escala este prototipo de empaque secundario a base de la uvilla puede resultar de bajo costo en comparación a los empaques habituales.

Conceptualmente, el precio sombra, también denominado precio social, es el valor de referencia que podría tener un bien o servicio, dadas las condiciones de competencia perfecta. El precio de un bien o servicio podría no estar definido por el mercado; empero, es viable asignar a dicho bien o servicio un precio sombra. Esto posibilita analizar la relación de costo-beneficio, y representa el costo oportunidad de producir o consumir un bien o servicio (Samuelson & Nordhaus, 2017).

Adicionalmente, se conceptúa la relación costo-beneficio, que consiste en tomar los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, determinando los beneficios obtenidos por cada unidad monetaria sacrificada en el proyecto (Pacheco, 2016).

### **7.3. Beneficios del empaque elaborado.**

- No requieren altas inversiones en maquinarias de última tecnología.
- Son fáciles de realizar y manipular.
- No se utilizan sustancias químicas nocivas para el operario.
- No causa daño al ambiente.
- Son bastante novedosos por lo cual pueden ser utilizados con fines de exportación de productos tradicionales en nuestro país.
- Evita la generación de desperdicios y desechos.
- Estos desechos agroindustriales pueden ser valorizables.
- Reducción al máximo de espacios vacíos.
- Al ser elaborados a gran escala se reducirá el costo.
- Estos pueden ser reutilizables.
- No requiere de costos para su degradación.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones

En la prueba física resistencia a la flexión se encuentra dominante al tratamiento 1 (60% fibra-40%arrocillo), (seguido del tratamiento 3 (50% fibra-50%arrocillo), y finalmente el de menor fuerza el tratamiento 2 (70% fibra-30%arrocillo). Esto indica que el tratamiento con mayor fuerza del aglomerado es el que está compuesto por 60% fibra-40%arrocillo.

En base a los valores promedio de los tratamientos en la prueba de dureza superficial con ayuda del penetrómetro, el tratamiento con las mejores características es el tratamiento 2 (70% fibra-30%arrocillo) es decir que es resistente a presión expuesta en el empaque, seguido del tratamiento 3 (50% fibra-50%arrocillo). Finalmente el tratamiento 1 (60% fibra-40%arrocillo) es el que presenta menor resistencia a dureza superficial.

En base a los valores promedio de los tratamientos en la prueba de densidad los tratamientos son iguales, lo que indica que no interfiere la densidad en los distintos tratamientos.

Durante el estudio se identificó que el tratamiento 3 con la composición (50% fibra-50% arrocillo) es el más óptimo ya que de acuerdo a sus características del aglomerado presenta una presión, fuerza y compresión óptima para ser utilizado como empaque.

Se realizó análisis microbiológicos de E.coli, S.aureus, A.mesofilos dando negativo la presencia en UFC, esto con la ayuda de la cámara climática analizadas en tiempo real de 15 días en condiciones de 40 °C y humedad 75%. Bajo estos antecedentes se concluye que tiene una vida útil de 6 meses aproximadamente.

Se observó que las cajas en la cámara climática durante los 15 días si presentaron cambios a un color café oscuro, tomando en cuenta que esto no refleja que las cajas no estén en condiciones óptimas para ser utilizadas.

## 8.2 Recomendaciones

Que se explore otro tipo de desechos agroindustriales para que puedan ser considerados en estudios similares.

Durante la manipulación evitar contaminación cruzada.

La materia prima utilizada debe tener un proceso previo de esterilización.

Tomar en cuenta la temperatura de secado para evitar proliferación de mohos.

Prensar el aglomerado para obtener una mezcla homogénea.

Se debe analizar sectores más cercanos para la recepción de la materia prima de fibras agroindustriales ya que hay altos costos en el transporte de las mismas.

## REFERENCIAS

- Acosta, A. (2015). El planeta tiene más de 3 billones de árboles. Un nuevo cálculo más preciso multiplica por 8 su número, aunque cada año se pierden 15.000 millones de ejemplares. Recuperado el 30 de Enero de 2018, de <http://www.abc.es/sociedad/20150902/abci-planeta-billones-arboles-201509021916.html>
- Aldas, S. (2013). Uso de la uvilla (*Physalis Peruviana*) en la repostería como alternativa gastronómica nutricional. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Altamirano, M. (2010). Estudio de la cadena productiva de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en la Sierra Norte del Ecuador. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- ARCOSA. (2015). Resolución ARCOSA-DE-067-2015-GGG. Recuperado el 19 de Abril de 2018, de [http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion\\_ARCOSA-DE-067-2015-GGG.pdf](http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion_ARCOSA-DE-067-2015-GGG.pdf)
- Arias, A. (2015). Componente básico para el buen manejo de los residuos sólidos. Quito: Lirios.
- Badila, M., J. C., Zhang, W., Schmidt, T., Wuzella, G., Müller, U., & Kandelbauer, A. (2014). *Progress in Organic Coatings*. Amsterdam: Elsevier.
- Barker, K. (2015). *Contaminación en el ambiente*. Nueva York: OMS.
- Bernache, G. (2016). *Cuando la basura nos alcance: el impacto de la degradación ambiental*. México, D.F.: Casa Chata, CIESAS.
- Bustos, H. (2008). *Nuestra casa. Manual de educación ambiental*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- CAF. (2017). Ecuador avanza en la medición de Huella de Carbono de sus principales rubros de exportación no petrolera. Recuperado el 17 de Abril de 2018, de <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2017/07/ecuador-avanza->

en-la-medicion-de-huella-de-carbono-de-sus-principales-rubros-de-exportacion-no-petrolera/?parent=32983

- CAIP. (2016). Tipos de plásticos. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de <http://caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- Caja de cartón. (2017). Tipos de envases y embalajes. Recuperado el 15 de Abril de 2018, de <http://blog.cajadecarton.es/tipos-de-envases-y-embalajes/>
- Careaga, J. (2013). Manejo y reciclaje de los residuos en empaques y embalajes. México: SEDESOL.
- Domínguez, M., & Londoño, C. (2014). Elaboración de tableros aglomerados empleando diferentes formulaciones adhesivas a partir de proteína de soya. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- EducarChile. (2016). Operaciones de embalaje y almacenaje. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=218970>
- Garay, D. (2008). Producción de tableros aglomerados de partículas a partir de mezclas de especies de los llanos occidentales. Mérida: Centro de Estudios Forestales.
- HyServe. (2010). Compact Dry TC. Recuperado el 10 de Junio de 2018, de <https://hyserve.com/produkt.php?lang=es&gr=1&pr=259>
- HyServe. (2011). Recuperado el 16 de Junio de 2018, de <https://hyserve.com/produkt.php?lang=es&gr=1&pr=259>
- Joyas de Quito. (2014). Parroquia Chavezpamba. Recuperado el 30 de Enero de 2018, de [http://joyasdequito.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=30&Itemid=20](http://joyasdequito.com/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=20)
- Leonard, A. (2010). La historia de las cosas: cómo nuestra obsesión por las cosas está destruyendo el planeta, nuestras comunidades y nuestra salud. Una visión del cambio. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

- López, E. (2008). Diseño y análisis de experimentos. Fundamentos y aplicaciones en Agronomía. Recuperado el 3 de Agosto de 2018, de <https://issuu.com/byrong/docs/disenoyanalisisexperimentos>
- López, S. (2013). Extracción de almidón de arroz a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos. Guatemala: Universidad de Guatemala.
- MAGAP. (2014). Zonificación agroecológica económica del cultivo de uvilla (*Physalis peruviana*) en el Ecuador a escala 1:250.000. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/zae/uvilla.pdf>
- Manrique, A. (2012). Aprovechamiento de los residuos del pseudotallo del banano común (*musa spAAA*) y del bocadillo (*musa spAA*) para la extracción de fibras textiles. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Martínez, C. (2016). Estadística y muestreo. Bogotá: Ecoe.
- Nieto, N. (2016). Aplicación de la norma ISO 14064-1 para cuantificar emisiones de gases de efecto invernadero en aerofumigación. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Pacheco, J. (2016). Gestión financiera con Excel. Lima: Macro.
- Pérez, C. (2012). Empaques y embalajes. Recuperado el 16 de Abril de 2018, de [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/comunicacion/Empaques\\_y\\_embalajes.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/comunicacion/Empaques_y_embalajes.pdf)
- Proecuador. (2016). Crecen exportaciones de la uvilla al mercado europeo. Recuperado el 15 de Julio de 2018, de <https://www.proecuador.gob.ec/?s=UVILLA&submit=Buscar>
- Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2017). Economía con aplicaciones a Latinoamérica. México: McGraw Hill.
- Sarasti, Ó. (2017). Aprovechamiento de las propiedades aglutinantes del arrozillo (*Oryza Sativa*) y fibras vegetales en la elaboración de empaques alimentarios ecológicos. Quito: UDLA.

- Selke, S. (2017). Materiales biodegradables para empaques sostenibles. Recuperado el 11 de Julio de 2018, de <http://www.plastico.com/temas/Materiales-biodegradables-para-empaques-sostenibles+3055636>
- Torres, X. (2016). Nuevas especies frutales. Bogotá: Mundi-Prensa.
- Vejar, J. (2013). Bases de datos para formulacion de dietas. Recuperado el 19 de Abril de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S21.htm>
- Vinueza, C. (2015). Estudio de los efectos de las condiciones de secado del capuchón en el comportamiento postcosecha de la uvilla durante el almacenamiento refrigerado. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Wagner, H. (2012). Pharmazeutische Biologie 2 -Drogen und Ihre Inhaltsstoffe. 2 Auflage. New York: Gustav Fischer Verlag.

## **ANEXOS**

## Elaboración de aglomerado



*Figura 3. Prensado*



*Figura 4. Moldeo*



*Figura 5. Caja armada.*



*Figura 6. Cajas armadas (tratamientos) T1 (60%fibra 40%aglutinate, T2 (70%fibra 30%aglutinate), T3 (50%fibra- 50%aglutinate)*

## Pruebas Físicas



Figura 7. Prueba dureza superficial penetrómetro

## Análisis Microbiológico

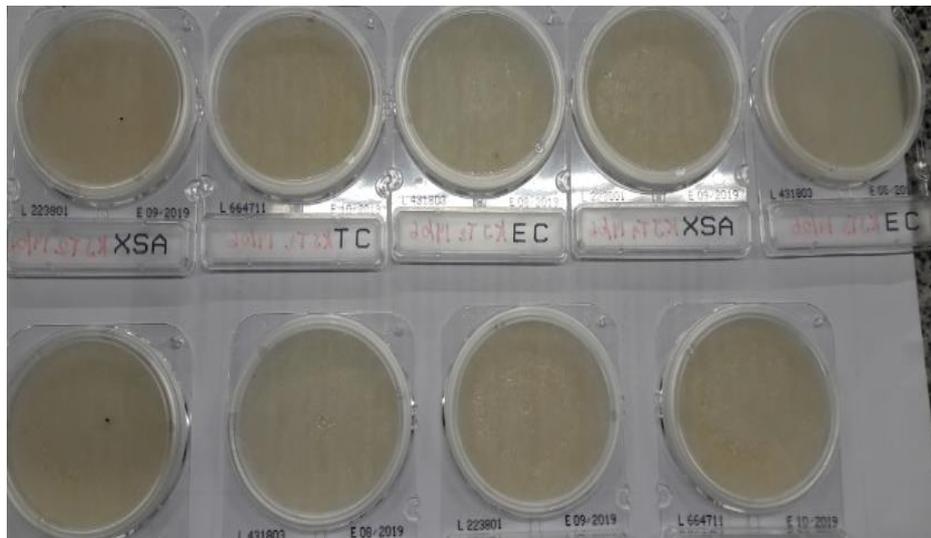


Figura 8. Análisis microbiológico semana 1.

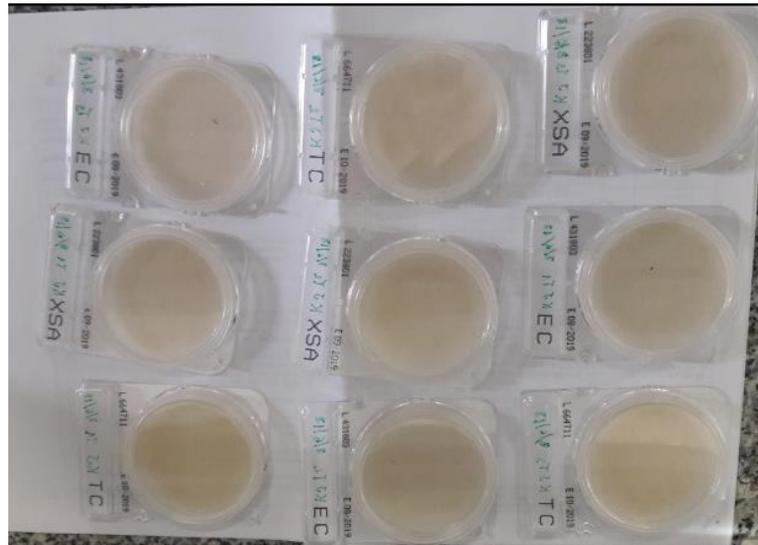


Figura9. Análisis Microbiológico semana 2.

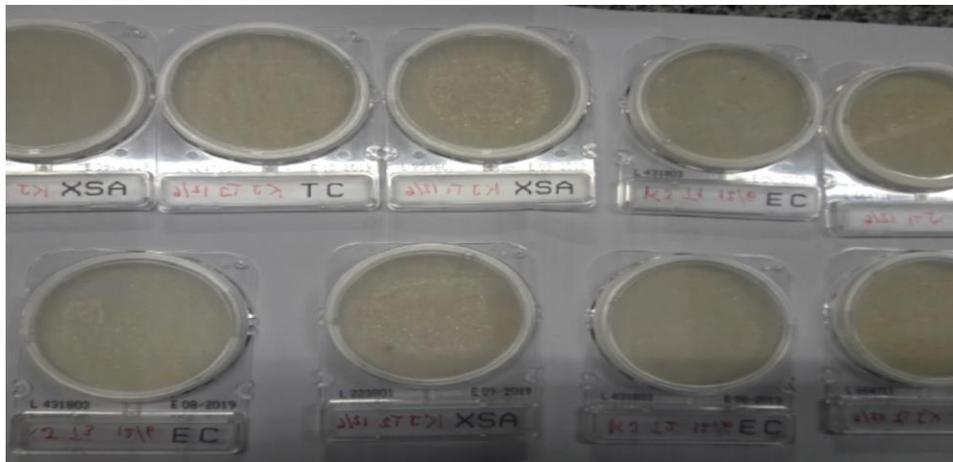


Figura10. Análisis microbiológico semana 3.

## Pruebas Físicas.



Figura 11. Prueba de densidad.

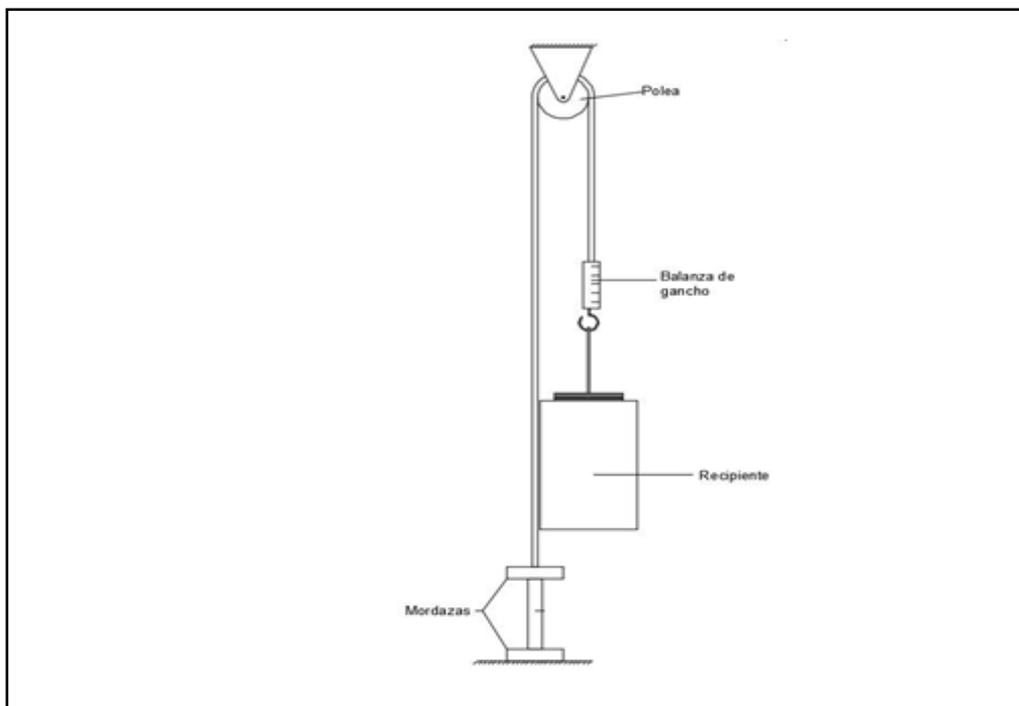


Figura 12. Esquema para medición de prueba física “resistencia a la flexión”

## TABLAS PROGRAMA INFOSTAT

### Dureza superficial

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
OBSERVACIONES	N 450	0,51	0,25	16,66

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5574,51	151	36,92	2,01	<0,0001
TRATAMIENTO	628,36	2	314,18	17,14	<0,0001
REPETICIONES	4946,15	149	33,20	1,81	<0,0001
Error	5461,54	298	18,33		
Total	11036,05	449			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,16030

Error: 18,3273 gl: 298

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	27,07	150	0,35	A
3	25,84	150	0,35	B
1	24,19	150	0,35	C

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=15,09613

Error: 18,3273 gl: 298

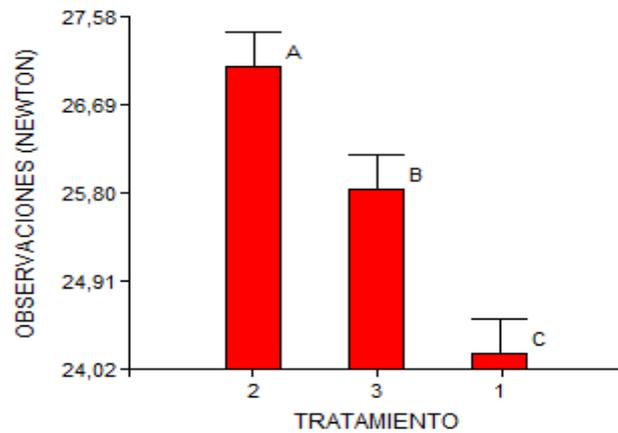
REPETICIONES	Medias	n	E.E.	
11	39,83	3	2,47	A
70	35,67	3	2,47	A B
12	35,13	3	2,47	A B
76	34,83	3	2,47	A B C
46	32,77	3	2,47	A B C
32	32,00	3	2,47	A B C
132	32,00	3	2,47	A B C
57	31,30	3	2,47	A B C
65	31,17	3	2,47	A B C
79	30,93	3	2,47	A B C
33	30,77	3	2,47	A B C
35	30,73	3	2,47	A B C
31	30,63	3	2,47	A B C
134	30,33	3	2,47	A B C
34	30,23	3	2,47	A B C
50	30,07	3	2,47	A B C
80	30,00	3	2,47	A B C
56	29,97	3	2,47	A B C
67	29,80	3	2,47	A B C
69	29,50	3	2,47	A B C

14	29,47	3	2,47	A	B	C
58	28,90	3	2,47	A	B	C
60	28,77	3	2,47	A	B	C
44	28,60	3	2,47	A	B	C
13	28,43	3	2,47	A	B	C
64	28,43	3	2,47	A	B	C
37	28,37	3	2,47	A	B	C
145	28,33	3	2,47	A	B	C
135	28,33	3	2,47	A	B	C
150	28,33	3	2,47	A	B	C
63	28,30	3	2,47	A	B	C
61	28,30	3	2,47	A	B	C
78	28,10	3	2,47	A	B	C
5	28,03	3	2,47	A	B	C
27	28,00	3	2,47	A	B	C
117	28,00	3	2,47	A	B	C
29	28,00	3	2,47	A	B	C
39	27,87	3	2,47	A	B	C
62	27,77	3	2,47	A	B	C
74	27,73	3	2,47	A	B	C
15	27,73	3	2,47	A	B	C
131	27,67	3	2,47	A	B	C
105	27,67	3	2,47	A	B	C
4	27,27	3	2,47	A	B	C
26	27,10	3	2,47	A	B	C
48	27,07	3	2,47	A	B	C
87	27,00	3	2,47	A	B	C
30	26,97	3	2,47	A	B	C
86	26,80	3	2,47	A	B	C
68	26,70	3	2,47	A	B	C
98	26,67	3	2,47	A	B	C
54	26,40	3	2,47	A	B	C
22	26,33	3	2,47	A	B	C
141	26,33	3	2,47	A	B	C
112	26,00	3	2,47	A	B	C
125	26,00	3	2,47	A	B	C
66	25,83	3	2,47	A	B	C
38	25,77	3	2,47	A	B	C
49	25,77	3	2,47	A	B	C
19	25,73	3	2,47	A	B	C
3	25,73	3	2,47	A	B	C
20	25,70	3	2,47	A	B	C
144	25,67	3	2,47	A	B	C
137	25,67	3	2,47	A	B	C
25	25,63	3	2,47	A	B	C

18	25,47	3	2,47	A	B	C
10	25,43	3	2,47	A	B	C
40	25,37	3	2,47	A	B	C
99	25,33	3	2,47	A	B	C
109	25,33	3	2,47	A	B	C
93	25,33	3	2,47	A	B	C
59	25,10	3	2,47	A	B	C
100	25,00	3	2,47	A	B	C
110	25,00	3	2,47	A	B	C
90	25,00	3	2,47	A	B	C
94	25,00	3	2,47	A	B	C
2	24,93	3	2,47	A	B	C
1	24,87	3	2,47	A	B	C
81	24,83	3	2,47	A	B	C
6	24,80	3	2,47	A	B	C
36	24,77	3	2,47	A	B	C
129	24,67	3	2,47		B	C
149	24,67	3	2,47		B	C
84	24,57	3	2,47		B	C
16	24,50	3	2,47		B	C
89	24,50	3	2,47		B	C
148	24,33	3	2,47		B	C
127	24,33	3	2,47		B	C
82	24,13	3	2,47		B	C
51	24,10	3	2,47		B	C
88	24,07	3	2,47		B	C
7	24,00	3	2,47		B	C
107	24,00	3	2,47		B	C
95	24,00	3	2,47		B	C
92	24,00	3	2,47		B	C
147	24,00	3	2,47		B	C
138	24,00	3	2,47		B	C
120	24,00	3	2,47		B	C
119	24,00	3	2,47		B	C
142	24,00	3	2,47		B	C
75	23,97	3	2,47		B	C
17	23,93	3	2,47		B	C
42	23,80	3	2,47		B	C
52	23,77	3	2,47		B	C
9	23,67	3	2,47		B	C
126	23,67	3	2,47		B	C
111	23,67	3	2,47		B	C
113	23,67	3	2,47		B	C
146	23,67	3	2,47		B	C
102	23,67	3	2,47		B	C
128	23,67	3	2,47		B	C

130	23,67	3 2,47	B C
106	23,67	3 2,47	B C
21	23,57	3 2,47	B C
77	23,50	3 2,47	B C
45	23,30	3 2,47	B C
47	23,23	3 2,47	B C
83	23,17	3 2,47	B C
28	23,10	3 2,47	B C
123	23,00	3 2,47	B C
116	23,00	3 2,47	B C
97	23,00	3 2,47	B C
133	23,00	3 2,47	B C
85	22,77	3 2,47	B C
114	22,67	3 2,47	B C
139	22,67	3 2,47	B C
71	22,40	3 2,47	B C
55	22,37	3 2,47	B C
101	22,33	3 2,47	B C
104	22,33	3 2,47	B C
122	22,33	3 2,47	B C
140	22,33	3 2,47	B C
72	22,10	3 2,47	B C
103	22,00	3 2,47	B C
118	22,00	3 2,47	B C
41	21,87	3 2,47	B C
53	21,73	3 2,47	B C
24	21,67	3 2,47	B C
96	21,67	3 2,47	B C
8	21,43	3 2,47	B C
43	21,33	3 2,47	B C
108	21,33	3 2,47	B C
124	21,33	3 2,47	B C
121	21,33	3 2,47	B C
136	21,33	3 2,47	B C
143	21,33	3 2,47	B C
73	21,27	3 2,47	B C
23	21,13	3 2,47	B C
115	21,00	3 2,47	B C
91	20,00	3 2,47	C

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



## Resistencia a la flexión

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg	15	0,94	0,90	8,69

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17,86	6	2,98	20,94	0,0002
TRATAMIENTOS	17,72	2	8,86	62,31	<0,0001
REPETICIONES	0,14	4	0,04	0,25	0,9012
Error	1,14	8	0,14		
Total	19,00	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,68141

Error: 0,1422 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
1	5,64	5	0,17	A
3	4,40	5	0,17	B
2	2,98	5	0,17	C

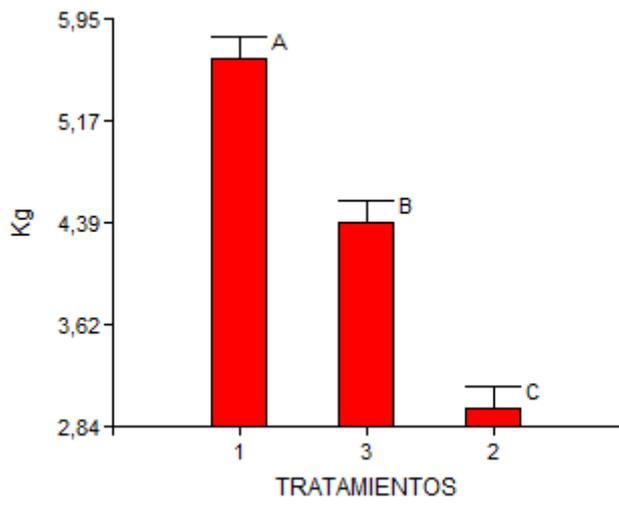
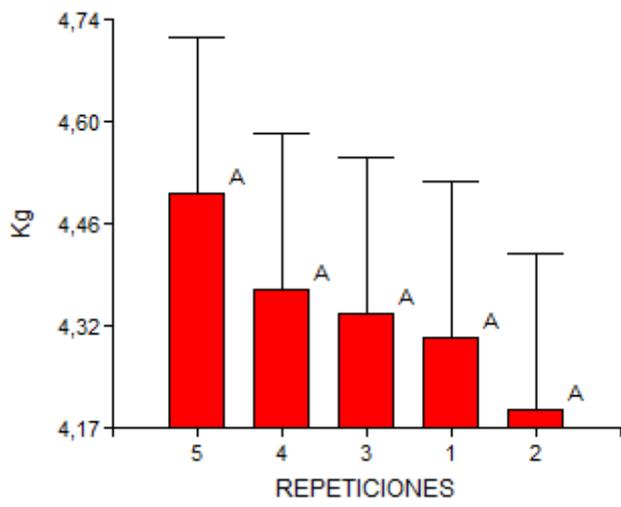
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,06358

Error: 0,1422 gl: 8

REPETICIONES	Medias	n	E.E.	
5	4,50	3	0,22	A
4	4,37	3	0,22	A
3	4,33	3	0,22	A
1	4,30	3	0,22	A
2	4,20	3	0,22	A

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



**Prueba de densidad**

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
g/cm3	15	0,40	0,00	4,24

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,6E-03	6	2,6E-04	0,89	0,5429
Tratamiento	1,6E-04	2	8,0E-05	0,27	0,7703
Repeticiones	1,4E-03	4	3,6E-04	1,20	0,3807
Error	2,4E-03	8	3,0E-04		
Total	4,0E-03	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03113

Error: 0,0003 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	0,41	5	0,01 A
3	0,41	5	0,01 A
1	0,40	5	0,01 A

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

