

ALMACENAMIENTO OPTIMIZADO EN LA INGA EDULIS



Alejandra Flórez Arango
Marcela Henao Henao



Tutores:
Ever Patiño Mazo
Laura Cristina Murillo Giraldo

2013

ALMACENAMIENTO OPTIMIZADO EN LA ESPECIE INGA EDULIS

ALEJANDRA FLÓREZ ARANGO

MARCELA HENAO HENAO

DIRECTORES DEL PROYECTO

EVER PATIÑO MAZO

LAURA CRISTINA MURILLO GIRALDO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE DISEÑO INDUSTRIAL

MEDELLÍN 2013

NOTA DE ACEPTACIÓN

**Firma
Nombre
Presidente del jurado**

**Firma
Nombre
Presidente del jurado**

**Firma
Nombre
Presidente del jurado**

Medellín, 11 de octubre de 2013

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los asesores de la investigación Ever Patiño Mazo y Laura Cristina Murillo. Por la colaboración en el seguimiento del proyecto. También al profesor Andrés Valencia que aportó desde su conocimiento, bases para nuestra investigación. También a Carlos Muñoz que nos ayudó desde su conocimiento con la realización de algunas pruebas mecánicas para ver la resistencia de la Guama. Finalmente queremos darles las gracias a nuestros padres que permitieron de diversas maneras que esta investigación se llevase a cabo.

CONTENIDO

Introducción	14
1. Planteamiento	16
1.1. Elementos del problema	16
1.2. Pregunta	16
2. Justificación	17
3. Objetivos	18
3.1. Objetivo general	18
3.2. Objetivos específicos	18
4. Antecedentes	19
5. Marco teórico	22
5.1. Especie	22
5.2. Envases y empaques	27
6. Metodología	36
7. Resultados	40
7.1. Observación análisis morfológico de la Inga Edulis	42
7.2. Observación análisis morfológico de empaques	44
8. Análisis de resultados	48
9. Conclusiones	52
10. Referencias bibliográficas	54
11. Anexos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Empaque colectivo para cervezas y copas.

Figura 2. Empaque para bombillos Phillips.

Figura 3. Desarrollo estructural de empaque para bombillos Phillips.

Figura 4. Cajas de huevos.

Figura 5. Soya.

Figura 6. Maní-Cacahuete.

Figura 7. Guama.

Figura 8. Planta de la Inga Edulis (Guama).

Figura 9. Partes de la leguminosa.

Figura 10. Empaques de frutas y verduras.

Figura 11. Envases para alimentos congelados.

Figura 12. Análisis morfológico interno.

Figura 13. Análisis morfológico externo.

Figura 14. Análisis morfológico interno por secciones.

Figura 15. Probetas.

Figura 16. Pruebas en máquina universal.

Figura 17. Análisis morfológico de empaques.

Figura 18. Modelos en gelatina para evaluar la acomodación de las esferas en diferentes recipientes.

Figura 19. Modelos en programa de modelación 3D (Rhino) para evaluar las cavidades en diferentes formas.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados prueba de resistencia Inga Edulis

Tabla 2. Cuadro de resultados válidos de prueba de resistencia de la Inga Edulis.

Tabla 3. Cuadro comparativo entre empaques e Inga Edulis.

Tabla 4. Resistencia a la tracción de la Inga Edulis.

Tabla 5. Módulo de elasticidad de la Inga Edulis.

GLOSARIO

1. **Actinomorfa:** Flor con simetría radiada.
2. **Agroecosistema:** puede caracterizarse como un ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos, para la producción de alimentos y fibras.
3. **Andróceo:** Verticilo floral masculino, constituido por los estambres.
4. **Antecología Ecol.:** estudio de la polinización y las relaciones entre insectos y flores.
5. **Antrotropismo Bot.:** Orientación de las flores en respuesta a un estímulo.
6. **Bipinnada:** Hojas dos veces compuesta.
7. **Cáliz:** Verticilo externo del perianto heteroclamídeo, constituido por el conjunto de los sépalos de una flor
8. **Capricho:** Determinación que se toma arbitrariamente.
9. **Carpelo:** Cada una de las estructuras que llevan los óvulos y forman el gineceo. En las Angiospermas forman el ovario. Evolutivamente se considera una hoja modificada.
10. **Cigoto:** Huevo fecundado originado por la unión de dos gametos con fusión de sus núcleos, hasta el momento de pasar a la forma de blastocisto y su implantación en el útero.
11. **Cotiledón:** Primera hoja del embrión de las plantas fanerógamas.
12. **Entomología:** estudio científico de los insectos.

13. **Estípulas:** Apéndices dobles, generalmente foliáceos, ubicados a ambos lados de la base de la hoja en algunas plantas.
14. **Fabaceae:** (Leguminosas) Son una familia del orden de las fabales. Reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas.
15. **Familia:** Categoría taxonómica que comprende un conjunto de géneros que comparten una serie de caracteres.
16. **Ferrugíneo:** Del color óxido del hierro.
17. **Filodio:** Pecíolo achatado y expandido que sustituye a la lámina de la hoja en algunas plantas. Ej.: Acacia sp.
18. **Forraje:** Hierba, pasto seco y cereales destinados para la alimentación de ganado, especialmente en la primavera.
19. **Gineceo:** Organo femenino de la flor formado por el ovario, estilo y estigma.
20. **Glabras:** Sin vellosidades o sin pelos.
21. **Hipanto:** Receptáculo acopado y hueco de una flor de ovario ínfero.
22. **Inflorescencia:** Conjunto de flores cuyos pedúnculos parten del mismo eje.
23. **Inga:** Árbol de la familia de las Mimosáceas, que vive en las regiones tropicales de América y es parecido al timbó, pero menor que este. Su madera es pesada y muy parecida a la del nogal.

24. **Lacinia:** Cada uno de los segmentos estrechos en que se dividen las hojas, sépalos y pétalos de algunas plantas.
25. **Legumbre:** Fruto seco, unicarpelar, dehiscente por el nervio dorsal y la sutura ventral. Característico de las Leguminosas.
26. **Leguminosa:** Se dice de las hierbas y matas, y de los arbustos y árboles angiospermos dicotiledóneos, con hojas casi siempre alternas, por lo general compuestas y con estípulas, flores de corola actinomorfa o zigomorfa, amariposada en muchas especies, y fruto en legumbre con varias semillas sin albumen. Estas plantas están comprendidas en las familias de las Mimosáceas y de las Papilionáceas.
27. **Lenticela:** Protuberancia del tronco y ramas de las plantas leñosas que se ve a simple vista y que tiene un orificio lenticular; se utiliza para el intercambio de gases en sustitución de los estomas de la epidermis ya desaparecida.
28. **Mimosoideae:** Es una subfamilia de plantas pertenecientes a la familia de las leguminosas.
29. **Nectario:** Glándula de las flores de ciertas plantas que segrega un jugo azucarado.
30. **Oófera:** Gameto femenino, grande, desnudo e inmóvil.
31. **Parteogénesis:** Desarrollo de una oófera para dar un cigoto sin que ocurra fecundación.
32. **Pecíolo:** Raballo que une la lámina de una hoja al tallo.

33. **Perianto:** Verticilo floral que rodea al androceo y gineceo, consta generalmente de cáliz y corola.
34. **Pinnada:** Tipo de nerviación de los órganos foliares donde los nervios secundarios se disponen a ambos lados del raquis como las barbas de una pluma.
35. **Polinización:** proceso de transferencia del polen desde los estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores en las angiospermas, donde germina y fecunda los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos.
36. **Sépalo:** Estructura más externa de una flor, generalmente verde
37. **Subfamilia:** Categoría taxonómica de jerarquía inmediatamente inferior a la familia.
38. **Sustrato:** capa de suelo debajo de la capa superficial del suelo en la superficie de la tierra.
39. **Vaina:** Base de la hoja más o menos ensanchada que abraza el tallo, especialmente en las Gramíneas.^o 2. Legumbre.
40. **Valva:** Cada una de las piezas en que el fruto está finalmente aterciopelado.
41. **Velutino:** Se aplica al fruto que está finalmente aterciopelado.
42. **Verticilo:** Conjunto formado por tres o más estructuras que se ubican en un nudo. Charales.^o 2. Conjunto de tres o más hojas o ramas que parecen dispuestas homogéneamente en un nudo.^o 3. Conjunto de órganos florales dispuestos en círculo.

RESUMEN

Esta es una investigación realizada con el fin de conocer qué principios formales de la Inga Edulis (Guama) pueden ser usados en el diseño de empaques, especialmente empaques para elementos frágiles.

La Inga Edulis es un fruto exótico de América Latina que desde su árbol se puede encontrar una característica especial, la cual es darle sombrío a los cafetales y cacaotales, pero además este fruto es muy resistente a las caídas y cambios en el entorno debido a su transporte y almacenamiento; a su vez es un claro ejemplo de optimización del espacio, ya que en su interior puede almacenar varias semillas sin desperdiciar espacio alguno, por lo cual es la especie escogida para dicha investigación. En este estudio se analizaron los principios de la guama al momento de resguardar las semillas en su interior evitando que estas sean afectadas y de este modo comprobar si estos principios ayudan al diseño de empaques para elementos frágiles.

Con esta investigación se desarrollaron estudios morfológicos de la Inga Edulis, así mismo de las muestras de empaques escogidas, teniendo en cuenta la manera en cómo optimizan el espacio y protegen cada uno de los productos que contienen; es decir todas las propiedades vistas en la especie, reflejadas en los empaques para finalmente relacionarlas y concluir qué tanto pueden ser aplicadas en el diseño de empaques para elementos frágiles.

Palabras Clave: Optimización, almacenamiento, protección, empaque, biomimética.

ABSTRACT

This is an investigation to know what Inga Edulis (Guama) formal principles can be used in the design of packaging, especially packaging for fragile items.

The Inga Edulis is an exotic fruit from Latin America because of your tree you can find a special feature, which is to give gloomy to coffee and cacao plantation, also this fruit is very resistant to falls and changes in the environment due to its transport and storage, in turn is a clear example of optimization of space, as inside can store multiple seeds without wasting any space, making it the species chosen for this investigation. In this study, is examined early seed pod when the seeds inside preventing these from being affected and thus check whether these principles help the design of packaging for fragile items.

This research developed morphological studies of the target species, also packaging samples chosen, taking into account the way in how to optimize space and protect each containing products, for example all properties seen in the species reflected in the packaging to finally relate and conclude that both can be applied in the design of packaging for fragile items.

INTRODUCCIÓN

Almacenamiento optimizado en la Inga Edulis muestra cómo la guama siendo un fruto desconocido y poco estudiado puede presentar principios formales que ayuden al diseño de empaques para elementos frágiles, en los cuales la optimización del espacio es primordial para la protección durante todo el proceso de comercialización, ya que esto evita daños a los productos. Es por esto que esta investigación pretende indagar cómo usar de forma práctica y segura un espacio para guardar algo en él, para lograr esto se toman especies de la naturaleza que tienen principios formales como la optimización del espacio, protección y seguridad, y así evaluar sus características formales, estructurales y resistencia buscando entender la manera como dichas especies cumplen los requerimientos. Esto se realizará debido a que se han detectado problemas en la realización de empaques para elementos frágiles al momento de almacenar, distribuir y transportar, ya que estos tienden a sufrir lesiones por la falta de cuidado que se tiene respecto a esto, en ocasiones por reducir costos y en otras por la falta de atención de las personas que la manipulan al momento de transporte y comercialización.

Se desarrolla un marco de referencia y conceptos que con base en él, se evalúan especies de la familia fabaceae o leguminosae (Vainas o Legumbres) entre las cuales se eligieron la *Arachis Hypogaea* (Maní), *Glycine Max* (Soya) e *Inga Edulis*

(Guama) que cuentan con las características deseadas: almacenamiento optimizado y resistencia.

Se elige la Inga Edulis, ya que es la que a simple vista, para comenzar la investigación cumple con estas características requeridas y además es fácil encontrarla en la región donde se realiza la investigación, además por lo mencionado anteriormente sobre la falta de investigaciones que existen sobre la especie. El árbol se encuentra en la zona cafetera de la región y el país ya que por sus ramas y grandes hojas, logra cumplir la excelente función de darle sombra al cafetal, solo se cosecha el fruto en temporada diciembre- enero y junio-julio.

Agregándole a esto, el motivo de la investigación, es su posible aplicación en el Diseño Industrial, enfocado al diseño de empaques para elementos frágiles.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Elementos del problema

Inga Edulis (Guama)

- Fabaceae o leguminosae (Vainas o Legumbres) (Familia)
- Mimosoideae (Subfamilia)
- Ingeae (Tribu)

Almacenamiento

- Optimización del espacio
- Seguridad
- Conservación
- Envases
- Empaques
- Elementos frágiles
- Resistencia de fruto
- Fruto *Inga Edulis*

1.2. Pregunta

¿Cuáles son los principios de almacenamiento óptimo de la especie *Inga Edulis* que pueden aplicarse en el diseño de envases y empaques para elementos frágiles?

2. JUSTIFICACIÓN

Con esta investigación pretendemos abarcar el tema del almacenamiento desde el estudio de una especie de la familia Fabaceae, denominada *Inga Edulis* (guama). Así podemos observar en ella la manera como conserva sus semillas sin que se maltraten. Se desea estudiar más a fondo de la especie, partiendo desde su morfología, resistencia y capacidad para así luego hacer uso de esta investigación en ramas diferentes a la botánica y agricultura que son los principales agentes de esta especie.

Es pertinente en nuestro país ya que de ésta se encuentran numerosos cultivos y ha sido un tema poco explotado analíticamente y teóricamente como tampoco lo ha sido en Argentina, Bolivia, Chile y Perú, países en los cuales se produce también dicha especie.

Conociendo la forma de cómo la especie almacena en su interior las semillas manteniéndolas por un largo tiempo sin que éstas se maltraten, se podrá analizar una relación con el diseño. Y así con esta referenciar sus características para el desarrollo de nuevos envases y empaques que ayuden a la conservación de los elementos frágiles por un mayor tiempo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar los principios de almacenamiento óptimo en la especie *Inga Edulis* que puedan ser aplicados en el diseño de envases y empaques para elementos frágiles.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar los principios estructurales y morfológicos de la *Inga Edulis*.
- Analizar los principios encontrados con relación al almacenamiento de elementos frágiles.
- Experimentar morfológicamente con las relaciones encontradas.
- Verificar la utilidad de las características estudiadas sobre la especie, en su relación con el diseño de envases y empaques para elementos frágiles.

4. ANTECEDENTES

Para comenzar la investigación, se buscaron empaques para elementos frágiles que cumplieran con los requisitos que se comenzarían a analizar en la guama y con base en éstos realizar una comparación entre los resultados arrojados de la guama y de los empaques. A continuación se muestran algunos de los ejemplos que cumplen con las características requeridas.

Empaque para cervezas

Apilamiento, la portabilidad, la seguridad y la eficiencia son las premisas para la creación de este empaque que muestran un claro ejemplo de optimización de un espacio, teniendo en su interior dos botellas de cerveza con sus respectivas copas sin que estas se maltraten y permitiendo su total visibilidad.



Figura 1

Empaque de bombillos Phillips

Este empaque además de ser seguro para el bombillo con su estructura interna, también cuenta con una estructura externa para optimizar el almacenamiento de este en las góndolas, con este empaque tenemos un ejemplo de seguridad y de optimización del espacio por medio de figuras geométricas.



Figura 2

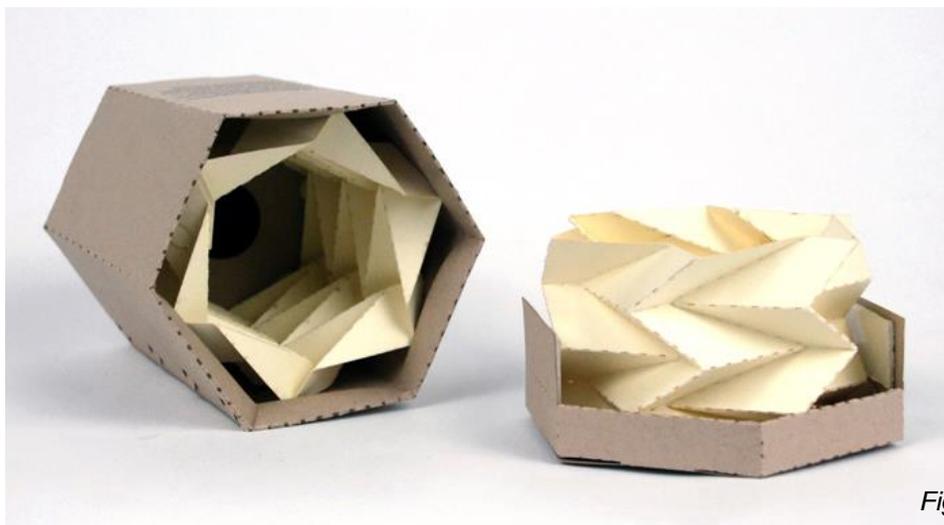


Figura 3

Cajas de huevos

Los huevos son un gran ejemplo de elementos frágiles, y sus cajas son el ejemplo perfecto que combina la optimización de un espacio y la seguridad que se le puede brindar a un producto, ya que estas cubren casi en su totalidad la cáscara del huevo evitando que estos se dañen, además están hechas de un material que además de ser de fácil manejo y amigables con el medio ambiente les brinda protección al no ser demasiado duros pero tampoco blandos.

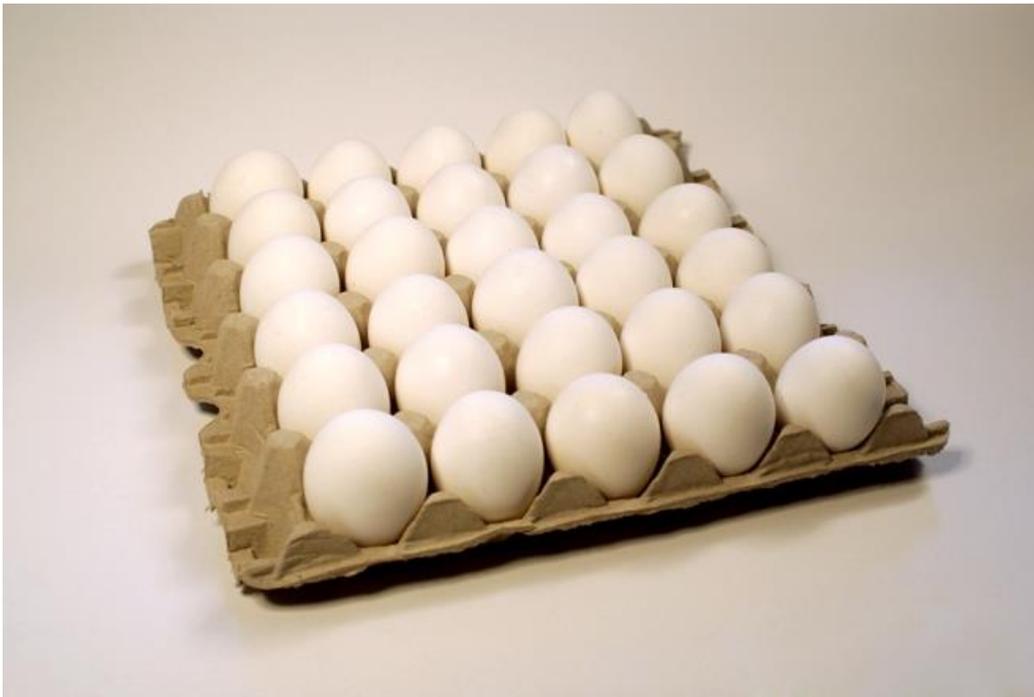


Figura 4

5. MARCO TEÓRICO

Con este marco teórico se pretende comenzar a recopilar información ya encontrada y analizada acerca de la *Inga Edulis*, especie de vaina que tiene como nombre común, guama. Estudiando algunas de sus características como la resistencia, optimización de espacio, teniendo como factor común entre ellas, la seguridad; serán referencia para el diseño de envases y empaques para elementos frágiles, debido a que son características que tiene la especie y que además son indispensables para el diseño de empaques para estos elementos. A continuación veremos un estudio realizado comenzando por las leguminosas en general y terminando con los empaques y sus funciones.

5.1. ESPECIE

Fabaceae o leguminosae (Vainas o Legumbres) (Familia)

La Fabaceae es la familia en la cual se encuentra la Guama, de la cual hay cientos de Sub-Familias. Todas las especies que su fruto son vainas provienen de esta familia, pero de diferente Sub-Familia.

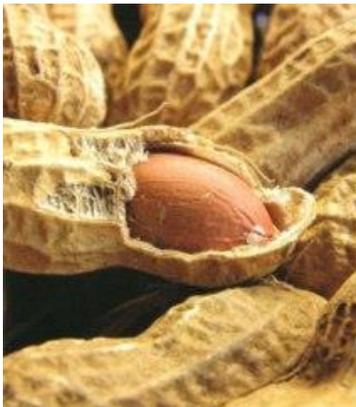
Hay varios tipos de vainas dentro de las cuales se encuentran, entre muchas otras especies, la Soya (*Glycine max*), Maní (*Arachis Hypogaea*) y la Guama (*Inga Edulis*), estas fueron escogidas en un inicio por sus diferentes características

como lo son la resistencia, optimización del espacio; las cuales tenían una o varias.

La Soya (*Figura 5*), es un fruto con gran diversidad que crece en diferentes espacios, pueden albergar en su interior hasta 4 semillas hasta por 5 años, pero su vaina es muy frágil, lo cual para nuestra investigación es importante, ya que esto es un factor de seguridad.



Figura 5



El maní (*Figura 6*), es un fruto cuya mayor propagación es en Suramérica, almacena en su interior hasta 2 semillas y su vaina es muy resistente.

Figura 6

Por último tenemos la guama (*Figura 7*), la cual se encuentra en varios países de América Latina y otras partes del mundo, también en Colombia se encuentra ubicada en gran parte del país, debido a la ayuda que



Figura 7

le presta a los cultivos de café, abundante en esta tierra, y los de Cacao. Además la cantidad de semillas en su interior depende del tamaño de esta que varía entre 30 y 40 centímetros, pero puede llegar hasta un metro, almacenando en ella gran cantidad de semillas, fuera de eso su vaina es muy resistente y tiene un sistema de cierre muy hermético.

Por estas razones escogemos la guama, aunque no ha sido una especie muy estudiada, es bueno encontrar esas características físicas que pueden ayudar con la creación de empaques óptimos y resistentes para guardar elementos en su interior tan bien o mejor que como lo hace la Guama con sus semillas.

Mimosoideae (Subfamilia)

Es la Sub-Familia de la Fabaceae de la cual proviene la Inga Edulis, muchas de las Mimosoideae se cultivan como árboles para sombra, plantas ornamentales, de protección o con fines forestales. Se encuentra en su mayoría en África y América. Esta a su vez se divide en 5 tribus dentro de las cuales se encuentra la Ingae.

Inga Edulis (Guama)

Iniciando con la investigación se descubre que las vainas son los frutos de algunas leguminosas. Al conocer esto se comenzó por entender qué son y cómo son los

frutos, para luego comenzar a estudiar específicamente las vainas, en especial la de la *Inga Edulis*.



Figura 8

Esto lleva a conocer que la vaina es una especie de empaque que guarda las semillas en su interior, casi herméticamente, mientras estas se encuentran en etapa de maduración, protegiéndolas del entorno, clima, golpes, depredadores y todo lo que pueda causarle daño, además ésta se abre al terminar el proceso de maduración dejándola salir para que cumpla su función final.

La Guama es un fruto exótico de exportación abundante en América, el cual en un principio fue sembrado con el objetivo de dar sombra a los árboles de Café, pero luego se descubrió que tenía un sabor muy agradable.

Este fruto es muy importante para esta investigación pues se ha encontrado que además de estar en gran parte de Colombia, es muy resistente y optimiza mucho el espacio, debido a sus medidas teniendo generalmente 6 cm de ancho y de 30 a 40 cm de largo, aunque puede llegar al metro.

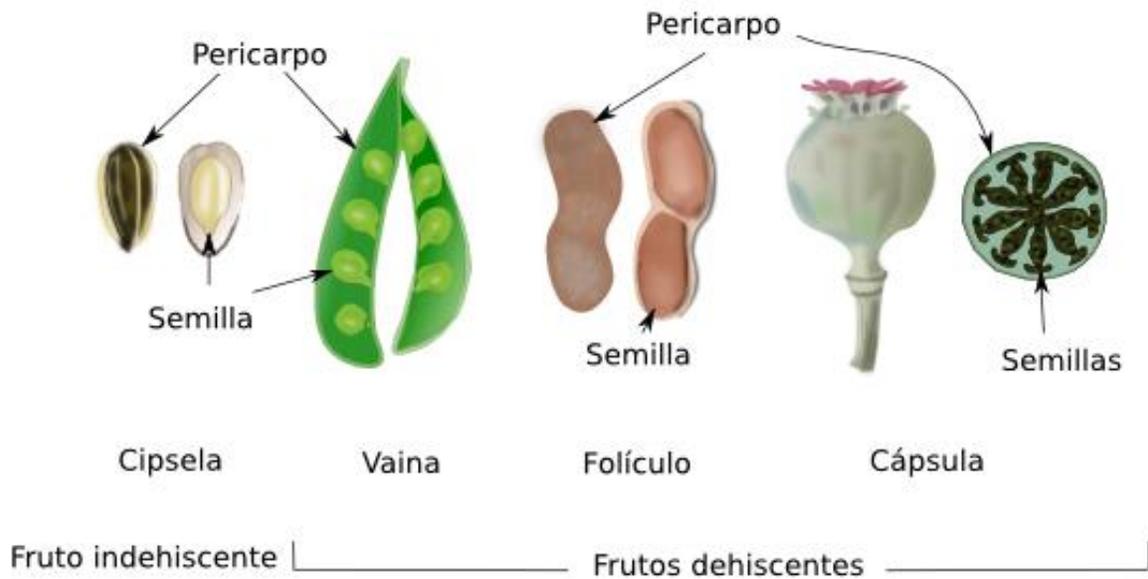


Figura 9

5.2. ENVASES Y EMPAQUES

Tener un envase eficiente es una básica necesidad en los productos alimenticios, éste es quien resuelve el problema de sufrimiento del producto ante cualquier situación de riesgo que pueda presentarse en el ambiente. “<<Un envase protege lo que vende y vende lo que protege>>”¹. Las funciones de envasado requieren técnicas de maquinaria ya que el envase debe cumplir con requerimientos como

¹ Tomado de: PAINE, Franck A. Manual de envasado de alimentos: Necesidad del envasado. 2 Ed. Madrid, España: Chapman and Hall, 1994. Pg 18. ISBN 84-87440-48-7.

contención, protección, conservación, y comunicación; lo cual nos direcciona hacia un nivel de comprensión del problema que fue planteado. Por ejemplo, todo envase debe mantener de forma segura lo que contiene mientras lo protege de daño, deterioro, problemas ambientales y más; y a su vez comunicar con su envoltura o empaque lo que éste lleva en su interior.

Optimización de espacio

Hace un tiempo, se han dado soluciones prácticas, básicas y sencillas a los problemas de envasado y empackado en diferentes elementos frágiles y alimentos. Requiriendo con esto una optimización del espacio en el empaque, el embalaje y el almacenamiento como también una alteración positiva para disminuir los costos de producción y materiales.

Los empaques termoformados son uno de los grandes ejemplos para empackar elementos frágiles de forma segura, ya que estos se fabrican con la forma exacta de los elementos que serán guardados en él, para que mientras el proceso de transporte y comercialización ocurre, no se maltraten con el movimiento y la manipulación.

Empaques para alimentos

Se deben tener en cuenta diferentes factores de distribución del producto para el diseño de envases. Factores mecánicos: el medio de transporte, la duración en el

transporte, tamaño del producto, abrasiones, compresiones, deformaciones, vibraciones, fugas, resistencia del contenido. Ambientales: temperatura, humedades, oxígeno, luz solar, animales.

Humedad en los alimentos

Conocer la cantidad de agua que contienen los alimentos que se van a envasar y empacar, es fundamental, ya que de esto puede depender el tamaño y material utilizado en la producción de estos. El agua de los alimentos afecta las propiedades físicas del material causándole deterioro. Deben proponerse nuevos métodos de sellado y barrera resistentes a la humedad.

El agua es el constituyente más abundante en la mayoría de alimentos, ésta afecta las propiedades de conservación y calidad del producto. Hay 3 tipos de alimentos según la cantidad de agua que contienen: secos (deshidratados), de humedad intermedia y húmedos.

Hay otros tipos de daños que le pueden ocasionar a los alimentos al momento de almacenarlos, como el moho causado por la humedad, el contacto con otros productos, bacterias, infecciones causadas por insectos, daños generados por personajes externos como roedores, pájaros y la manipulación inadecuada por trabajadores en las plantas de producción.



Figura 10

Alimentos delicados

Para el proceso de comercialización de productos alimenticios como frutas, verduras, especias, hierbas, frutos secos, y otros productos similares, deben tenerse en cuenta tres factores: La manipulación, el proceso de envase y el transporte.

Iniciando con la manipulación, se ve que se requiere cautela en el momento de intervenir manualmente los alimentos, ya que si éstos sufren una abolladura, pinchazo o corte, no solamente cambia su apariencia sino que también permite la entrada de microorganismos productores de putrefacción que afectan la salud de los futuros consumidores. Todo el proceso de comercialización para el consumo empieza en el cuidado que deba haber desde el inicio.

Las condiciones de atmósfera se combinan con la refrigeración de los medios de transporte de diferentes alimentos con la variabilidad que sea requerida por estos. Se han desarrollado distintos sistemas para la generación y el mantenimiento de diferentes atmósferas, incluyendo el uso de unidades de embalaje para estibado envueltas con plástico con flujo de gas.

El envase de estos productos debe ser ágil y rápido para evitar el descongelamiento. Se tienen en cuenta las necesidades ambientales de cada producto, lo que nos permite saber si necesita ventilación, cierre hermético, protección climática, entre otros. La temperatura es uno de los factores principales a tener en cuenta para el diseño de envases ya que esto implica una correcta elección de material, forma y proceso de producción.

Alimentos Congelados

Los envases para alimentos congelados deben soportar tanto altas como bajas temperaturas para que pueda funcionar su empaque en el congelador y en el horno microondas; no tóxicos, inodoros e insaboros para evitar que esto afecte los sabores del alimento que se contienen. Se debe tener en cuenta la posibilidad de aplicación gráfica en estos empaques y prevenir que se desvanezca con las temperaturas y que la aplicación no tenga sustancias tóxicas.

Estos envases deben contar con la protección adecuada contra la deshidratación, oxidación, luz, pérdida de sabor u olor, y daño físico. Existen varios tipos de envasado que pueden cumplir y no cumplir las propiedades de resistencia necesarias para los alimentos congelados. Entre ellos están:

- Las cajas de cartón revestidas con polietileno (en el interior) que le da al



Figura 11

cartón resistencia a humedades y envolturas de polipropileno revestido (exterior). Para el sellado se aplican revestimientos de LDPE; estas cajas presentan posibilidades de realizarle elementos para que sean cómodas de manipular, además pueden ser impresas fácilmente.

- Las bolsas y envolturas directas utilizan materiales variados pero teniendo en cuenta las propiedades de barrera que le brinda los co-polímeros de cloruro de polivinilideno.

Protección con envases de plástico de alta barrera

La barrera es un requerimiento importante en los envases de alimentos. Deben ser contruidos teniendo en cuenta la relación de barrera con la vida útil y, la extracción con el manchado y el olor; el tipo de cierre y la integridad del envase; la relación del producto con el régimen de procesado: calidad del producto, método de procesado, manejo post-procesado.

Para esta barrera se tienen en cuenta las estructuras laminadas multicapa con bases de polipropileno como polímero estructural y EVOH (Etilen-Vinil-Alcohol) o PVdC (Cloruro de polivinilideno) como la barrera de oxígeno.

Materiales y producción

Con esto puede realizarse un comparativo que reúne el costo del material y producción de cada empaque con las propiedades de resistencia para cada uno de estos. El papel y el cartón son los principales protagonistas ya que son las mejores fuentes de rigidez y presentan facilidad en la impresión de aplicaciones gráficas. Otros materiales nos brindan propiedades de rigidez y flexibilidad como

los plásticos, al contar con variedad de formas de producción como moldeado por inyección, termo-formado, envases flexibles y moldeado por soplado; unos de estos con ventajas superiores a otros dependiendo de su tiempo de producción, impacto ambiental, seguridad, formas, procesos.

Algunos de los factores que afectan los alimentos al momento de empacarse, están acompañados de las maneras en que se pueden tratar. Conocer estos factores, es de suma importancia ya que los alimentos vienen en su mayoría empacados de diferentes formas, de esta manera se llegará a realizar empaques con mayor eficiencia, resistencia y utilidad.

Enlatados

Los enlatados son principalmente usados para la comercialización de alimentos de conservas, estos son herméticamente sellados para que el contenido tenga un mayor tiempo sin que se dañe, estos envasados nos muestra la conservación de elementos que se descomponen, como las semillas de la guama, sin que este se dañe en un largo periodo de tiempo.

Envases de vidrio

El vidrio es un material caracterizado por su brillo, dureza, color y elasticidad. Es extraordinariamente resistente pudiendo soportar presiones de hasta 100Kg/cm², también altas temperaturas. Una característica muy importante es su maleabilidad,

con él pueden realizarse garrafas como ampollitas. Es hermético, evita que agentes punzantes perforen el producto en su interior, permite larga vida en el almacén. Gracias a su proceso de moldeo, el vidrio puede adquirir fácilmente la forma que se desee.

Riesgos

De distribución: Se deben tener en cuenta varios aspectos de los productos y envases en el momento de la distribución como los puntos más frágiles del producto, las dimensiones de los empaques, las cargas, los equipos de transporte los materiales del empaque.

De transporte: Esta etapa de la distribución genera daños en los productos ya que los transportadores no tienen en cuenta muchos aspectos en el momento de conducir.

En resistencia: Se debe conocer el porcentaje de impacto que el material puede absorber. Por medio de pruebas de vibración pueden determinarse ese rango en el cual se comienzan a dañar los componentes de los materiales.

La memoria es una de las características importantes de algunos materiales que tienen como propiedad acolchar ya que busca recuperar su forma original después del movimiento que se le genera a éste.

Además de los daños en movimiento que pudiera recibir un producto en el transcurso del transporte, puede dañarse. El peso de los productos ubicados en la

parte superior, puede dañar a los demás; por esto debemos asegurarnos de que el material de embalaje no colapse por impactos de compresión.

Resistencia

Esta es una de las características más importantes que se debe tener en cuenta en el momento de elegir el material de un empaque. Ya que depende de lo que en el se vaya a almacenar, sus características y el entorno en el que se rodea. Es por esto que hay varios tipos de resistencia:

- Resistencia a la humedad: esta se debe tener en cuenta al momento de almacenar productos húmedos que deben permanecer hasta el último momento en dicho estado. El material debe suministrarle protección de alguna manera. Una de las formas más comunes de tratar esto es con la impermeabilidad, que le da resistencia al paso de agua, vapor de agua, gases, compuestos aromáticos, grasas, aceites, y luz.
- Resistencia Mecánica: esta se debe tener en cuenta durante etapas de almacenamiento como: llenado, transporte y distribución, debido a los esfuerzos mecánicos que se tienen durante dichas etapas. Por lo cual el material para soportar estos esfuerzos debe tener resistencia a la rotura y al desgarre, deben ser indeformables, deben tener una buena elasticidad y solidez.
- Resistencia a la grasa: hay productos que tienen una naturaleza grasosa, por lo tanto los empaques deben evitar al máximo el contacto con grasas

externas. La grasa es un medio efectivo para la protección de un producto. Se debe tener cuidado con el uso de las grasas pues estas pueden disolver el impreso en tinta y puede causar problemas para la identificación del producto empacado.

- Resistencia a microorganismo: los microorganismos son presentes en todo el entorno, los materiales deben tener las condiciones necesarias para que cuando se tengan condiciones como la presencia de nutrientes, temperatura, semioscuridad o ausencia total de luz, los microorganismos no invadan el empaque destruyendo los productos.

Además de esto cada material tiene ventajas dadas por este tipo de resistencias, como por ejemplo, los envases de hojalata, permite envasar alimentos al vacío generando presión sobre este sin deformarse; los polímeros, dependiendo del tipo de plástico que sea, pueden poseer gran resistencia al impacto, a la tracción, al calor, entre otros; el vidrio posee resistencia física, soportando pesos en forma vertical

6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se plantea una metodología con la cual sea posible el correcto avance del proyecto y así determinar en el momento preciso los resultados anhelados.

Se comienza con una definición de la especie *Inga Edulis* desde su familia hasta la descripción de ésta, de la cual se puede encontrar su configuración interna y externa, la importancia de la especie por su árbol de abundantes ramas que le genera sombra a los cafetales y cacaotales. Después de definir la especie, el término "optimización espacial", resulta relevante para la investigación. Ya que con esta se pretende encontrar la forma como los diseños envases y empaques para elementos frágiles pueden reducir espacios y materiales protegiendo en su totalidad a los productos.

Finalmente se realiza una descripción exhaustiva de las características que deben cumplirse para el diseño de los envases y empaques, enfocándose en los destinados para alimentos y las características funcionales que éstos deben cumplir para su correcto funcionamiento.

Análisis morfológico de la *Inga Edulis* cerrada

Se comenzó analizando los principios estructurales de la especie cerrada de forma detallada en 5 Guamas diferentes, observando la forma que esta presenta, los colores que toma según las condiciones ambientales en las que esté, las

dimensiones desde diferentes puntos, el eje de simetría, la textura que muestra y finalmente su análisis geométrico. Esto se plasmó en unas fichas por medio de fotografías, en las cuales se dispuso cada uno de los análisis para que estos fueran claros.

Análisis morfológico de la Inga Edulis internamente

Para continuar con la investigación se procedió a abrir una Guama para hacer un análisis al interior de la especie tomando 5 Guamas más, en las cuales se estudió cómo esta especie resguarda sus semillas en el interior, a partir de la observación de su forma, las dimensiones de sus cavidades en las cuales se resguardan las semillas y el análisis geométrico de dichas cavidades. Estos resultados también fueron dispuestos en unas fichas para dejar plasmado por medio de fotografías los análisis realizados.

Análisis morfológico transversal de la Inga Edulis

En este análisis se tomó una Guama y se seccionó en 3 partes transversalmente en donde se analizó de manera más detallada cómo es el sistema de protección de esta especie. En este caso se tomaron las dimensiones y se realizó un análisis geométrico de las diferentes partes.

Prueba de resistencia

Se sacaron unas probetas de la vaina de la guama, teniendo en cuenta las medidas de la maquina en la cual se haría la prueba, sobre las cuales se aplicaron una prueba de resistencia a la tracción, para verificar qué tan resistente es el material de la vaina de la guama para compararlo con los materiales de los empaques para elementos frágiles. Paralela a esta prueba se realizó una prueba de densidad de los materiales de los empaques para saber con exactitud qué materiales eran y así conocer su resistencia a la tracción.

Análisis morfológico de los empaques

Se tomaron tres empaques diferentes usados para empacar elementos frágiles y se realizó con ellos un análisis morfológico estudiando cada uno de los aspectos encontrados anteriormente en la Inga Edulis para así hacer una comparación entre ambos factores de estudio.

Conclusiones comparativas

Para cruzar ambos análisis se realizó como primera medida un cuadro comparativo para cruzar los principios encontrados en ambos factores de estudio. Al finalizar este cuadro se hicieron unas conclusiones comparativas desde la resistencia, la morfología, las medidas, la distribución y el material de ambos.

Modelos físicos

Finalmente se realizaron unos modelos, con tres formas geométricas básicas (cono, cilindro y rectángulo), en los cuales se aplicaron los principios encontrados en la especie observando en ellos hasta qué punto cumplen dichos principios, para esto se realizaron unas fichas similares a las de las guamas donde se analizaron morfológicamente los modelos realizados y finalmente se realizó un cuadro donde se cruzaron los resultados de los modelos con los principios encontrados en la guama.

7. RESULTADOS

A continuación se presentan las caracterizaciones formales que se desarrollaron con el fin de describir geoméricamente la estructura de la guama. Los resultados de la guama que se muestran a continuación son un promedio extraído de 5 guamas para cada uno de los diferentes análisis, estos resultados se muestran en centímetros como unidades de medida.



Figura 12. Análisis morfológico interno.

Aquí se puede evidenciar el análisis geométrico de las guamas en su interior el cual se basa en el círculo, así como también las medidas a lo largo y ancho de las convexidades en las cuales se encuentran anexadas las semillas.



Espesores



Anchuras



Eje de transición

Figura 13. Análisis morfológico externo.

Con estas imágenes se busca encontrar las similitudes en las formas de las guamas estudiadas. En general se encontró que la mayoría presenta curvaturas dadas por el crecimiento en el árbol, es por esto que se analiza el eje de transición. Con los espesores y anchos se pretende observar como éstos varían y dar así un promedio de las especies estudiadas en cuanto a sus dimensiones.

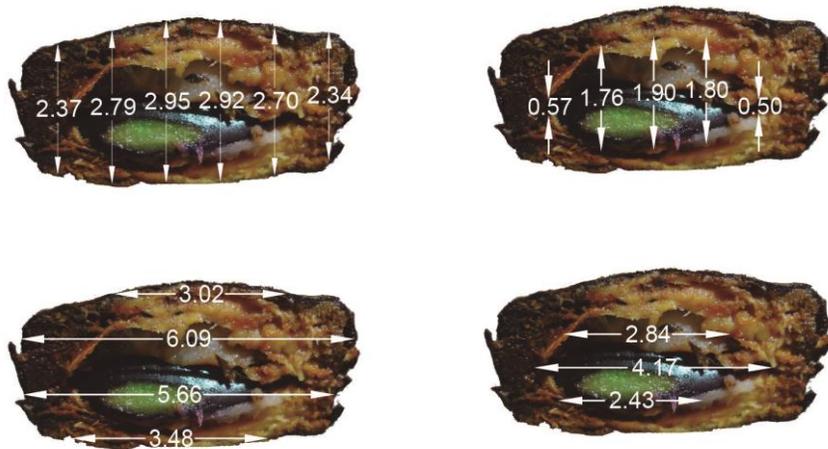


Figura 14. Análisis morfológico interno, por secciones.

Con estas dimensiones descritas en la figura anterior (*Figura 14*), se busca realizar una diferencia entre el tamaño exterior e interior de la cáscara para saber cuánta cantidad de material es la que está acogiendo la semilla.

7.1. Observaciones análisis morfológico de la Inga Edulis

Después de realizar los análisis internos, externos y transversales de la Guama se encontraron datos importantes para la investigación: la guama es un efectivo sistema de almacenaje ya que para proteger sus semillas está recubierto por una membrana blanda que sirve como sistema de amortiguación, ya que esta protege a las semillas internamente por su textura suave, y de este modo cuando la Guama cae al suelo la vaina protege exteriormente y la membrana blanda resguarda aún mayor en su interior, la cual cubre en su totalidad cada una de las semillas, ésta membrana a su vez la recubre una vaina rígida resistente a las

caídas, que también se adapta a la forma generada de la suma de la semilla con la membrana, es esta la que genera la forma para que en su interior cada una de las semillas esté debidamente protegida en una cavidad que se ajusta perfectamente a su forma, convirtiéndose así en un empaque para varias semillas con muchas cavidades de forma lineal.



Figura 15. Probetas para el ensayo de tensión

Las probetas son unas piezas que se extraen de la especie a estudiar para ser introducidas en una máquina universal (*Figura 16*) para realizar estudios de torsión, compresión y tensión.

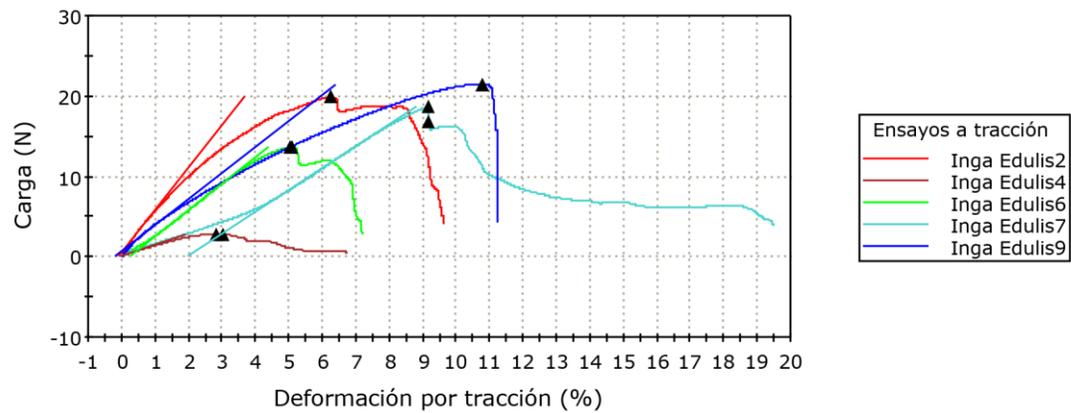


Figura 16. Pruebas en máquina universal.

Plastics- Tensile Test

Entradas de texto: Fecha del ensayo	2013-04-10
Entradas de texto: Etiqueta de la probeta	Plastic 1
Entradas de texto: Temperatura	25,7
Entradas de texto: Humedad	58,1
Dimensión: Anchura	12,70000 mm
Dimensión: Longitud final	57,15000 mm
Dimensión: Anchura final	12,70000 mm
Dimensión: Espesor	1,62560 mm
Dimensión: Espesor final	1,62560 mm
Dimensión: Longitud	57,15000 mm

Ensayo de tensión de Inga Edulis



	Etiqueta de la probeta	Fecha del ensayo	Test Info	Specimen Info
1	Inga Edulis2	2013-04-10	Undefined	Undefined
2	Inga Edulis4	2013-04-10	Undefined	Undefined
3	Inga Edulis6	2013-04-10	Undefined	Undefined
4	Inga Edulis7	2013-04-10	Undefined	Undefined
5	Inga Edulis9	2013-04-10	Undefined	Undefined
Media				
Desviación estándar				
Mínimo				
Máximo				
Escala				

	Humedad	Temperatura	Velocidad 1 (mm/min)	Anchura (mm)
1	58,1	25,7	3,00000	9,50000
2	58,1	25,7	3,00000	9,00000
3	58,1	25,7	3,00000	9,00000
4	58,1	25,7	3,00000	9,00000
5	58,1	25,7	3,00000	9,00000
Media			3,00000	9,10000
Desviación estándar			0,00000	0,22361

	Humedad	Temperatura	Velocidad 1 (mm/min)	Anchura (mm)
Mínimo			3,00000	9,00000
Máximo			3,00000	9,50000
Escala			0,00000	0,50000

	Anchura final (mm)	Espesor (mm)	Espesor final (mm)	Longitud (mm)
1	9,40000	3,00000	2,90000	30,00000
2	8,90000	3,00000	2,90000	30,00000
3	8,90000	3,00000	2,90000	30,00000
4	8,90000	3,00000	2,90000	30,00000
5	8,90000	3,00000	2,90000	30,00000
Media	9,00000	3,00000	2,90000	30,00000
Desviación estándar	0,22361	0,00000	0,00000	0,00000
Mínimo	8,90000	3,00000	2,90000	30,00000
Máximo	9,40000	3,00000	2,90000	30,00000
Escala	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000

	Longitud final (mm)	Área (cm ²)	Área final (cm ²)	Modulus of Elasticity (MPa)
1	30,20000	0,28500	0,27260	18,608
2	30,01000	0,27000	0,25810	5,276
3	30,01000	0,27000	0,25810	12,081
4	30,90000	0,27000	0,25810	10,039
5	30,30000	0,27000	0,25810	12,108
Media	30,28400	0,27300	0,26100	11,622
Desviación estándar	0,36637	0,00671	0,00648	4,79662
Mínimo	30,01000	0,27000	0,25810	5,276
Máximo	30,90000	0,28500	0,27260	18,608
Escala	0,89000	0,01500	0,01450	13,332

	CargaalYield (Offset 0.2 %) (N)	Esfuerzo de traccionalYield (Offset 0.2 %) (MPa)	Yield Elongation (%)	CargaalMaximum Load (N)
1	10,00803	0,35116	2,008	19,89277
2	2,08777	0,07732	1,633	2,81436
3	12,56111	0,46523	4,288	13,61945
4	18,12729	0,67138	8,832	18,68257
5	7,77426	0,28794	2,408	21,47599
Media	10,11169	0,37061	3,834	15,29703
Desviación estándar	5,91834	0,21946	2,97493	7,57287
Mínimo	2,08777	0,07732	1,633	2,81436
Máximo	18,12729	0,67138	8,832	21,47599
Escala	16,03952	0,59406	7,199	18,66163

	Tensile Strength (MPa)	CargaalBreak (Standard) (N)	Break Elongation (%)
1	0,698	4,67116	9,625
2	0,104	0,57305	6,719
3	0,504	3,07119	7,184
4	0,692	3,87064	19,490
5	0,795	12,23566	11,237
Media	0,559	4,88434	10,851
Desviación estándar	0,27508	4,38719	5,16722
Mínimo	0,104	0,57305	6,719
Máximo	0,795	12,23566	19,490
Escala	0,691	11,66262	12,771

Tabla 1. Cuadro de resultados de prueba de resistencia de la Inga Edulis.

En la gráfica del ensayo de tensión (Tabla 1), se observan los diferentes comportamientos de las probetas obtenidas, aquí se relacionan cargas con

porcentaje de deterioro durante determinado tiempo. La longitud que toma al final de la prueba, la temperatura y humedad de la prueba, lo cual influye en los resultados, finalmente el promedio de los resultados para tener como base de argumentación al realizar conclusiones.

MUESTRA	Módulo de elasticidad (MPa)	Tensile strenght (MPa)
Muestra 2 G1	18,6	0,7
Muestra 6 G4	12,08	0,5
Muestra 7 G4	10,04	0,69
Muestra 9 G5	12,11	0,79
Promedio	13,21	0,67
Desviación Estándar	3,72	0,12

Tabla 2. Cuadro de resultados válidos de prueba de resistencia de la Inga Edulis.

Prueba de resistencia

Posterior a los análisis geométricos realizados, se lleva a cabo un estudio físico sobre la especie, en el cual se analiza la resistencia de ésta. A continuación, se explican los resultados.

La prueba de resistencia arroja los siguientes resultados como se muestra en la tabla:

Al sacar un promedio del módulo de elasticidad de la guama se ve que fue de $13,21 \pm 3,72$ Mpa

Se sacó el promedio de la resistencia a la tracción de la guama en el cual se puede observar que es de $0,67 \pm 0,12$ Mpa

- Con esto se da cuenta que la resistencia de la Guama es muy baja, para corroborarlo, se procedió a analizar algunos empaques para elementos frágiles y de esta forma hacer una debida comparación.

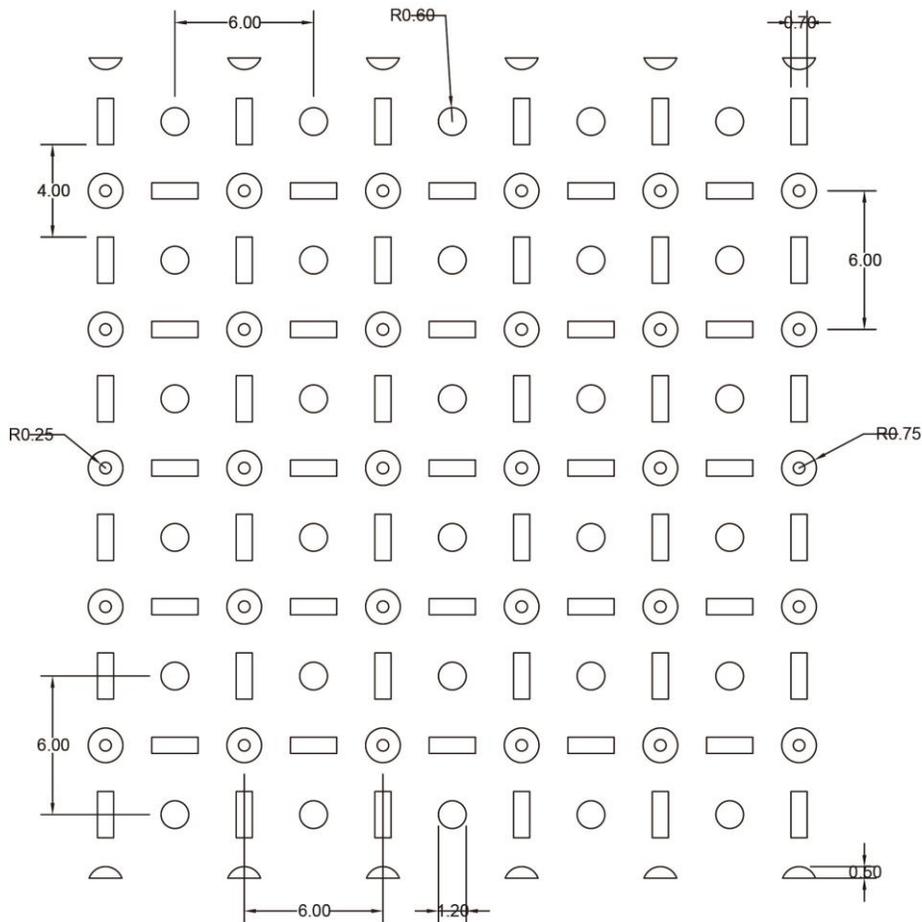


Figura 17. Fichas de análisis morfológico de empaques a evaluar. Análisis geométrico de la caja de huevos

Se puede observar como las cavidades y los picos forman una simetría que permite acomodar y contener los productos.

7.2. Observaciones análisis morfológico de los empaques

A continuación se observa un cuadro comparativo en el cual se relacionan las características principales de la guama y de los empaques.

Empaques Guamas	Dimensiones iguales	Formas circulares	Cavidades	Distribución adaptable	Material frágil
Dimensiones cambiantes	Las dimensiones deben tener una igualdad, pues los cambios hacen que la optimización del espacio no sea la mejor.	Las formas circulares hacen que las dimensiones tiendan a variar en sus radios.	Estas cavidades pueden tener formas variables para la acomodación de diferentes productos frágiles.	Las dimensiones no deben ser cambiantes para permitir una mejor adaptación del objeto.	Las dimensiones y el material no tienen relación directa.
Formas circulares	Al combinar estas dos características, se puede generar una mejor forma.	Las formas circulares protegen el empaque, cubriéndolo casi en su totalidad.	Las cavidades que se desean, tienden a tener formas circulares ya que esta forma geométrica le brinda resistencia al material de empaque.	Por medio de las formas circulares se pueden generar formas de adaptación mayores.	Generar por medio de formas circulares, una estructura con mayor resistencia.
Cavidades	Jugar con las dimensiones iguales pero en diferentes planos.	Por medio de formas circulares de diferentes tamaños lograr una cavidad adecuada.	Las cavidades son necesarias para lograr una perfecta adaptación y amarre del objeto.	Las cavidades brindan la distribución adaptable de muchos elementos frágiles.	se debe tener cuidado con las diversas cavidades ya que se pueden presentar problemas que logran fragilizar el material que se tiene.
Distribución lineal	La distribución lineal permite optimizar muy bien los espacios que la vaina puede tener.	Ubicar las formas circulares de forma lineal, generando un orden que ayuda a optimizar el espacio.	Las cavidades están ubicadas linealmente para lograr una mayor optimización del espacio de contención.	La distribución adaptable y la distribución lineal no tienen relación directa.	La distribución lineal y el material frágil no tienen relación directa.

Distribución adaptable	La distribución adaptable permite acomodar muy bien los elementos frágiles en los espacios que la vaina puede tener.	La adaptabilidad en el empaque se da con base en las formas circulares que le da a su distribución.	La adaptabilidad en el empaque puede lograrse con las cavidades que abrazan el producto.	Necesariamente para los elementos frágiles se debe pensar en una distribución adaptable.	Si el material presenta fragilidad, la adaptabilidad en la distribución tiende a perderse.
Material externo rígido	Las dimensiones y el material no tienen relación directa.	Las formas circulares ayudan a que estos materiales rígidos no le causen daños al objeto.	Generar cavidades de tal manera que no debilite el material.	El material externo rígido protegerá esta adaptabilidad en la distribución de los objetos o productos a empacar.	Los objetos deben estar en un material rígido, pero no totalmente, pues este puede causar daños al objeto.
Material interno suave	Las dimensiones y el material no tienen relación directa.	Los círculos son una figura perfecta para generar suavidad al interior o exterior de algo, al realizarle algún tipo de composición o descomposición .	Cubrir las cavidades internamente con un material suave, para por medio de este amarre que ellas generan brindar mayor protección.	La suavidad del material interno puede estar un poco relacionada con la adaptabilidad del contenido que se le debe dar al empaque.	La fragilidad del empaque logra tener relación directa con la suavidad interna, pero no se debe dejar a un lado la importancia de la resistencia de éste.

Tabla 3. Cuadro comparativo entre empaques e Inga Edulis.

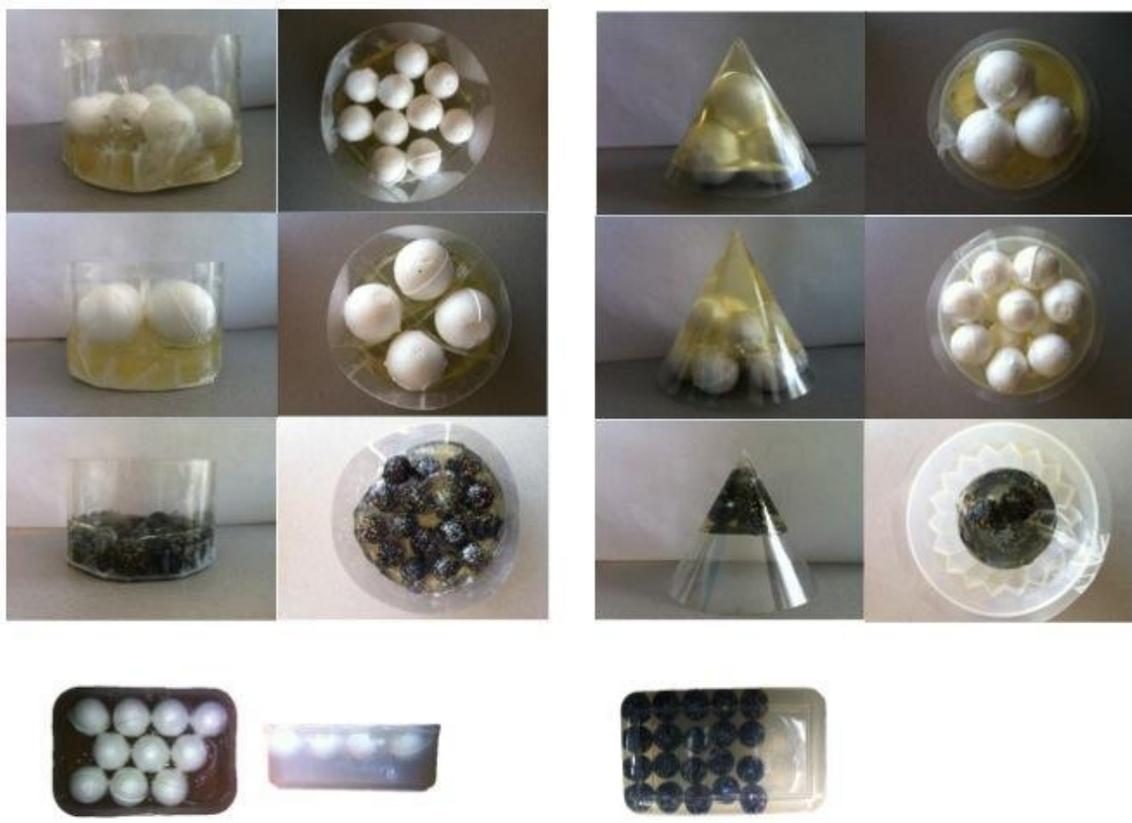


Figura 18. Modelos en gelatina para evaluar la acomodación de las esferas en diferentes recipientes.

Se realizaron estos modelos de gelatina con el fin de analizar el comportamiento de las geometrías volumétricas, para relacionarlos con las propiedades para los empaques para elementos frágiles.

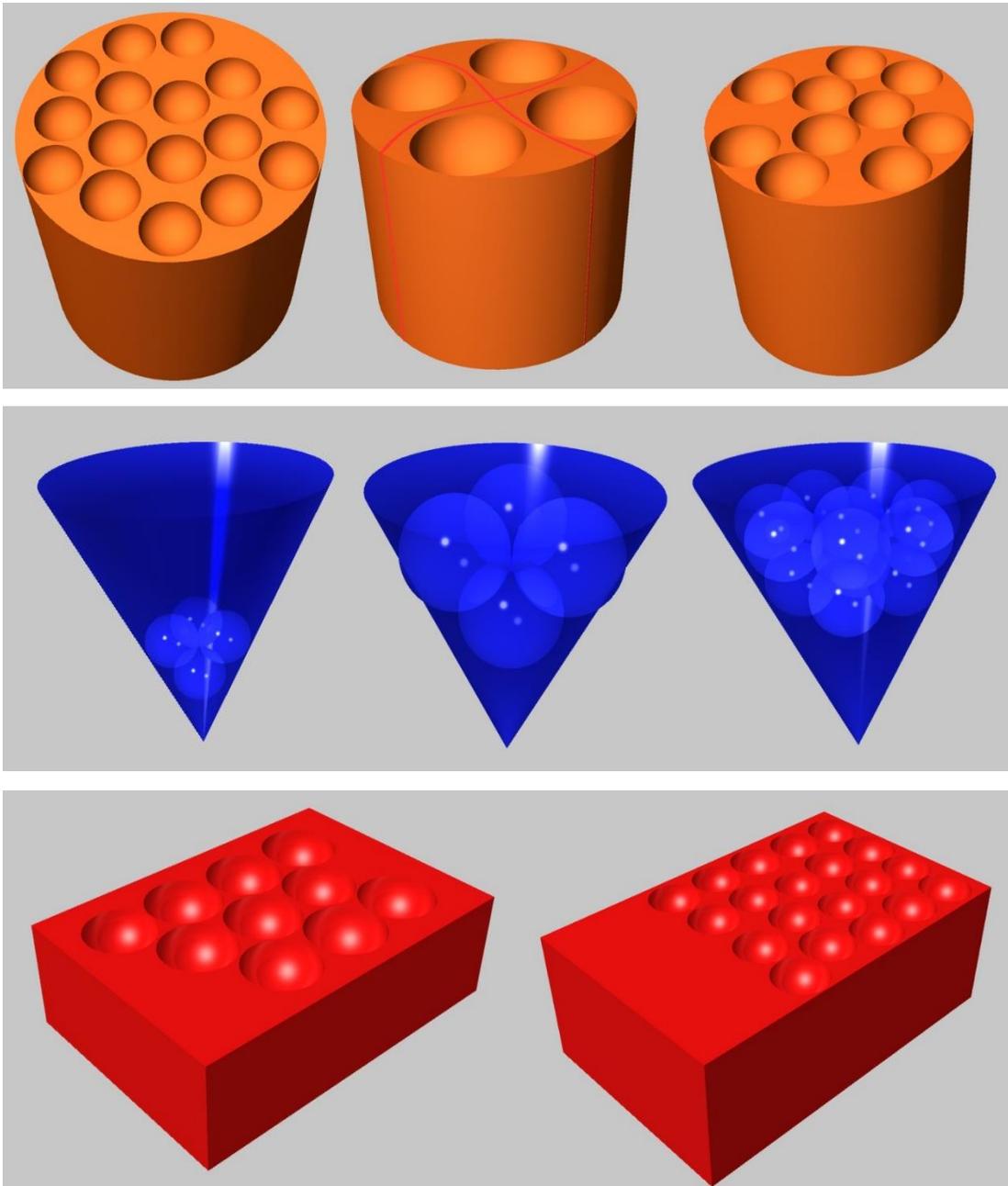


Figura 19. Modelos en programa de modelación 3D (Rhino) para evaluar las cavidades en diferentes formas.

Con estos modelos se busca corroborar que estos comportamientos son adecuados para el análisis de los resultados.

Modelos físicos

Con los modelos físicos observados en las *figuras* 18 y 19 se observa la acomodación adecuada de las esferas optimizando espacio en cada uno de los recipientes gracias a sus formas y la disposición que se logra en el momento en que estas se organizan. En los que cuentan con recipientes lineales como el rectángulo, se logra una acomodación lineal igualmente optimizando de manera adecuada el volumen y el espacio de éste.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. Análisis comparativo

Después de analizar la guama y diferentes empaques, desde la morfología, la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad, la distribución interna, se procede a hacer una comparación entre estos resultados.

Resistencia a la tracción	
Inga Edulis (Guama)	PLA
0,67 MPa	102,98 MPa

Tabla 4

- Como se puede evidenciar en los resultados anteriores el material de la vaina de la guama tiene muy baja resistencia a la tracción en comparación con los empaques realizados en PLA, por lo que se concluye que no puede haber una base clara en la resistencia de la guama para el diseño de empaques para elementos frágiles.

Módulo de elasticidad	
Inga Edulis (Guama)	PLA
13,21 MPa	3440 MPa

Tabla 5

- Los resultados anteriores muestran la gran diferencia que tienen los materiales de la guama y el PLA siendo el de la guama mucho menor, por lo cual no sería una característica que se pueda tomar como referente para el diseño de empaques para elementos frágiles.

Morfología

Como se puede evidenciar, en las anteriores imágenes, tanto los empaques para elementos frágiles como las guamas presentan una distribución con formas circulares. Con lo cual se puede concluir que esta forma puede ser favorable para optimizar espacios, ya que estas curvaturas que generan las mezclas de círculos ayudan a proteger más los productos y objetos porque la ausencia de aristas evita daños.

Los círculos y las formas curvas también permiten una mejor estructura más resistente que otras formas que puedan tener aristas. En estas distribuciones se puede rescatar una forma cónica ya que se compone de un círculo más grande que otro ubicado en un plano diferente.

Distribución

En cuanto a la distribución de los elementos al interior de un empaque, se puede observar que la guama presenta cavidades perfectamente adaptadas a la semilla que va ubicada en dicho lugar, también visto en los empaques para elementos frágiles, en los cuales se generan espacios perfectos para cada elemento a ubicar.

Se puede evidenciar también que la guama está ubicada de forma lineal por lo contrario los objetos evaluados están ubicados tanto en el plano X como en el Y, generando así una matriz XY, y en el plano Z ambos crecen según la medida de los productos que se encuentran en su interior.

Medidas

En las medidas de las imágenes, se observa que las guamas aunque no presentan una igualdad total en sus medidas, sí presentan una similitud que da a entender que es importante manejar ésta al momento de proteger algo frágil. En los empaques, por el contrario, si se muestra la similitud de sus partes, la cual ayuda a una mejor ubicación de los espacios y a una optimización de espacio requerido.

Material

Al observar el material de la guama se puede percibir que a pesar de la caída, de la manipulación, entre otros aspectos, la vaina de la guama está intacta casi en su totalidad, con excepción de algunos rasguños por la caída. Esto ayuda a que las semillas que hay en su interior no tengan ningún problema. Además de la rígida vaina, la guama cuenta con una suave y babosa superficie interior que cubre en su totalidad cada una de las semillas, que es lo que finalmente termina reforzando el cuidado de éstas.

Por el contrario en los empaques observamos que el material por su manipulación se va volviendo frágil perdiendo resistencia en su exterior, además en la parte interior no cuenta con un refuerzo para proteger en su interior el producto.

- Se escogen el cono, el rectángulo y el cilindro porque son figuras geométricas básicas y porque aparentemente su volumen puede ser óptimo para el empaque de elementos frágiles.
- Podemos ver que en el cilindro, las esferas quedan organizadas ocupando la mayor parte de la superficie, por lo que se deduce que esta forma permite un almacenamiento óptimo.
- El cono aunque contiene las esferas de forma organizada y ocupando un gran espacio, no es una forma apta para el empaque, ya que su disposición con otros conos puede ser muy reducida.
- El rectángulo es una forma que permite una correcta disposición tanto de las esferas en su interior, como con otros empaques iguales.

9. CONCLUSIONES

Después de realizar todos los análisis y cumplir todos los objetivos propuestos en la investigación, se comienza a pensar en cada uno de los datos recolectados y se puede concluir varias cosas a partir de estos datos, algunos de los cuales arrojan varios principios para el diseño de empaques para elementos frágiles.

Una de las conclusiones más importantes encontradas en esta investigación, la arrojó el análisis realizado de la guama, es la importancia de las formas circulares para empacar elementos frágiles, ya que le brindan protección al producto y ayudan a optimizar el espacio envolviendo en su totalidad el producto.

En el interior de la guama, cada una de las semillas están situadas en una cavidad perfectamente acoplada a su forma lo cual convierte a la vaina en un empaque para varias semillas, en el cual se optimiza el espacio con cada una de las cavidades dispuestas de forma lineal.

Con las pruebas de resistencia a la tracción realizadas a la guama se pudo evidenciar que el material de la guama realmente no es resistente a la tracción, ya que sus fibras se separan fácilmente al ejercer una fuerza sobre él, pero si es resistente a la caída. Lo que nos permite percibir que la vaina de la guama en su totalidad puede resistir grandes impactos, pero al momento de sacar un pedazo de

ella pierde resistencia. Además de la vaina la guama en su interior tiene una membrana blanda entre la vaina y la semilla que le brinda una mayor protección a las semillas, por lo cual se dice que esta tiene un sistema de amortiguación.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

Asociación Nacional de Industriales. ANDI. Envases y empaques para alimentos.
En: Revista Integral Industrial. No. 73 (Dic 1987). P. 19-25.

CHAUVIN, Remy. *El Mundo de los insectos*, (1968) Ediciones Guadarrama ISBN
978-84-250-3016-1

DÍAZ ROBLEDO, Julián, (2004). Descubre los frutos exóticos. Capitel Ediciones,
Ediciones Norma, Madrid. Páginas 208-209. ISBN: 84-8451-016-6.

Diccionario de la Real Academia la lengua Española. XXII edición.

Diccionario de botánica

GUTIÉRREZ V., Gabriel, (1968). Manual de Botánica Taxonómica. Universidad
Nacional,

Ciencias Agrícolas Tomo 2. Ordenes: Urticales a Leguminosae.

J.P.Moss, (1983). Proceedings of an International Workshop. India. WorkShop
Icrisat. Octubre 31- Noviembre. Paginas 65-66, 69.

LÓPEZ, Fernando Aurelio. La soya. En: Revista Geomundo. Vol 13 #11 Nov,
1989; Pg 502-507.

MARÍN GÓMEZ, Oscar H. Antropofauna asociada al guamo *Inga edulis* (Fabales: Mimosoideae) en un agroecosistema ganadero del Quindío, Colombia. En: Revista asociación colombiana de ciencias biológicas. Vol 20 (Mar 2008). P. 117-129.

PAINE, Franck A. Manual de envasado de alimentos: Necesidad del envasado. 2 Ed. Madrid, España: Chapman and Hall, 1994. ISBN 84-87440-48-7.

SALDARRIAGA GONZÁLEZ, Margarita María. Empaques y envases de consumo final, Tesis. Medellín: U.P.B., Facultad de diseño , 1985. Pg. 11-159 y 183-186.

URIBE ÁLVAREZ, Frank. Botánica General: tipos de inflorescencias. Pg. 180-189. Editorial UdeA 1988.

Cibergrafía

-<http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSueloSaludCafe2.htm> (20/09/2012)

-<http://www.botanical-online.co> (20/09/2012)

-<http://www.canada.com/topics/travel/story.html?id=366da64e-e84b-4782-a596-ff4634a99473> (7/10/2012)

-<http://www.envapack.com/packagings-as-sales-clinchers-%E2%80%93-showing-the-flag-at-the-point-of-sale/> (11/09/2012)

-<http://estudiantes.iems.edu.mx/index.php/component/k2/item/299-diccionario>.

-<http://www.glosario.net>

-<http://inhabitat.com/egregious-packaging-hall-of-fame-fast-food-restaurants-that-defy-waste-with-savvy-sustainable-packaging/> (21/09/2012)

-<http://inhabitat.com/student-designer-creates-more-sustainable-packaging-for-led-light-bulbs/> (27/09/2012)

-<http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/63655-Envases-para-frutos-irregulares-que-ahorran-espacio.html> (11/09/2012)

-<http://www.slideshare.net/VirtualEsumer/cartilla-empaques-y-embalajes>

Referencia de imágenes

Figura 1, tomada de: <http://www.creative-inspiration.co.uk/?m=20120905>
(27/09/2012)

Figura 2, Empaque bombillos Phillips. Tomada de:
<http://www.thedieline.com/blog/2011/5/20/student-spotlight-redesigning-led-packaging.html> (27/09/2012)

Figura 4, Cajas de huevos. Tomada de:
<http://www.emfa.eu/index.php?section=10&lang=es> (27/09/2012)

Figura 5, Soya. Tomada de: <http://prevenciondecancer.net78.net/images/soya.jpg>
(27/09/2012)

Figura 6, Maní. Tomada de: <http://www.venelogia.com/uploads/Mani2.jpg>
(27/09/2012)

Figura 7, Guama. Tomada de: http://2.bp.blogspot.com/-2QeK2df77Fg/TVvavhvbAll/AAAAAAAAAC2w/HFr2f6zDEu0/s1600/IMG_9991.jpg
(27/09/2012)

Figura 8, Inga Edulis. Tomada de:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Inga_edulis_Taub57.png/250px-Inga_edulis_Taub57.png (27/09/2012)

Figura 9, Partes de la vaina. Tomada de:
http://www.infovisual.info/01/img_es/050%20hortaliza-granos.jpg

Figura 10, Empaques de frutas y verduras. Tomada de:
<http://bestinpackaging.files.wordpress.com/2011/11/111108-sca-obststeige-540x329-100dpi.jpg?w=540&h=329>

Figura 11, Envase para congelados. Tomada de:
<http://www.logismarket.es/ip/piber-espana-trading-envases-para-helados-congelados-y-postres-hard-discount-447864-FGR.jpg>

11. ANEXOS