

ALMACENAMIENTO OPTIMIZADO DE LA *INGA EDULIS*

Alejandra Flórez Arango - Marcela Henao Henao
alejandra.flórez@alfa.upb.edu.co - marcela.henaohe@alfa.upb.edu.co

Línea de Investigación en Morfología Experimental / Facultad de Diseño Industrial
Escuela de Arquitectura y Diseño / Universidad Pontificia Bolivariana

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.

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.

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

1. 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.

2 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.

2.1 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.

2.2 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.

2.3 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.

2.4 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.

2.5 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.

2.6 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.

2.7 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.

3. 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.

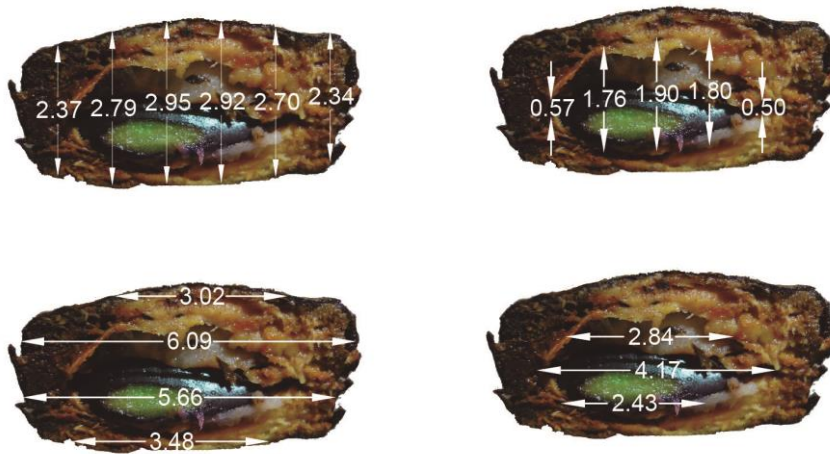


Figura 14. Análisis morfológico interno, por secciones.

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.

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.

MUESTRA	Módulo de elasticidad (MPa)	Resistencia a la tracción (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 1. Cuadro de resultados de prueba de resistencia de la *Inga Edulis*.

En esta tabla 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.

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 (empaque para cupcakes, empaque para huevos de codorniz, empaque para huevos) y de esta forma hacer una debida comparación.

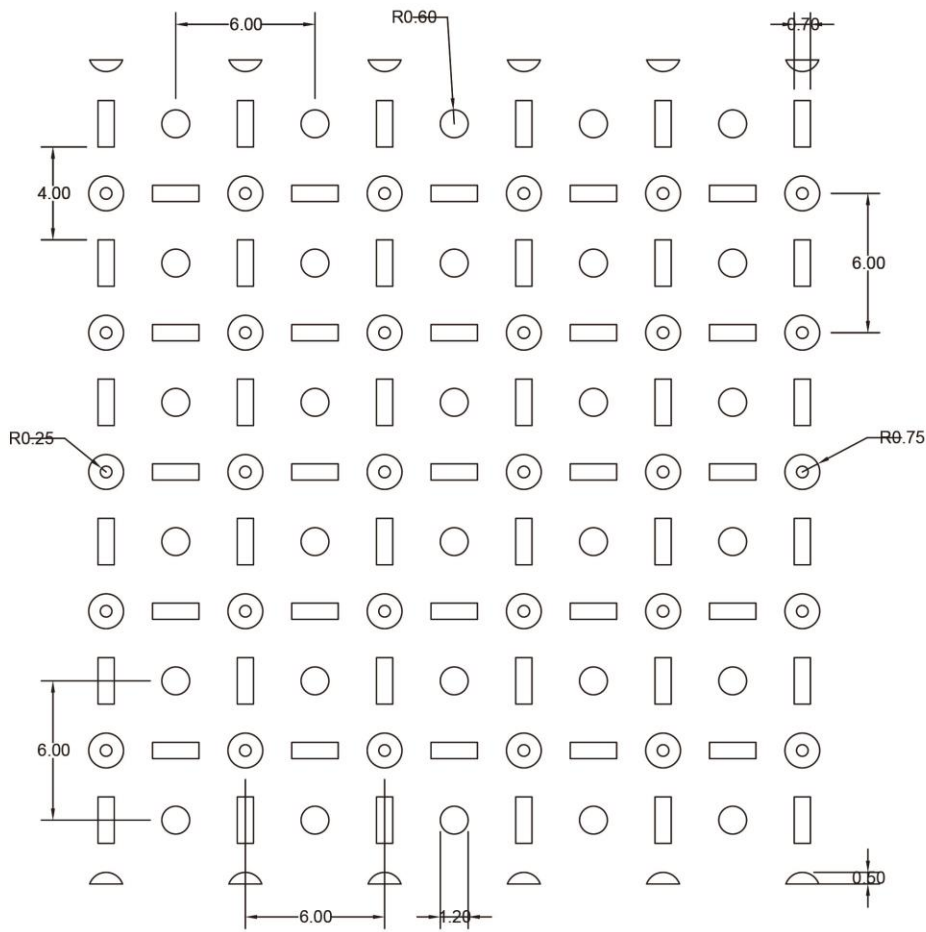


Figura 17. Fichas de análisis morfológico de empaques a evaluar. Análisis geométricos de caja de huevos.

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

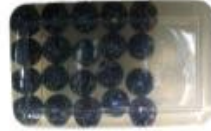


Figura 18. Modelos en gelatina para evaluar la acomodación de las esferas en diferentes recipientes.

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.

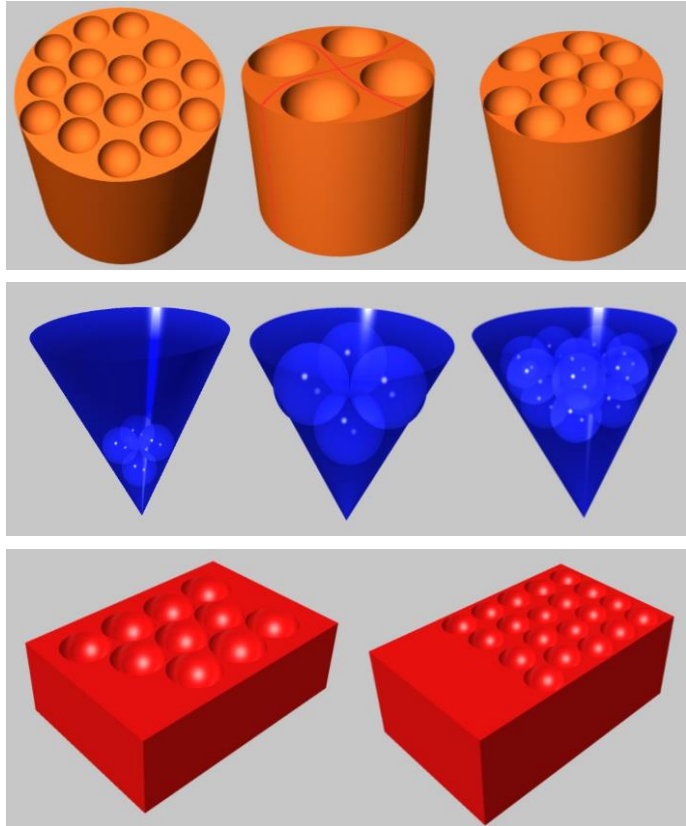


Figura 19. Modelos en programa de modelación 3D (Rhino) para evaluar las cavidades en diferentes formas.

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.

3.1 DISCUSIÓN

3.1.1. Análisis comparativo

Después de haber analizado en 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	
<i>Inga Edulis</i> (Guama)	PLA
0,67 MPa	102,98 MPa

- 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 (dato encontrado en una fuente de propiedades de materiales), por lo que se concluye que no podemos basarnos en la resistencia de la guama para el diseño de empaques para elementos frágiles.

Módulo de elasticidad	
<i>Inga Edulis</i> (Guama)	PLA
13,21 MPa	3440 MPa

- 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 (figuras 12, 13, 14 y 17), 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 contener 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 (figuras 13, 14 y 17), 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 estas.

Por el contrario en los empaque 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 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.

4. 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 darle las gracias a nuestros padres que permitieron de diversas maneras que esta investigación se llevase a cabo.

5. 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 empaquetar 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.

6. REFERENCIAS

6.1. 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. Páginas 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.

6.2. 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>