
MAKA: Sistema de Recolección y Transporte de Macadamia

ERIKA MARÍA DURÁN
MÓNICA LIZETH LÓPEZ GIRALDO

máka

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
CALI
2013

MAKA: Sistema de Recolección y Transporte de Macadamia

ERIKA MARÍA DURÁN
MÓNICA LIZETH LÓPEZ GIRALDO

PROYECTO DE GRADO

máka

TUTORA:
LUZ AMÉRICA MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
CALI
2013

TABLA DE CONTENIDO

<u>TABLA DE ANEXOS.....</u>	<u>2</u>
<u>INTRODUCCION.....</u>	<u>3</u>
<u>1. FICHA TECNICA.....</u>	<u>4</u>
1.1 PLANTEAMIENTO	4
1.2 PROBLEMA.....	6
1.3 PREGUNTA PROBLEMA.....	6
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.6 JUSTIFICACIÓN	7
1.7 VIABILIDAD.....	8
1.8 HIPÓTESIS	8
1.9 METODOLOGÍA	9
1.9.1 EXPLORATORIA:.....	9
1.9.2 DESCRIPTIVO:.....	9
<u>2. MACADAMIA</u>	<u>10</u>
2.1 ORIGEN DEL CULTIVO	10
2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	10
2.3 MORFOLOGÍA	11
2.4 ASPECTOS BOTÁNICOS	11
2.4.1 RAÍZ	11
2.4.2 HOJAS	11
2.4.3 FLORES.....	11
2.4.4 FRUTOS.....	12
2.5 VALOR NUTRICIONAL.....	13
2.6 USOS.....	13
<u>3. CULTIVO DE MACADAMIA</u>	<u>15</u>
3.1 MACADAMIA EN COLOMBIA.....	15
3.2 ECOLOGÍA DEL CULTIVO.....	15
3.2.1 CLIMA.....	15
3.2.2 TEMPERATURA	15

3.2.3	ALTITUD.....	15
3.2.4	PRECIPITACIÓN.....	16
3.2.5	HUMEDAD RELATIVA.....	16
3.2.6	LUZ.....	16
3.2.7	VIENTOS.....	16
3.2.8	SUELOS.....	16
3.3	MANEJO AGRONÓMICO.....	17
3.4	INJERTO.....	17
3.4.1	SIEMBRA.....	17
3.4.2	PODA.....	17
3.4.3	ENFERMEDADES.....	19
3.4.4	INSECTOS.....	20
3.4.5	AFECCIONES CLIMÁTICAS.....	21
3.4.6	ROEDORES.....	21
4.	<u>PROCESO DE PRODUCCION.....</u>	<u>22</u>
4.1	RECOLECCIÓN.....	22
4.2	DESCASCARADO.....	22
4.3	ALMACENAMIENTO.....	22
4.4	SECADO.....	23
4.5	DESCONCHADO.....	23
4.6	SELECCIÓN.....	23
4.7	EMPACADO.....	23
4.8	TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN.....	24
5.	<u>FACTORES HUMANOS.....</u>	<u>25</u>
5.1	ANTROPOMETRÍA.....	25
5.2	ERGONOMÍA.....	25
5.2.1	APARATO LOCOMOTOR.....	26
5.2.2	MOVIMIENTO CORPORAL.....	26
5.2.3	ESFUERZO FÍSICO.....	27
6.	<u>TRABAJO DE CAMPO.....</u>	<u>29</u>
6.1	ANÁLISIS DEL CONTEXTO.....	29
6.2	ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD.....	30
6.3	ANÁLISIS OBJETUAL.....	31

7. MARCO CONCEPTUAL.....	33
7.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO.....	33
7.2 DESCRIPCIÓN DEL USUARIO.....	33
7.3 DETERMINANTES.....	33
7.4 REQUERIMIENTOS.....	34
7.5 HIPÓTESIS DE DISEÑO.....	35
7.6 PROMESA DE VALOR.....	35
7.7 CONCEPTO.....	36
8. PROPUESTA DE DISEÑO.....	37
8.1 SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE.....	37
8.1.1 RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO.....	39
8.1.2 SUBSISTEMA DE RECOLECCIÓN.....	40
8.1.3 SUBSISTEMA DE TRANSPORTE.....	41
8.2 SECUENCIA DE USO.....	44
8.3 BENEFICIOS.....	46
8.4 COSTOS.....	47
8.5 EMBALAJE.....	47
8.6 MERCADEO.....	48
8.6.1 MERCADO DIRECTO.....	48
8.6.2 MERCADO POTENCIAL.....	49
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	53

TABLA DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA MACADAMIA (PROPIA)	24
ILUSTRACIÓN 2. DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO HUMANO . (NOGAREDA, 2003)	61
ILUSTRACIÓN 3. DIMENSIONES ESTRUCTURALES COMBINADAS DEL CUERPO HUMANO. (NOGAREDA, 2003)	62
TABLA 1. ASPECTOS MORFOLÓGICOS DEL ÁRBOL. (PROPIA)	11
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA DE MACADAMIA (PROPIA).	11
TABLA 3. TABLA NUTRICIONAL POR CADA 100G. (ARCAS)	13
TABLA 4. FASES DEL FRUTO DE MACADAMIA. (ARCAS).....	18
TABLA 5. INSECTOS QUE AFECTAN LA MACADAMIA (PROPIA).....	20
TABLA 6. LA ERGONOMÍA Y SUS COMPONENTES. (FLORES, 2001).....	26
TABLA 7. LESIONES MUSCULO-ESQUELÉTICAS. (CALERO, ET AL., 2004).....	28
IMAGEN 1. FRUTO DE MACADAMIA (PROPIO)	12
IMAGEN 2. PUDRICIÓN DE LA NUEZ. (PROPIO)	20
IMAGEN 3. INSECTO QUE AFECTA LA MACADAMIA. (PROPIO)	21
IMAGEN 4. CULTIVOS DE MACADAMIA. (PROPIA).....	30
IMAGEN 5. RECOLECTOR DE MACADAMIA. (PROPIO).....	31
IMAGEN 6. CANASTO PLÁSTICO. (PROPIO)	32
IMAGEN 7. COSTALES CON MACADAMIA. (PROPIO)	32
IMAGEN 8. SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	37
IMAGEN 9. SISTEMA Y SUS DIMENSIONES	38
IMAGEN 10. RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO	39
IMAGEN 11. SUBSISTEMA RECOLECTOR Y DETALLE DEL RESORTE.	40
IMAGEN 12. ELEMENTO DE TRANSPORTE.....	41
IMAGEN 13. DETALLE ELEMENTO DE ACOPLE	42
IMAGEN 14. DETALLE RUEDA CON FRENO	42
IMAGEN 15. ELEMENTOS EN EL CONTEXTO.	43
IMAGEN 16. SECUENCIA DE USO	46
IMAGEN 17. EMBALAJE DE MAKKA	47
IMAGEN 18. ALMACENES UBICADOS EN LAS REGIONES DE LOS CULTIVOS DE MACADAMIA	48

TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1. ENTREVISTAS TRABAJO DE CAMPO	53
ANEXO 2. MAPA CONCEPTUAL	60
ANEXO 3. MEDIDAS ANTROPOMETRICAS	61

INTRODUCCION

La macadamia es un árbol de origen tropical, el cual es cultivado en regiones cálidas entre los 1000 y 1500 metros sobre el nivel del mar. En Colombia fue introducida por la Federación Nacional de Cafeteros en el año 1969, generando la oportunidad de ser adoptada como alternativa del café a mediano plazo.

En el proceso de producción de la macadamia, la recolección se debe realizar directamente desde el suelo, y recolectando aquellos frutos que han caído naturalmente del árbol. Debido a las características de los terrenos en los que está cultivada la macadamia, no es posible la implementación de maquinaria especializada para esta actividad, por lo tanto en Colombia la recolección debe realizarse de manera manual.

Este proyecto pretende intervenir el proceso recolección, ya que después de analizar esta actividad, se ha determinado que el recolector debe adquirir posiciones inadecuadas, generando dolencias o molestias en el sistema musculo – esquelético, especialmente en el área dorsolumbar.

Por medio de la intervención del diseño, se pretende dar una solución objetual, la cual permita realizar la recolección de la macadamia de una forma adecuada, beneficiando la salud del recolector, y al mismo tiempo favoreciendo a los productores, puesto que al realizar una recolección adecuada, la calidad de la nuez incrementará.

1. FICHA TECNICA

1.1 Planteamiento

La nuez de Macadamia es un manjar, de buen sabor, alto poder alimenticio y se considera como la nuez más fina del mundo, es utilizada por el mercado gourmet; como un aditivo especial en cualquier clase de comidas, ensaladas y en los cócteles. (Walforth Sánchez & De los Rios, 2005)

Cada fruto está compuesto por tres partes: la cáscara externa o pericarpio de color verde, la concha dura de color café y una semilla comestible color crema de forma más o menos esférica.

Esta nuez es originaria de Australia, pero la ubicación geográfica de nuestro país, ofrece condiciones agroecológicas ideales, principalmente por distribución de lluvias, que favorecen la producción continua de la nuez a través de todo el año, sin embargo, se presentan picos definidos de producción que corresponden a los meses entre junio y septiembre que concentran el 60% de la cosecha. Esta planta es perdurable y productiva de 50 a 60 años. (Rincón, 2000)

El área sembrada en Colombia ha aumentado aproximadamente de 300 hectáreas en 1988 a 1000 en 2007, distribuidas en los departamentos de Cauca, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca. (Walforth Sánchez & De los Rios, 2005). Anualmente nuestro país exporta alrededor de 200 mil toneladas con ingresos superiores a 2000 millones de pesos. La macadamia es la nuez por la que más se paga, duplica el precio del pistacho y sobrepasa a la avellana y el marañón. (Semana, 1993)

Actualmente en Colombia el proceso de producción agrícola se realiza de manera artesanal, se llevan a cabo diferentes etapas como: recolección, descascarado, secado y almacenamiento; para que después sea distribuida y entregada a las plantas procesadoras que la convertirán en productos de consumo.

Desde el diseño industrial vemos la cabida de este proyecto, al momento de intervenir en los procesos manuales que deben realizarse para garantizar la calidad de la nuez. Específicamente desde la disciplina se puede intervenir las primeras dos etapas mencionadas anteriormente, ya que es aquí donde se presenta la mayor pérdida de fruto (entre el 5% y 6%), y en donde se perciben daños directos a los trabajadores.

En la etapa de recolección, debido al elevado porte de los árboles no se permite recolectar los frutos directamente de la planta, además se corre el riesgo de seleccionar frutos inmaduros. Es por esto que los frutos deben ser recolectados del suelo después de desprenderse naturalmente del árbol, este proceso se hace cada semana aproximadamente y de manera manual, ocasionando problemas físicos en el área lumbar, debido a los movimientos repetitivos que deben realizar. En otros países como Australia, solucionan este problema implementando maquinaria pesada para la recolección, pero en Colombia, no es posible implementarlo en primera estancia por la calidad de los terrenos, que son inclinados y montañosos, la disposición de los cultivos que no permiten el ingreso de maquinas que por su peso lastiman las raíces superficiales debido a la compactación del suelo; y por el impacto laboral, que esto produciría al momento de prescindir de la mano de obra de los recolectores.

Otro problema es el deterioro que presentan los frutos al estar en contacto directo con el suelo, pues están expuestos al ataque de hongos, bacterias y roedores. Es por esto, que en algunos cultivos se implementan redes debajo de los árboles los cuales recolectan la nuez, sin que esta toque el suelo, pero no ha tenido éxito debido a la exigencia en el mantenimiento, a sus altos costos de adquisición y además no asegura la pérdida de fruto por los predadores.

Una vez realizada la recolección, se agrupan en bolsas de polipropileno de 40kg aproximadamente, los cuales deben ser transportados a la vía de acceso mas cercana para que posteriormente sean recogidos y llevados al lugar donde se realizara el siguiente proceso.

En la etapa del descascarado se retira el pericarpio o cáscara verde que recubre la parte dura y café del fruto. Esta labor se debe realizar máximo 24 horas después de la recolección con el fin de evitar el calentamiento y el deterioro de la nuez, evitando el desarrollo de patógenos que demeritan la calidad de la misma. Igualmente este proceso trae perjuicios a los trabajadores en sus extremidades superiores, se presentan laceraciones debido al continuo rozamiento que se tiene con el fruto y dolencias en las falanges, por los movimientos constantes. Después se realiza una separación manual y por flotación donde se desechan los frutos negros, perforados por insectos y los biches o inmaduros.

El diseño pretende facilitar las etapas de intervención manual por medio de un sistema objetual que permita recolectar las nueces de manera natural, pero sin que estas lleguen a tener contacto con el suelo. De igual forma este diseño debe proteger los frutos caídos del ataque de hongos, bacterias y predadores. Por otro lado, este sistema debe estar integrado

para facilitarle al trabajador el transporte de la nuez desde el área de la cosecha hasta el lugar en donde se realiza la etapa de descascarado, donde el sistema permitirá hacer de forma rápida este proceso seguido de la debida clasificación, ya que proporcionara elementos adecuados para la manipulación pretendiendo mejorar la calidad del trabajo del individuo. Todo ello apunta no solo a mejorar las condiciones necesarias del trabajador, si no que por las consideraciones que se tienen en cuenta también se asegurara menor perdida de fruto ya que se conservaran las cualidades que definen calidad de la nuez.

1.2 Problema

Intervenir en los procesos manuales de recolección y transporte de la macadamia en Colombia, para reducir las pérdidas de fruto, mejorar las actividades de trabajo realizadas por el recolector y la productividad de los procesos posteriores.

1.3 Pregunta Problema

¿Como por medio de un sistema objetual que intervenga los procesos manuales de recolección y transporte de la macadamia en terrenos inclinados de la zona cafetera, se podrá mejorar las actividades de trabajo realizadas por el recolector y la productividad de los procesos posteriores, y al mismo tiempo reducir los porcentajes de fruto perdido?

1.4 Objetivo General

Desarrollar un sistema objetual que intervenga los procesos manuales de recolección y transporte de la macadamia en terrenos inclinados, que permita mejorar las actividades de trabajo realizadas por el recolector, productividad de los procesos posteriores, y a su vez disminuir los porcentajes de fruto perdido.

1.5 Objetivos Específicos

- Analizar el proceso de recolección y transporte en terrenos inclinados.
- Analizar las interacciones físicas realizadas por el recolector en las actividades de recolección y transporte.

- Identificar las características del entorno ambiental que inciden en el proceso de recolección de la macadamia.

1.6 Justificación

La Macadamia es la nuez más fina y por la que más se paga en el mundo. Anualmente Colombia exporta alrededor de 200 mil toneladas marcando ingresos superiores a 2000 millones de pesos. En el país existen las condiciones climáticas necesarias para desarrollar y apostarle a estos cultivos, actualmente hay más de 1000 hectáreas cultivadas distribuidas en los departamentos de Cauca, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.

Durante la producción agrícola de este fruto, existen procesos que se realizan de forma manual, como son: la recolección, el descascarado y el transporte. En nuestro país estos procesos se realizan de forma artesanal, es decir, no se cuenta con herramientas adecuadas para llevar a cabo las actividades. Cabe resaltar que los cultivos se encuentran en terrenos inclinados (inclinaciones máximas del 80%) lo que dificulta dichas tareas, traducido en molestias físicas para los recolectores, además en estas partes del proceso se presentan pérdidas entre el 5% y 6% del total cosechado.

Desde el diseño industrial abarcamos este proyecto para intervenir los procesos manuales de recolección y transporte, que deben realizarse adecuadamente para garantizar la calidad de la nuez. Actualmente existen maquinarias para realizar estos procesos, pero en Colombia, debido a la disposición de los cultivos y a las inclinaciones de los terrenos, no es posible implementar lo ya existente. Además estas maquinarias lastiman las raíces y compactan los suelos, y representan un monto económico muy elevado. Por lo tanto, este proceso se realiza manualmente en todos los cultivos de nuestro país. Esta labor acarrea problemas dorsolumbares, ya que se realizan movimientos repetitivos y adquieren posturas inclinadas inadecuadas; otra afección que presentan es en las manos, puesto que las hojas de la macadamia tienen espinas que lastima las falanges del recolector, llegando incluso a dejar de asistir a su jornada laboral por dicha lesión.

1.7 Viabilidad

Para la realización de este proyecto se cuenta con el apoyo de empresas y productores de Macadamia de la región, como lo son:

- Del Alba S.A (uno de los grandes productores de macadamia en Colombia). Barcelona, Quindío.
- Cesar Augusto Londoño (pequeño productor). Restrepo, Valle.
- Alejandro Guzmán, finca Alcalá. (Grandes productores en Colombia). Alto Lisboa, Caldas.

Son estas entidades y personas quienes proporcionaran la información necesaria para la investigación, así como las visitas de campo y comprobaciones que se realizaran a futuro.

Este proyecto se enfoca en la mejora de las condiciones laborales de los recolectores, para ello se intervienen los procesos manuales, esta intervención lleva a tener nueces de mayor calidad, por lo tanto los productores se benefician económicamente en este proceso.

Cabe resaltar, que en el país existen más de 1000 hectáreas cultivadas, por lo tanto existe un mercado distribuido en los diferentes departamentos de la zona cafetera.

1.8 Hipótesis

- La macadamia fue introducida por caficultores en zonas cafeteras, lo que significa que se encuentra en terrenos inclinados que hacen difícil la recolección y transporte del fruto.
- ¿Con la mejora de la recolección se incrementarán las cantidades de fruto recogido, lo que llevará a mejorar los ingresos de los empleados?
- ¿Con la intervención en los procesos manuales se lograra reducir las pérdidas de fruto que actualmente representan un 5%?

-
- ¿Con la intervención en los procesos manuales se reducirán las molestias físicas causadas por las malas posturas realizadas durante las actividades?

1.9 Metodología

Para este proyecto se maneja una metodología exploratoria y descriptiva, donde se pretende estudiar y analizar las actividades realizadas en los procesos manuales.

1.9.1 Exploratoria: se debe indagar acerca del tema, recurrir a personas expertas en el tema, realizar visitas de campo, trabajos de observación; es decir toda la recolección de datos que nos den las pautas necesarias para llevar a cabo el proyecto y poder cumplir satisfactoriamente con los objetivos planteados.

1.9.2 Descriptivo: se deben analizar todos los detalles, situaciones, personajes que se involucran en el proceso de recolección y transporte de la macadamia. Es necesario realizar análisis comparativos entre los lugares visitados, entre nueces similares, de herramientas utilizadas en el resto del mundo. Es decir, procesar la información obtenida para tener un panorama claro alrededor de todas las variables.

2. MACADAMIA

2.1 Origen del Cultivo

La macadamia es una nuez, proveniente de un árbol que posee su mismo nombre, este es originario de los bosques lluviosos del sur de Queensland y de la parte norte de Nueva Gales, en Australia. Los aborígenes australianos la llamaban "Kindal Kindal". En 1850, botánicos ingleses caracterizaron las dos principales variedades de macadamia. El nombre de esta nuez, honra al científico Dr. John Mc.Adam. La nuez de macadamia es consumida alrededor del mundo, tiene usos en repostería, cosméticos, cocina gourmet, confitería entre otros.

2.2 Clasificación Taxonómica

Existen aproximadamente diez especies de Macadamia, de éstas, sólo dos tienen importancia económica por los frutos comestibles: *Macadamia Integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*. (Walforth Sánchez & De los Rios, 2005)

Reino: Vegetal
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsidae
Orden: Protales.
Familia: Protaceae
Subfamilia: Grevilleoideae
Genero: Macadamia
Especie: Macadamia integrifolia

2.3 Morfología

ASPECTOS MORFOLÓGICOS DEL ÁRBOL	
TAMAÑO	9m-15m de altura 6m-12m de copa
CRECIMIENTO	Diferentes épocas del año dependiendo del clima.
LONGEVIDAD	Longeva y productiva, de 50-60 años.

Tabla 1. Aspectos morfológicos del árbol. (Propia)

2.4 Aspectos Botánicos

2.4.1 Raíz

Raíces funcionales localizadas en los primeros 40cm. Pueden alcanzar profundidades de 75 a 80cm. Es por esta razón que es importante que el sistema considere que su funcionamiento no lastime las raíces, ni compacte la tierra llegando a afectarlas.

2.4.2 Hojas

CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA	
FORMA	Espatulada
COLOR	Verde oscuro brillante
TAMAÑO	10 a 40 cm de larga por 3 a 8 cm de ancha
BORDES	Ondulados y con espinas.

Tabla 2. Características de la hoja de macadamia (propia).

Debido a la característica biológica que presentan los bordes de las hojas al tener espinas, estas caen y se secan. En el proceso de recolección los recolectores están propensos a sufrir lesiones en las manos, ya que entran en contacto con ellas cuando buscan la macadamia.

2.4.3 Flores

Se presentan en inflorescencias en forma de racimos colgantes, de 10 a 15cm de longitud, conformados por aproximadamente de 100 a 200 flores en grupos de tres a cuatro por axila. Cada flor está sostenida individualmente por un pedúnculo corto. El cáliz tiene forma de tubo de 10

a 14mm de largo y puede ser blanco o rosado, según la variedad. Las flores de un racimo se abren en orden, iniciándose por la base. (Walforth Sánchez & De los Rios, 2005)

2.4.4 Frutos

El fruto de la macadamia es denominado nuez de macadamia. Desde el punto de vista botánico, es un folículo que consiste en una sola cavidad que por lo general contiene una semilla o almendra comestible. (Walforth Sánchez & De los Rios, 2005).

Esta compuesta de tres partes: pericarpio o cascara verde, concha que es la parte café, y la nuez de color crema, que es la parte consumible. Estas pueden ingerirse in natura, tostadas, saladas, sazonadas o confitadas.



Imagen 1. Fruto de macadamia (propio)

2.5 Valor Nutricional

La nuez de macadamia es considerada la nuez mas fina del mundo, esta nuez no solo es consumida por su sabor, si no por sus propiedades y componentes que la hacen un fruto seco bastante saludable.

Calorías	840 cal.
Grasas Totales	74 g.
Ácidos Grasos Monoinsaturados	60 g.
Ácidos Grasos Poliinsaturados	1 g.
Ácidos Grasos Saturados	12 g.
Carbohidratos	13 g.
Fibra Dietética	9 g.
Proteínas	9 g.
Calcio	107 mg.
Fósforo	196 mg.
Hierro	2 mg.
Sodio	5 mg.
Niacina	3 mg.
Potasio	368 mg.
Magnesio	130 mg.
Vitamina C	1,2 mg.
Vitamina E	0,5 mg.

Tabla 3. Tabla nutricional por cada 100g. (Arcas)

2.6 Usos

Gracias a sus propiedades, este fruto a encontrado gran acogida en diferentes mercados, tales como:

- Cocina: es utilizado por el mercado gourmet. Se utiliza como aditivo en cualquier tipo de preparaciones, comidas, ensaladas y cocteles. Combinada en salsas, carnes, arroz, pastas, entre otros.
- Confiteria: presente en diferentes presentaciones y elaboraciones como chocolates, galletas, pasteles, helados y postres.
- Medicina: puede ser utilizada por esta como un suplemento en el tratamiento de personas con altos niveles de colesterol. (Walforth Sánchez & De los Rios, 2005).

-
- Aceite: ideal para ser usado como aceite de ensalada y de cocina. Por sus propiedades es bastante saludable; su ventaja es que posee un punto inferior para flamear.
 - Cosmética: la macadamia tiene alto contenido de ácido Palmitoleico. Por ello pueden sacar productos como cremas hidratantes para la piel, jabones y aceites para masaje.

máka

3. CULTIVO DE MACADAMIA

3.1 Macadamia en Colombia

La macadamia llega a Colombia en el año 1969, fue introducida por la Federación Nacional de Cafeteros a la Subestación Experimental Paraguaicito (Quindío). En los años 80s los cultivos ya estaban distribuidos en los departamentos de Tolima, Risaralda, Caldas, Cundinamarca, Quindío y Huila. En la década de los 90s se promovió el cultivo en zona cafetera por intermedio del Programa de Desarrollo y Diversificación de la federación Nacional de Cafeteros.

Actualmente los cultivos de macadamia sobrepasan las 1000 hectareas sembradas, distribuidas en los departamentos de Cauca, Cundinamarca, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.

3.2 Ecología del Cultivo

3.2.1 Clima

En Colombia la macadamia a logrado desarrollarse en optimas condiciones en tres tipos de clima: Bosque húmedo montano bajo, bosque húmedo premontano, bosque muy húmedo premontano.

3.2.2 Temperatura

El cultivo se adapta a un rango de temperatura, que va desde los 18° hasta los 26°, con un óptimo entre 20° y 23°C. Sin embargo, la optima para una excelente producción y estimular la floración debe ser de 18°C, así tendrá producción la mayor parte del año.

3.2.3 Altitud

De acuerdo con el desarrollo de los huertos de Macadamia establecidos en Colombia, está especie se adapta bien a altitudes comprendidas entre 1000 y 1500 m.s.n.m. Sin embargo, los mejores resultados se han obtenido entre 1100 y 1300 m.s.n.m.

3.2.4 Precipitación

La zona para el cultivo de este fruto seco, debe tener una buena distribución de la precipitación durante todo el año, con no más de dos meses de sequía. Sin embargo, los árboles maduros pueden soportar largos periodos, aunque no se garantiza que den su total de producción. Un promedio adecuado de lluvias anuales esta entre 1500 y 3000 mm, si esta por debajo de 1200 es necesario proporcionar riegos.

3.2.5 Humedad Relativa

Debe estar entre 70 y 80%; puesto que las condiciones húmedas favorecen el desarrollo de hongos y bacterias, que no solo representa un problema sanitario, si no que afecta la calidad de la nuez. Sin embargo las condiciones bajas de humedad lograrían un deficit hídrico.

3.2.6 Luz

La Macadamia requiere de 4.5 a 6 horas de luz por día, se representa en 1600 a 2200 horas de sol por año, para crecer y desarrollarse sanamente. Los bajos niveles de luz ocasiona un lento crecimiento, favorece el ambiente para el desarrollo de hongos, clorosis, ahilamiento, así como líquenes y algas en la parte aérea del árbol. Mucha luz sobrelleva al poco desarrollo de las plántulas.

3.2.7 Vientos

Las raíces de los arboles son relativamente superficiales, estan entre 75 a 80 cm del suelo, es decir que se ve afectado por vientos fuertes. Estos pueden causar retraso en el crecimiento de los árboles jóvenes, inclinación y vuelco, caída de frutos inmaduros y disminución de la producción.

3.2.8 Suelos

La macadamia es exigente en suelos. Los mejores suelos son franco - arenoso y franco limoso, fértiles y ricos en materia orgánica, el suelo debe presentar una fertilidad media a alta, buen contenido de materia orgánica y pH entre 5,5 y 6,5. La topografía es otro factor importante ya que las nueces deben recolectarse manualmente del suelo. Lo deseable son terrenos planos de relieve ondulado, con pendientes inferiores al 30% que favorezcan el drenaje del suelo (Walforth Sánchez & De los Rios, 2005).

Sin embargo, los cultivos en Colombia se encuentran en zona cafetera, comprendiendo terrenos que tienen pendientes con inclinaciones que van desde 10 al 80%. Aunque esto no es impedimento para que la macadamia colombiana sea de buena calidad. Pero, si se ven afectadas las personas que realizan la labor de recolección.

3.3 Manejo Agronómico

La macadamia germina fácilmente desde su semilla, pero el crecimiento de esta es lento, tarda aproximadamente entre 8 y 12 años para empezar su etapa productiva, y no se garantiza la calidad de los frutos. Es por ello que los productores recurren a la injertación por yemas o púas, o de métodos de micro propagación in-vitro; para reducir el tiempo de producción, empezando a los 3 o 4 años. Además, pueden escoger la variedad que posea las características deseables de los frutos.

3.4 Injerto

Se realiza cuando las plantas alcanzan un grosor de 1,5 a 2cms, una altura aproximadamente de 10cm del suelo, están listas más o menos al año de realizado el trasplante. Los árboles injertados producen cuatro a cinco veces más que los árboles provenientes de semilla.

3.4.1 Siembra

Los cultivos se han realizado a distancia de 9m x 9m, al triángulo es lo recomendable para las condiciones que presenta los terrenos colombianos.

Actualmente, en algunas zonas, como es el caso de los cultivos ubicados en Alto Lisboa, Caldas, se realizan cultivos mixtos. Por esta razón, los cultivos se hacen a distancia de 12m x 12m para darle espacio a los frutos alternos.

3.4.2 Poda

Se debe procurar que todos los árboles que se lleven al campo tengan dos brotes. Luego se identifica un brote como eje, se le permitirá ramificar a

partir de los 70cm sobre el suelo. La formación básica del árbol se realiza durante los dos primeros años, iniciándose a los seis meses de sembrado.¹

FASES DEL FRUTO DE MACADAMIA		
NUEZ EN CÁSCARA	Es la fase del fruto cuando cae del árbol. Es recubierto por una cascara verde denominada PERICARPIO. En este estado tiene un diámetro promedio de 3cm. El pericarpio cubre a la nuez en concha por completo, cuando esta se deshidrata cambia de color, pasando por tonos más oscuros como verde oscuro, café y café oscuro casi negro; a su vez se raja y deja ver a la nuez en concha.	
NUEZ EN CONCHA	Una vez es realizado el proceso de descascarado, donde el pericarpio es totalmente retirado, el fruto es denominado nuez en concha. Esta tiene un diámetro promedio de 2.5cm. Debe encontrarse sin rajadas y sin perforaciones. A pesar de que la concha es dura y resistente, es susceptible a contaminación por fuertes olores, afectando la calidad de la nuez interna.	
NUEZ O ALMENDRA	Es la parte consumible. Se obtiene después del proceso de desconchado. Lo ideal es que la almendra resultante sea de primera calidad, es decir, entera y de un color parejo. Esta puede ser consumida sin haber pasado por un proceso de secado. Las nueces de macadamia nos ofrecen un buen aporte de calcio, potasio y fibra dietética, además tienen un bajo contenido de sodio.	

Tabla 4. Fases del fruto de macadamia. (Arcas)

- ¹ Burbano Erazo, L. C., Sedas Abadia, C., & Tafurt Mayor, C. I. (2006). *Burkenroad Report: "Establecimiento cultivo de 100 hectareas de Macadamia"*. Santiago de Cali: Caso de estudio Universidad Icesi.

Entorno Ambiental

La macadamia se puede ver afectada por distintos factores ambientales, los cuales afectan la calidad final del fruto, generando pérdidas al productor.

3.4.3 Enfermedades

Las enfermedades asociadas al cultivo de macadamia y que afectan su calidad son:

- **(*Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia*) - Producen pudrición en la nuez.**
- **(*Amillaria mellea*) – Pudrición de la raíz:** Se presenta en terrenos arcillosos, con mal drenaje y con materia orgánica en descomposición. Las hojas se tornan rojizas, pero al morir el árbol no se desprenden. Al nivel del suelo, la corteza y la madera tiene una coloración café claro y al quitarla, un micelio blanco crece en forma de abanico sobre la madera. Para prevenir el ataque de esta enfermedad, no se debe sembrar en terrenos con las características antes descritas..
- **(*Phytophthora cinnamomi*) – Chancros en el tallo:** La enfermedad causa problemas en suelos compactos. Las lesiones se presentan en la corteza, en forma de agrietamiento, con exudación gomosa. Los síntomas avanzados se presentan como un estriamiento del tronco, con áreas irregulares de corteza muerta, descendente y poco desarrollo del árbol. Se recomienda sembrar en suelos bien drenados y evitar herir el tronco.
- **(*Pestalotia* sp.) – Quema de la hoja:** Ataca desde el vivero hasta la plantación adulta y en los últimos años su severidad ha aumentado. Los síntomas se caracterizan por una necrosis en el extremo de la hoja. En condiciones de alta humedad relativa, en el envés de las hojas se pueden observar puntos negros muy pequeños. Una medida de prevención es mantener un buen nivel nutricional de las plantas.
- **(*Botrytis* sp.) – Tizon de la flor:** se presenta con mayor intensidad en la zona atlántica, especialmente entre Diciembre y Enero, con las temperaturas bajas.

(Walforth Sánchez & De los Rios, 2005)



Imagen 2. Pudrición de la nuez. (propio)

3.4.4 Insectos

Entre los insectos que atacan el árbol de macadamia se encuentra:

INSECTOS QUE EFECTAN EL ARBOL DE LA MACADAMIA	
INSECTO	CONSECUENCIA
<i>Cryptophlebia</i> sp. (Lepidoptera: Tortricidae).	Perfora el fruto hasta llegar a la nuez, cuando la concha aun no se ha endurecido. El mayor daño la produce cuando está en estado de larva. Aparte del daño físico que se le produce a la nuez, favorece la entrada de organismos secundarios.
<i>Ecdyolopha</i> sp. (Lepidoptera: Tortricidae).	Produce danos similares al anterior. Esta plaga se concentra en Colombia y Costa Rica.
<i>Hypothenemus obscurus</i> (Coleoptera: Scolytidae).	Realiza pequeñas perforaciones en la concha, penetrando al interior de la nuez, consumiéndola en su totalidad. Esta plaga se encuentra en todos los países productores de macadamia, pero afectando económicamente a Hawaii.
<i>Antiteuchus tripterus</i> , <i>Loxa viresces</i> y <i>Leptoglossus zonatus</i> (Chinche)	Es la principal plaga en los cultivos de macadamia que se encuentran alrededor del mundo. En Colombia se controla esta plaga mediante el uso de hongos entomopatogénos y liberaciones de parasitoides.

Tabla 5. Insectos que afectan la macadamia (Propia).



Imagen 3. Insecto que afecta la macadamia. (propio)

3.4.5 Afecciones climáticas

En época de lluvia, debido a la humedad que se genera en el suelo y el entorno, los frutos que estén en contacto prolongado con el suelo, están expuestos al ataque de hongos y bacterias los cuales tienden a proliferar en estas condiciones climáticas.

3.4.6 Roedores

Los roedores son otra plaga que afecta la producción de macadamia. En el caso de Colombia, los roedores más comunes en los cultivos son las ardillas, ratas y guatines. Estos roedores perforan el fruto hasta llegar a la nuez, y en algunos casos producen la caída de frutos inmaduros.

4. PROCESO DE PRODUCCION

Debido a un clima favorable y a la ubicación geográfica de Colombia, la macadamia se produce durante todo el año, teniendo dos picos al año, uno cada semestre.

4.1 Recolección

La recolección de la macadamia en Colombia se realiza de forma manual, una vez el fruto se ha desprendido naturalmente del árbol. Esta labor se realiza una o dos veces por semana, o cada 15 días, dependiendo de la extensión del cultivo. La macadamia es recolectada en canastos de plástico, luego el recolector deposita lo recolectado en costales de polipropileno, los cuales son llevados hasta la vía de acceso más cercana, y al final de la jornada son transportados en camiones al beneficiadero para el siguiente proceso.

4.2 Descascarado

El descascarado debe ser realizado dentro de las primeras 24 horas después de recolectado el fruto, para evitar el recalentamiento de la nuez y el deterioro de la misma a causa del calor. Este proceso es realizado con maquinas especialmente diseñadas para esta actividad, las cuales por medio de la fricción separan el pericarpio de resto del fruto.

4.3 Almacenamiento

Una vez descascarado el fruto, este es empacado nuevamente en costales de polipropileno y llevados a un lugar fresco donde se almacenaran mientras se realiza el siguiente proceso. Para algunos productores este es el último paso del proceso de producción que realizan, pues los procesos siguientes son realizados en otro lugar.

4.4 Secado

El proceso de secado puede ser realizado de dos formas, dependiendo de la cantidad de producción y de la capacidad que tenga el productor de adquirir maquinaria especializada. Los pequeños productores que no tienen la suficiente capacidad económica para adquirir una máquina de secado, realizan este proceso exponiendo la macadamia al sol durante una semana aproximadamente dependiendo de las condiciones climáticas, mientras que otros productores utilizan secadores industriales, los cuales permiten realizar esta actividad en solo 4 días.

4.5 Desconchado

El proceso de desconchado se realiza una vez la humedad de la macadamia se haya reducido a un 7%, lo cual permite que la nuez se desprenda de la concha. Para retirar la nuez de la concha, el fruto debe ser sometido a un proceso mecánico, el cual por medio de cuchillas o rodillos fracturan la concha y liberan la nuez.

4.6 Selección

La selección manual permite separar las macadamias según su calidad y su tamaño, separando las enteras de las partidas. Por otro lado, se descartan las nueces que tiene algún tipo de daño que no se detectó en alguno de los procesos anteriores.

4.7 Empacado

Este proceso se realiza en un área cercana al proceso anterior, en donde las macadamias son pesadas y empacadas al vacío para mantener su calidad y evitar su deterioro al estar en contacto con el oxígeno durante un tiempo prolongado.

4.8 Transporte y Distribución

Finalmente la nuez es transportada en camiones a su lugar de destino, en el cual la macadamia puede ser transformada en productos de confitería, usada en pastelería, o como materia prima en la industria cosmética.

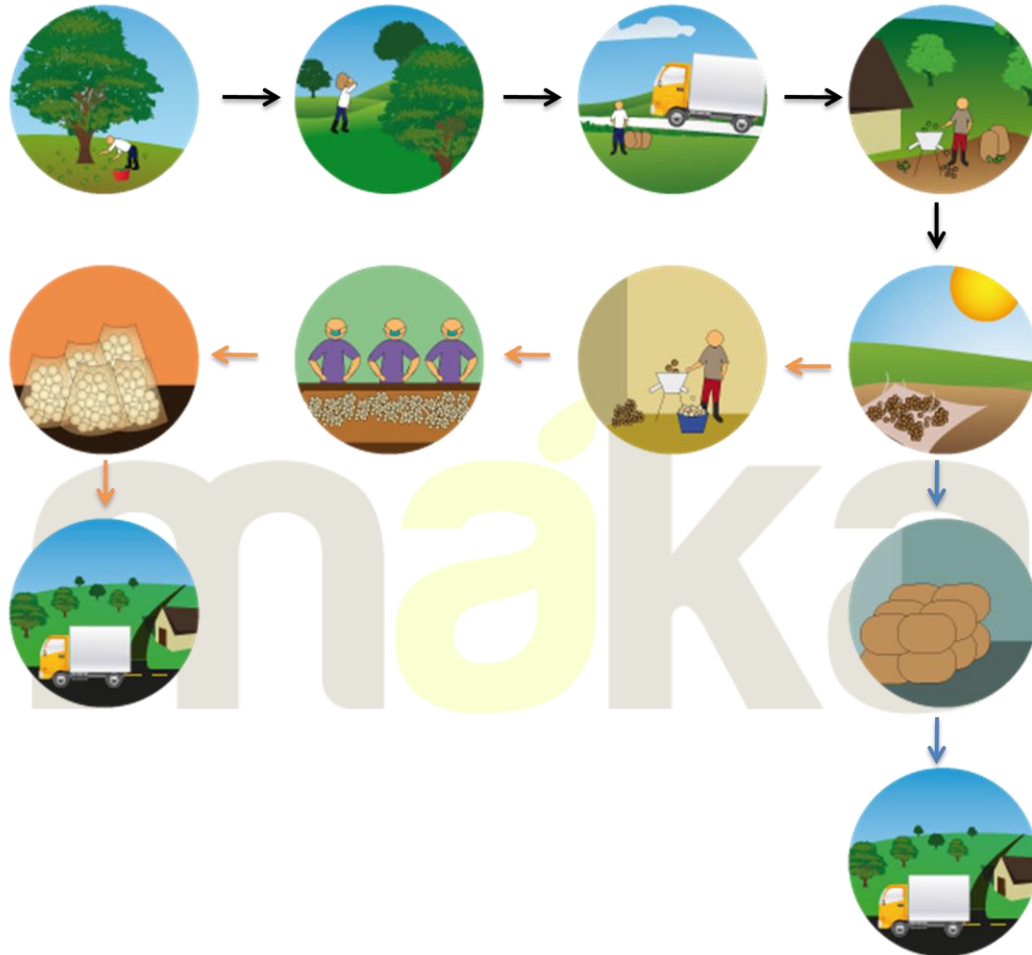


Ilustración 1. Proceso de producción de la macadamia (Propia)

5. FACTORES HUMANOS

Los factores humanos son de suma importancia en este proyecto, debido a que los trabajadores que realizan la labor de recolección, actualmente están trabajando bajo condiciones inadecuadas, pues las posturas que deben adquirir para recoger los frutos desde el suelo, están produciendo dolencias físicas en los trabajadores en el área dorso lumbar, así como laceraciones en las manos y falanges de estos. El fin de este proyecto es proporcionar al recolector un elemento que le permita realizar la actividad de recolección de una forma adecuada teniendo en cuenta parámetros antropométricos y ergonómicos, y al mismo tiempo haciendo que su actividad sea más agradable y amena.

5.1 Antropometría

La antropometría es la ciencia encargada del estudio de las medidas del cuerpo humano, separado o diferenciando según el sexo, edad, raza, etc. Para este proyecto es importante analizar las medidas del cuerpo humano con el fin de establecer las medidas prioritarias según los requerimientos del proyecto. La antropometría es de suma importancia al momento de diseñar un objeto, pues debemos tener en cuenta que este es una prolongación del cuerpo humano, por lo tanto debe adaptarse correctamente a este.

Las medidas más importantes a tener en cuenta son el peso, la estatura, la altura en posición sedente, distancia nalga - rodilla, distancia nalga - poplíteo, separación entre codos, separación entre caderas, altura de rodillas y altura de poplíteos.

(Ver Anexo 3)

5.2 Ergonomía

La ergonomía es un factor fundamental de este proyecto, pues se debe velar por una correcta interacción hombre-objeto y los rangos de

movimiento que realiza la persona, para que la actividad sea ejecutada correctamente, mejorando el bienestar del trabajador y por ende la producción.

FACTORES HUMANOS	FACTORES AMBIENTALES	FACTORES OBJETUALES
Anatomofisiológico	Temperatura	Forma
	Humedad	Volumen
	Ventilación	Peso
Antropométrico	Iluminación	Dimensiones
	Color	Material
	Ruido y Sonido	Acabado
Psicológico	Vibración	Color
	contaminación	Texturas
Sociocultural		Controles - Indicadores
		Signos - Símbolos

Tabla 6. La ergonomía y sus componentes. (Flores, 2001)

5.2.1 Aparato locomotor

La función principal del aparato locomotor es generar el movimiento corporal. Este movimiento a su vez depende de la forma y función de cada uno de los elementos que constituyen este aparato²:

- Sistema óseo
- Articulaciones
- Tendones
- Ligamentos
- Sistema muscular y cartílagos

5.2.2 Movimiento corporal

El movimiento corporal se realiza por medio del trabajo conjunto de todos los elementos del aparato locomotor, y aparece en la contracción y en la relajación. La relajación se presenta cuando no hay contracción y el

² (Flores, 2001)

musculo se relaja y la contracción se presenta cuando se tensiona o se acorta un musculo.

Los movimientos que realizan por separado diferentes partes del cuerpo se clasifican en:

- Flexión: disminución del ángulo formado entre dos partes del cuerpo.
- Extensión: aumento del ángulo formado entre dos partes del cuerpo.
- Abducción: alejamiento de una parte del cuerpo de la línea media del mismo.
- Adducción: acercamiento de una parte del cuerpo a la línea media del mismo.
- Circunducción: combinación de los movimientos anteriores para generar un movimiento circular.
- Rotación media: giro hacia el eje medio del cuerpo.
- Rotación lateral: giros más allá del eje medio del cuerpo
- Pronación: giro del antebrazo para que la mano quede hacia abajo.
- Supinación: giro del antebrazo para que la palma quede hacia arriba.

5.2.3 Esfuerzo físico

El esfuerzo físico es el causante de las lesiones musculo–esqueléticas, las cuales se manifiestan por medio de dolor, molestias o tensiones que se pueden manifestar en distintas partes del cuerpo, tales como muñecas, codos, manos, espalda, nuca, y diferentes estructuras anatómicas como músculos, huesos, tendones, nervios y articulaciones.

Elemento	Funcion	Lesiones
Huesos	Confieren la estructura corporal y ayudan al movimiento.	Fracturas. Osteoartritis (crecimiento óseo articulaciones).
Ligamentos	Mantienen unidos los huesos. Rodean los discos intervertebrales.	Distensiones. Desgarros. Torceduras. Hernia discal.
Articulaciones	Conexiones lubricadas entre los huesos para permitir deslizarse unos sobre otros.	Artritis (inflamación). Artrosis (degeneración). Luxación (por distensión ligamentosa).
Músculos	Fibras contráctiles que originan los movimientos corporales.	Distensión. Desgarros. Fatiga muscular.
Tendones	Cordones forrados de vainas que unen los músculos a los huesos.	Tendinitis (tendones). Bursitis (vainas). Tenosinovitis (ambos).
Vasos sanguíneos	Permiten el transporte de oxígeno y azúcar a los tejidos.	Varices. Hemorroides. "Dedos blancos"
Nervios	Conectan los músculos y órganos periféricos con el cerebro.	Dolor. Entumecimiento. Atrofia muscular.

Tabla 7. Lesiones musculoesqueléticas. (Calero, et al., 2004)

6. TRABAJO DE CAMPO

Como parte de la investigación de este proyecto, se realizaron dos trabajos de campo. El primero se realizó en el departamento del Quindío, y el segundo se realizó en el departamento de Caldas. Hay que resaltar que las actividades y las condiciones de trabajo en los dos lugares visitados se realizan de la misma forma.

(Ver Anexo 1.)

6.1 Análisis del Contexto

El trabajo de campo que se realizó en el Quindío, fue en la Sub Estación Paraguicito, cuyos cultivos pertenecen actualmente a la empresa Del Alba S.A. Por otro lado, el trabajo de campo en el departamento de Caldas, se realizó en el corregimiento Alto Lisboa.

Estos cultivos se encuentran en el eje cafetero, por lo que las condiciones geográficas son las mismas. Presentan terrenos con inclinaciones de hasta un 80%, un clima templado, y una pluviosidad similar.



Imagen 4. Cultivos de macadamia. (propia)

6.2 Análisis de la Actividad

La recolección se realiza a primera hora de la mañana y es realizada una vez a la semana. Los recolectores deben desplazarse hasta el área específica que se les asigna y comenzar la actividad. Hay que resaltar que la inclinación de los terrenos puede dificultar el acceso a los cultivos, y en épocas de lluvia el terreno se vuelve resbaloso, lo cual es un factor de riesgo para los trabajos. La recolección se realiza desde el suelo, por lo que el recolector debe agacharse para recoger cada fruto. Una vez finalizada la actividad de recolección, el trabajador debe transportar lo recolectado a la vía de acceso más cercana, donde más tarde será llevado por un vehículo al lugar de acopio.



Imagen 5. Recolector de macadamia. (propio)

6.3 Análisis Objetual

Los objetos utilizados por los recolectores son básicamente dos. El primero es un canasto plástico utilizado generalmente en la reelección de café, que va amarrado a la cintura, y el cual tiene una capacidad para 10kg de macadamia. Una vez recolectado en el canasto, la macadamia se pasa a costales de polipropileno que tienen una capacidad de 40kg, los cuales son sellados y marcados por cada recolector.



Imagen 6. Canasto plástico. (Propio)



Imagen 7. Costales con macadamia. (propio)

7. MARCO CONCEPTUAL

7.1 Descripción del contexto

La mayoría de los cultivos de macadamia están en el eje cafetero, por lo que se encuentran en un área geográfica montañosa y en la cual sus terrenos son inclinaciones, las cuales van desde un 20% a un 80%. Están ubicados en una zona climática templada, la cual favorece al desarrollo de la macadamia.

7.2 Descripción del usuario

Los recolectores son personas que habitan cerca del área de los cultivos. Cuentan con un nivel de escolaridad bajo, y en ocasiones se puede presentar el caso que no saben leer. Son personas que llegan a esta actividad debido a la falta de oportunidades que existen en la región, y por la necesidad de sacar a delante sus familias.

7.3 Determinantes

Factor Natural

- El fruto debe ser recolectado desde el suelo, una vez caiga naturalmente, y no directamente del árbol, para no correr el riesgo de recoger frutos inmaduros.

Factor Geográfico

- Se debe tener en cuenta que los terrenos son inclinados con pendientes que varían entre 10% y 30%

Factor Humano

- Se debe considerar que la mejor posición para la recolección del fruto es la posición de pie, por los largos recorridos en el terreno.

- La actividad de recolección debe poder ser realizada por una sola persona.

Factor Ambiental

- El sistema debe considerar su funcionamiento afectado por factores ambientales como: lluvias, tierra, humedad, sol, hongos y bacterias, entre otros.

Factor Económico

- El sistema debe ser viable y asequible para los productores, el precio del sistema debe ser máximo de 1.500.000 de Pesos Colombianos.

7.4 Requerimientos

- El sistema debe evadir en un 80% la recolección de elementos diferentes a la macadamia, como palos, piedras, hojas, etc.
- El elemento a diseñar no debe deteriorar la calidad del suelo, es decir, lastimar las raíces, contaminarlo o compactar el suelo por pesos superiores a 100 Kg.
- El diseño debe facilitar el desplazamiento en las zonas inclinadas, proporcionando mayor estabilidad y seguridad al recolector.
- El sistema debe velar por la buena postura y disminuir los movimientos excesivos, tales como inclinaciones del tronco a más de 60°, flexiones o extensiones del cuello y piernas mal compensadas.
- El sistema debe manejar un lenguaje simple, sencillo, e intuitivo, para que el usuario pueda manipularlo fácilmente.
- El sistema debe contemplar que sus usuarios son personas con bajo nivel de escolaridad (máximo básica primaria).
- El sistema debe tener pliegues y ensamblajes que no requieran elementos adicionales para uso.
- El sistema debe ser portátil para el fácil traslado y transporte, por lo tanto los elementos que sean cargados por el usuario no deben sobrepasar de 5 Kg sin macadamias, y no más de 20 kg con macadamias; por otra parte hay elementos de arrastre, no deben sobrepasar los 5 kg sin macadamia, y 60 kg con macadamia.

- El sistema debe ser accesible para el usuario no debe sobre pasar una altura de 1.50m, y su manipulación debe realizarse en un rango de 60°-100° a la altura del antebrazo.
- El sistema debe manejar colores que resalten y que no se mimeticen en el entorno ambiental. Colores como naranja, amarillo, rojo podrán implementarse en el diseño.
- El sistema debe proporcionar un fácil mantenimiento. Es decir, no presentar juntas donde se pueda llegar a retener tierra, barro, etc. O permitir un fácil acceso para retirar material no deseado. En caso de requerir una limpieza más profunda los elementos deben estar unidos con ensambles no permanentes para poder ser retirados.
- Los elementos deben estar fabricados con materiales inocuos, ligeros, resistentes a la corrosión y al impacto, y resistencia biológica. Elementos metálicos para estructura y plásticos para el resto de los componentes. Algunos materiales que cumplen con estas características son: PVC, ABS, PP, PEAD, PEBD.
- El sistema debe considerar la implementación de mecanismos por movimiento cinético, y que no requiera el uso de combustibles fósiles o naturales para su funcionamiento. Algunos de los mecanismos que cumplen con estas condiciones son: piñones, correas de transmisión, resortes, etc.

7.5 Hipótesis de Diseño

Por medio de un sistema objetual mecánico manual, cinético o neumático, que facilite la recolección de macadamia directamente del suelo, y a su vez omitiendo elementos diferentes a esta, se mejoraran las actividades de trabajo realizadas por el recolector y la productividad en los procesos posteriores.

7.6 Promesa de Valor

El sistema optimizará la actividad de recolección, beneficiando principalmente a los recolectores disminuyendo las dolencias dorsolumbares. Así mismo, se favorecerá a los productores, ya que al

realizar una adecuada recolección, la calidad de la nuez incrementará, y se disminuirán: las cantidades de fruto perdido, las ausencias laborales y el daño a la maquinaria de los procesos posteriores.

7.7 Concepto

“Afabilidad Mecánica”

Hace referencia a las mejoras de las condiciones laborales de los recolectores evocando la relación que debe darse entre Hombre-Objeto, donde el sistema objetual reconoce la importancia del recolector dentro del proceso de producción agrícola de la macadamia. Se combina con el concepto “mecánico”, que puede aportar al proyecto un amplio campo de acción para encontrar soluciones adecuadas al contexto.

máka

8. PROPUESTA DE DISEÑO

8.1 Sistema de Recolección y Transporte

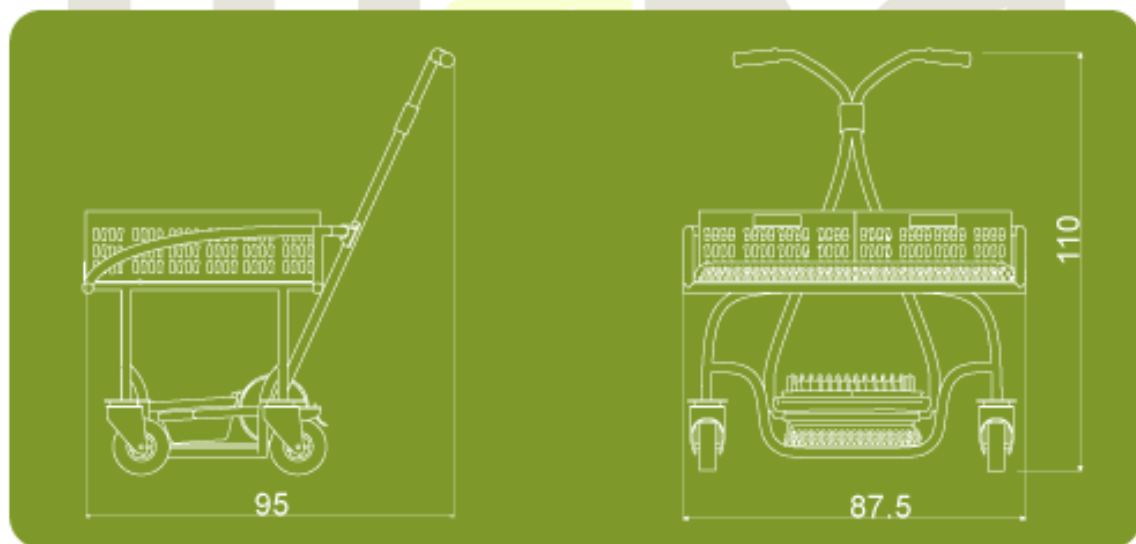
Para esta propuesta de diseño se desarrollo un sistema de recolección y transporte de macadamia bajo el concepto de "Afabilidad Mecánica". Este concepto gira en torno a la relación que debe darse entre Hombre – Objeto, donde el sistema objetual reconoce la importancia del recolector dentro del proceso de producción agrícola de la macadamia.



Imagen 8. Sistema de Recolección y Transporte



Imagen 9. Sistema y sus dimensiones



8.1.1 Recipiente de almacenamiento

El elemento de almacenamiento tiene una capacidad para 5kg de macadamia en cáscara. Este elemento está especialmente diseñado con una pestaña para desprender las macadamias atrapadas por el resorte. Por otro lado, el elemento tiene una larga vida útil, en comparación con los costales de polipropileno utilizados actualmente.

El recipiente es fabricado en polipropileno, por proceso de termo formado.

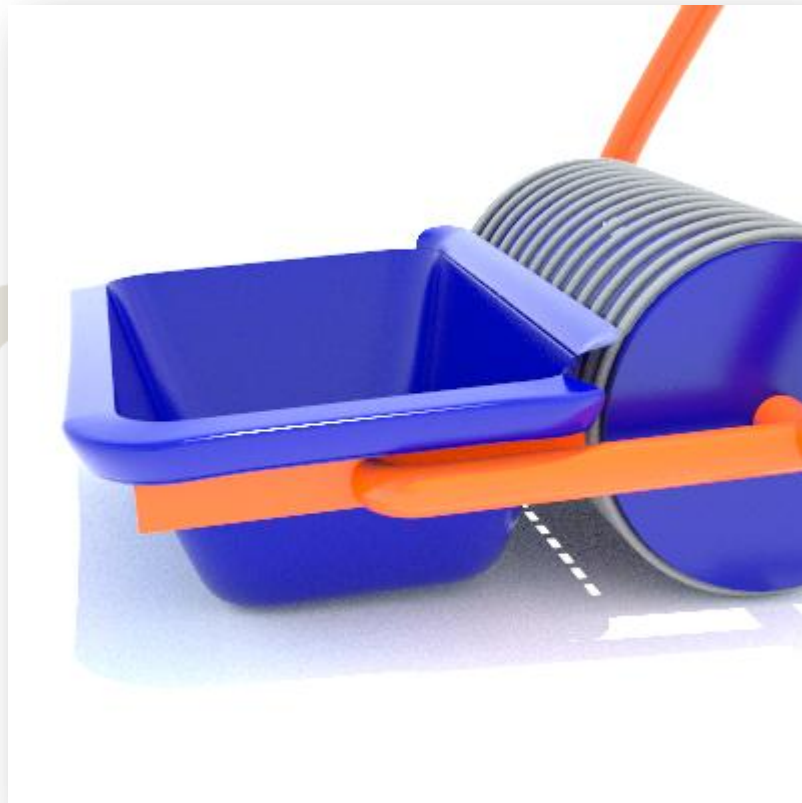


Imagen 10. Recipiente de Almacenamiento

8.1.2 Subsistema de recolección

El elemento de recolección, está diseñado para asegurar una postura adecuada del trabajador mientras realiza la actividad. El elemento garantizará una adecuada recolección de la macadamia desde el suelo, en donde por medio de la selección por forma, se omitirá la recolección de palos, hojas o pierdas que llegan a afectar los procesos posteriores.

La estructura del recolector es de tubo de acero galvanizado de una pulgada, que tiene un proceso de curvado, el rodillo recolector se compone por un resorte de acero inoxidable con diseño especial, eje y tapas de nylon mecanizado, y balineras que permiten el rodamiento.



Imagen 11. Subsistema Recolector y Detalle del Resorte.

El usuario debe empujar el elemento recolector que a su vez genera un movimiento rotatorio en el rodillo, que al pasar por encima de las macadamia estas quedan atrapadas por presión en el resorte. Una vez la macadamia llega al recipiente de almacenamiento, es desprendida por la pestaña e inmediatamente el fruto cae al recipiente.

8.1.3 Subsistema de transporte

El subsistema de transporte, tiene una capacidad de carga de 50kg, las cuales se distribuyen en dos canastas estandarizadas de 25cm de alto. Las ruedas traseras tendrán giro en un solo sentido y freno para mayor estabilidad, las ruedas delanteras tiene giro de 360 grados para facilitar los movimientos del subsistema de transporte.

La estructura es de tubo de acero galvanizado curvado y soldado, la lámina de las bandejas es perforada y de acero galvanizado. Los acoples son de acero carbono hecho por fundición.

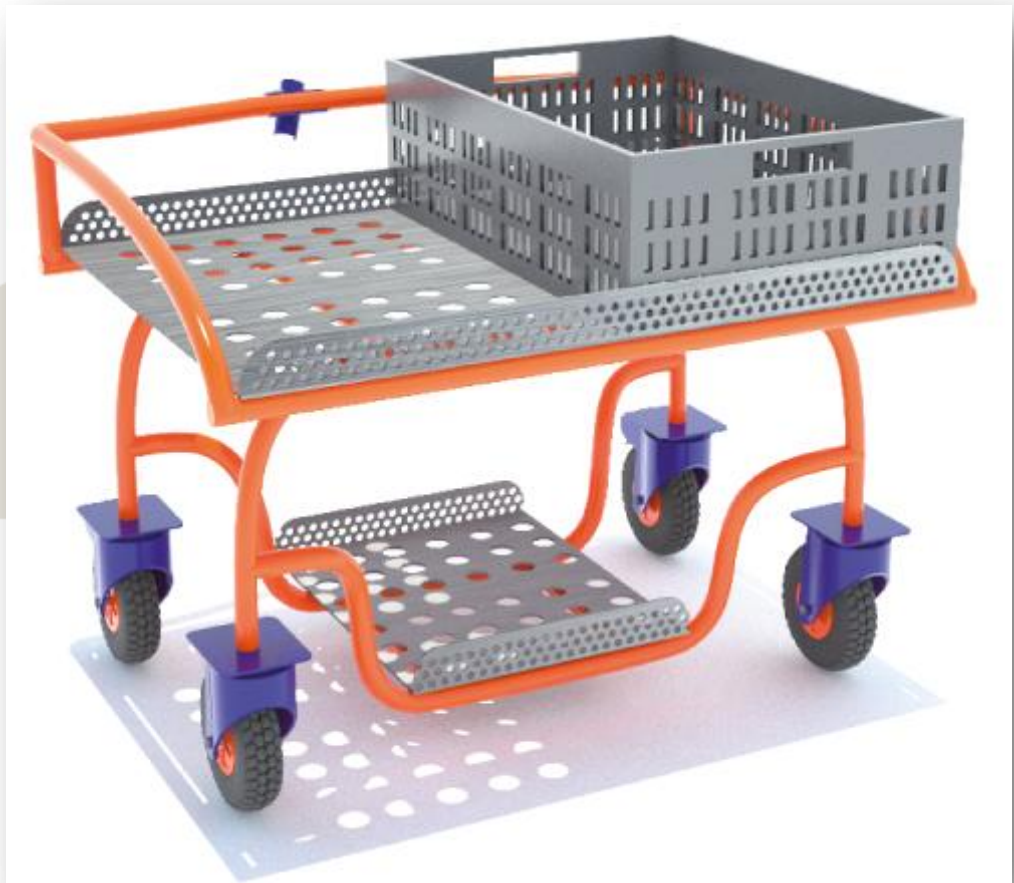


Imagen 12. Elemento de Transporte

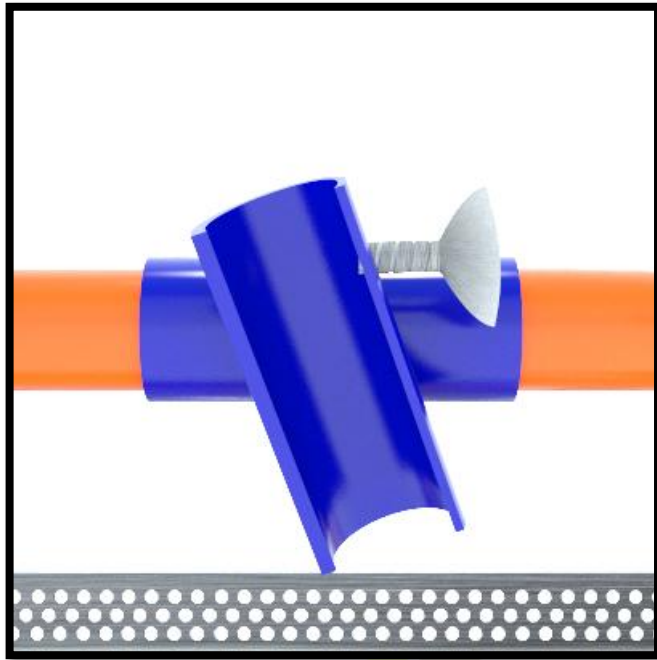


Imagen 13. Detalle elemento de acople



Imagen 14. Detalle rueda con freno



Imagen 15. Elementos en el Contexto.

8.2 Secuencia de Uso

La secuencia de uso del Sistema de Recolección y Transporte Maka es el siguiente:



1

El usuario se desplaza con el sistema de recolección y transporte al área del cultivo asignado.



2

Al llegar al cultivo, retira el sub-sistema de recolección y se dispone a recolectar la macadamia que se encuentra alrededor del árbol



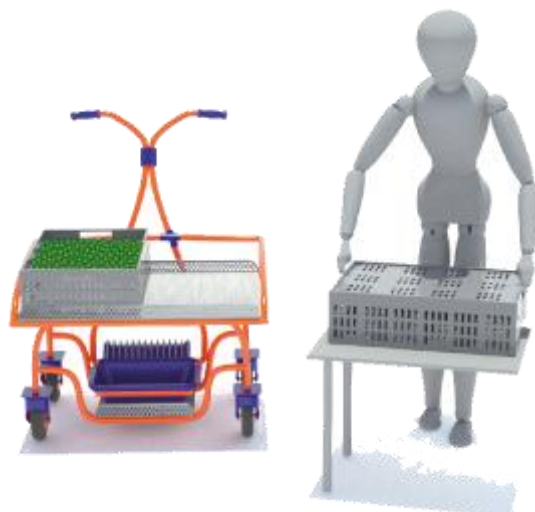
3

Cuando el recipiente se encuentre lleno, el usuario se dirige al sub-sistema de transporte y retira el recipiente con el fruto recolectado.



4

Una vez retirado el recipiente, deposita su contenido en una de las canastillas que se encuentran en el sub-sistema de transporte.



5

Cuando las canastillas estén llenas, el usuario se dirige nuevamente al punto de acopio.

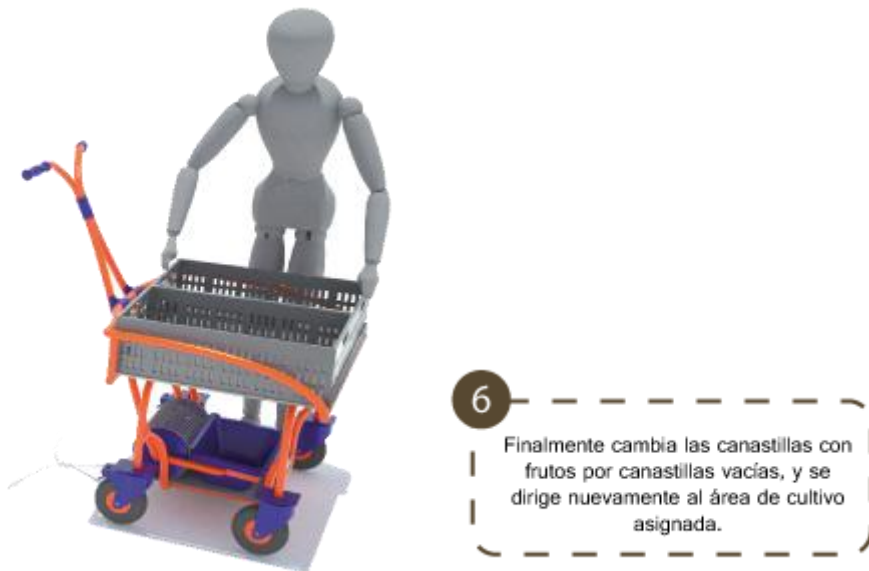


Imagen 16. Secuencia de uso

8.3 Beneficios

- El sistema permite adoptar posturas adecuadas al usuario mientras realiza su labor lo que actualmente no sucede.
- El subsistema de recolección asegura que el fruto se recoja directamente desde el suelo
- Las canastillas plásticas permiten mantener aireada la nuez en cascara, disminuyendo el riesgo del deterioro por calentamiento. Actualmente recogen en sacos de polipropileno que generan calentamiento en la nuez.
- Las canastillas plásticas son de fácil mantenimiento, evitando posibles daños a la producción por contaminación cruzada. Además tienen una vida útil más larga que las bolsas de polipropileno.
- El sistema incrementa la productividad en un 25%, pues por viaje se aumenta 10kg de carga. Hoy en día los sacos de polipropileno le permiten una carga de 40kg que deben llevar a hombro.
- Se mejora la calidad de los procesos posteriores, pues las canastillas por su forma permiten descartar rápidamente los elementos no deseados. Que pueden ocasionar daños a la maquinaria, o pérdida de tiempo en los procesos siguientes.

- Se reduce el tiempo en el cual permanece el fruto en el suelo, evitando la posible contaminación por hongos y bacterias, y se reduce la probabilidad de contaminación cruzada.

8.4 Costos

Una unidad de Maka, consta de un(1) Subsistema de Recolección, un(1) Subsistema de Transporte, dos(2) canastillas estandarizadas y un recipiente recolector.

El costo de producir una unidad de Maka es de \$668.469 pesos. Con un margen de utilidad de 15%, el precio de venta de una unidad de Maka es de \$769.000 pesos.

8.5 Embalaje

Maka se distribuye embalado en estibas de madera, el elemento se venderá completamente armado, puesto que su uso requiere que las piezas estén debidamente ajustadas y ensambladas.

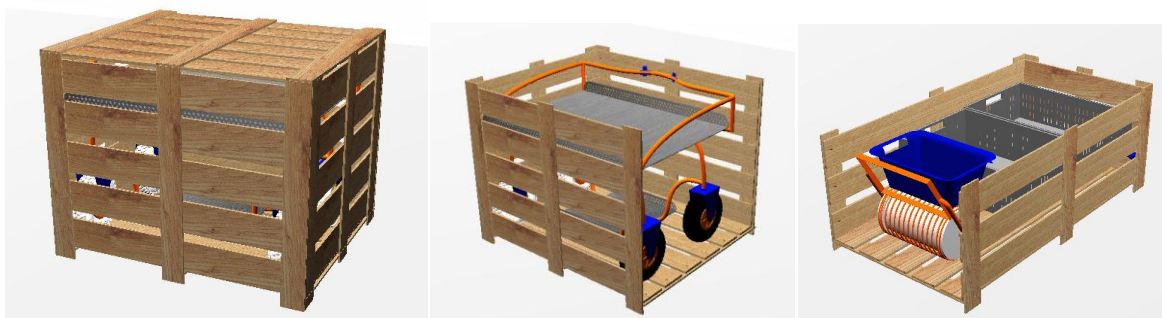


Imagen 17. Embalaje de Maka

8.6 Mercadeo

Maka se distribuye directamente a almacenes agrícolas especializados ubicados en las regiones donde hay cultivos, a los cuales se dirigen los clientes interesados en el producto.



Imagen 18. Almacenes ubicados en las regiones de los cultivos de macadamia

8.6.1 Mercado directo

El mercado directo de Maka son los productores de macadamia, los cuales dentro de su proceso de recolección, utilizan el método manual, debido a los altos costos de las maquinarias existentes, y a las dificultades del terreno en donde se encuentran los cultivos. En Colombia existen más de 1000 hectáreas de macadamia, pero esta cifra está en asenso, debido a la problemática que existe actualmente con el café y a las pérdidas que se están generando en este sector, los productores han decidió utilizar cultivos alternativos como lo es la macadamia, además por el alto precio que esta tiene en el mercado internacional.

8.6.2 Mercado potencial

Existen otros países productores de macadamia, como Venezuela, Costa Rica, México, Kenia, Guatemala, Sudáfrica, Brasil, Zimbabue, Paraguay, Perú, Filipinas, entre otros, en los cuales existe un mercado potencial, con productores de pequeña y mediana escala, que al igual que los productores colombianos, no tienen la capacidad económica de adquirir maquinaria especializada, o por que los terrenos en donde tiene sus cultivos no se los permite.

Igualmente, existe un mercado potencial, en otros tipos de cultivos de nueces similares a la macadamia, en los cuales se podría incursionar, realizando algunos cambios en las dimensiones del resorte recolector, ajustándolo a las dimensiones de otras nueces, como es el caso de la Nuez de Castillas o Nogal, las Pecanas, entre otras.

máka

CONCLUSIONES

Al realizar la salida de campo, en el corregimiento de Alto Lisboa, Caldas; se pudo observar todo el proceso de producción, que abarca desde la recolección hasta el empaqueo de la nuez procesada como producto final.

El proceso de recolección es el proceso base que determina la calidad de los procesos posteriores, es decir si este proceso no es realizado adecuadamente se afectan los tiempos de producción, la calidad de la nuez, daños en la maquinaria, anexo de procesos y extensión de los horarios laborales.

Por lo anterior, se decide intervenir solo dentro de este proceso, y no abarcar el proceso de descascarado, que es realizado por personas diferentes a las de recolección. Igualmente este proceso no presenta mayores falencias, en comparación con el proceso de recolección, ya que la maquinaria que se utiliza para el descascarado se consigue en el mercado y aplica para el caso Colombiano.

Actualmente los elementos industriales diseñados para la recolección de macadamia que existen en el mundo, no aplican para los terrenos cultivados en Colombia, ya que los cultivos no fueron planeados para utilizar maquinaria pesada, por lo tanto se dificulta la implementación de lo que existe en el mercado. Debido a esto, la recolección en Colombia se realiza de manera manual, lo que conlleva a problemas de dolor lumbar y laceraciones en las manos de quienes realizan la labor.

Aplicando el método RULA, se encuentra que es necesario realizar cambios inmediatos en el proceso de recolección, ya que las condiciones de trabajo están afectando físicamente a los trabajadores que realizan dicha actividad, puesto que esta se realiza de forma repetitiva, exigiendo a la persona adquirir posturas que exceden los límites ergonómicos establecidos.

Bibliografía

Arcas, E. (s.f.). *EBM. en buenas manos*. Recuperado el Agosto de 2012, de Nueces de macadamia: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=2110>

Calero, A. A., Esteve, L., Torada, R., Roel, J. M., Uberti, Bona, V., y otros. (2004). *La prevención de riesgos en los lugares de trabajo*. Bomarzo.

Flores, C. (2001). *Ergonomía para el diseño*. Mexico: Disegno.

Nogareda, C. (2003). *SIAFA*. Recuperado el 2012, de <http://www.siafa.com.ar/notas/nota182/mandos.htm>

© 2012 Oliver Manufacturing CO, Inc. (s.f.). *Oliver, processing for a more productive planet*. Recuperado el 25 de agosto de 2012, de Nueces: Almendras, Pistachos y Avellanas.: <http://www.olivermanufacturing.com/esp/applications-by-industries/agriculture-nuts.php>

AUPEC. (junio de 1997). *Ciencia al Día*. Recuperado el 1 de agosto de 2012, de <http://aupec.univalle.edu.co/informes/junio97/boletin40/golosina.html>

Burbano Erazo, L. C., Sedas Abadia, C., & Tafurt Mayor, C. I. (2006). *Burkenroad Report: "Establecimiento cultivo de 100 hectareas de Macadamia"*. Santiago de Cali: Caso de estudio Universidad Icesi.

De los Rios, C. (31 de Agosto de 2012). visita cultivos calarca. (E. Durán, & M. López, Entrevistadores)

Farrer Velásquez, F., Minaya Lozano, G., Nino Escalante, J., & Ruiz Ripollés, M. (1997). *Manual de Ergonomía*. Madrid: MAPFRE S.A. Capitulo 2: Carga física. Pag 225 – 270.

FUDECO. (2008). *Desarrollo de la plantacion y beneficio de la Macadamia*. Recuperado el agosto de 2012, de Unidad de produccion y extensión agricola "Las Lomas": http://www.fudeco.gob.ve/pdf/Desarrollo_de_Plantacion_y_Beneficio_de_Macadamia.pdf

Lozano, m. e., & Garzon, L. D. (2009). *Fenologia de floracion y fructificacion en macadamia integrifolia*. popayan: universidad del Cauca.

NIOSH. (febrero de 2001). *CDC, salud y seguridad en el lugar de trabajo*. Recuperado el 23 de agosto de 2012, de Soluciones Simples, Ergonomia para trabajadores agricolas: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/pdfs/2001-111sp.pdf>

Walforth Sanchez, H., & De los Rios, C. (2006). *Del Alba S.A.* Obtenido de El Cultivo de Macadamia:
http://www.delalba.com.co/assets/applets/El_Cultivo_de_la__Macadamia.pdf

Anacafé. (Agosto de 2004). *Cultivo de Macadamia: Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera.* <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2004-12/33/16/Cultivo%20de%20la%20Nuez%20de%20Macadamia.pdf>

máka

ANEXOS

Anexo 1. Entrevistas Trabajo de campo

Salida de Campo #1

Lugar: Subestación Paraguaycito (Quindío)

Entrevistado: Carlos De Los Ríos

Cuántas hectáreas hay cultivadas?

En esta Subestación experimental están los árboles de macadamia más viejos del país, en esta subestación existen 200 hectáreas cultivadas.

En qué tipo de terreno esta cultivada la macadamia?

La gran mayoría está cultivada en terrenos inclinados. Porque la mayoría de cultivos están ubicados en zonas cafeteras, que es donde se ha dado mejor. Son zonas cafeteras bajas.

Cuando hacen la recolección se pierde mucho fruto?

Depende del estado del lote. Si el lote está enmalezado se dificulta mucho la recolección, por que el fruto va a quedar perdido en la maleza. Si se pierde fruto la mayoría de las veces es por negligencia del trabajador, ya sea porque no está bien recogido, o por que la persona de campo no está exigiendo lo suficiente. Si el terreno está demasiado limpio, y no hay suficiente cobertura vegetal, el fruto va a rodar, entonces se sugiere que se hagan unas barreras vegetales para retener el fruto cuando caiga, o tener una cobertura vegetal de porte bajo que retenga el fruto.

Cada cuanto se hace la recolección?

La idea es pasar cada 15 días, para recoger los frutos.

Hay mucho fruto que se pierde por ataque biológico?

Sí, hay mucho fruto que se pierde así. Como acá se maneja esto de forma muy ecológica, aquí no se aplican insecticidas entonces lógicamente se

presenta pérdida a causa de los insectos, el fruto que queda perforado, ese fruto cuando está maduro no cae.

Hay fruto que se pierde por roedores?

Sí, hay plaga de roedores como ardillas, ratones, guatines.

Como se hace la recolección?

Se realiza de manera manual, agachados en el piso, se colocan un tarro plástico amarrado a la cintura se agacha y va colocando los frutos adentro. Hay en el mundo maquinas recolectoras para zonas planas, acá en Colombia no hay la primera máquina, porque no hay áreas lo suficientemente grandes como para hacer una inversión como esas, y además el tipo de terreno no lo permite.

Cuáles son las fechas de cosecha de macadamia?

En Colombia hay cosecha de macadamia todo el año. Obviamente hay temporadas en donde se presentan picos de producción, uno cada semestre, entre Febrero -Marzo y Agosto- Septiembre. En cada pico, se produce aproximadamente el 14% de la producción anual, y en los meses más bajitos por ahí el 3%.

Cuál es el peso que una persona debe cargar?

En cosecha una persona puede recoger por lo menos 200, 250 hasta 300 kilos en el día.

Como transportan lo recolectado, como se hace esa labor?

Ellos van llenando costales de polipropileno y los llenan hasta que tengan aproximadamente 40 kilos, y los van dejando en la vía mas cercana, los llevan cargados hasta el camino más cercano donde pasa un carro o un tractor y se los llevan hasta el centro de acopio.

En época de lluvias se dificulta más la recolección?

Se debe apresurar a realizar la recolección, pues debido a la humedad, se puede producir más pérdida por hongos y bacterias.

Del total del fruto recolectado, cuanta pérdida de fruto se presenta?

Se presentan pérdidas entre un 5% y 8%, ojalá ese margen se pudiera reducir a un 3% o menos.

Cuántas personas hacen la recolección?

Más o menos se maneja un cultivo de macadamia con 3 personas por cada 10 hectáreas. Incluyendo fertilización, recolección, y todas las labores que se requieren.

Cuántos años dura un árbol de macadamia?

Hay árboles de más de 100 años.

En cosecha cuanto puede llegar a producir un árbol?

Depende de la distancia de siembra. Hay árboles que llegan a dar más de 200 kilos de macadamia. La idea es poder llegar a producir entre 5 y 6 toneladas al año por hectárea.

Semanalmente cuando se puede recolectar de cada árbol?

En época de cosecha, se puede recoger por ahí 6 o 7 kilos por árbol.

En una hectárea cuántos árboles hay?

Dependiendo de la distancia. Si está a 9 x 9 sembrado en cuadro hay 126 árboles, si está sembrado triangulado 142 árboles.

“lo ideal es no tener en la finca macadamia de más de un mes, ya que empieza a deteriorarse, a ponerse amarilla, lo que disminuye la calidad, a veces a ranciarse. Se despachan en costales de polipropileno de 40 kg aprox.”

TRABAJO DE CAMPO # 2

Lugar: Alto Lisboa, Caldas

PRODUCTOR

¿Al recolector le pagan por peso , es decir por la cantidad recogida?

Se le paga por kilo recolectado, y cuando la cosecha se encuentra baja se paga por jornal.

¿ a qué hora se empieza la recolección?

6 de la mañana hasta las 4; hora donde el carro empieza el recorrido para llegar al beneficiadero tipo 4:30 o 5pm. Luego se empieza el proceso de descascarado hasta las 11 de la noche.

¿Las personas que hacen la recolección son las mismas que hacen el proceso de descascarar?

Son dos personas diferentes.

¿un recolector puede identificar visualmente cuando una macadamia está afectada?

Todo lo recolectan, es muy difícil que observen cual esta buena cual esta mala, les quita tiempo. Además les pagan por kilo que recolectan.

¿la máquina de descascarado afecta la calidad de la nuez?

No, no la afecta a menos de que le produzca una raja a la concha, eso haría que le entrara humedad. Pero por lo general eso no ocurre. Es cuestión de ajustar la velocidad de la maquinaria. Los daños mecánicos son muy bajos, se permite que raye la concha mas no que la taje.

¿Cuándo se presentan lluvias se detiene la jornada de recolección?

Es ahí cuando debe aumentarse la jornada de recolección, ya que esa humedad me afecta la calidad de la nuez, contrario a cuando hay verano

¿A los recolectores se les facilita algún tipo de indumentaria para los terrenos inclinados?

Nada

¿Tienen algún tipo de ARP?

Ninguna.

¿Son empleados fijos?

No, ellos llegan cuando hay bastante cosecha. Luego se van, y cuando saben que vuelve la cosecha llaman a Albeiro.

¿se les ha presentado algún tipo de accidente?

No, en lo que he indagado no. Pero si se presentan muchos problemas lumbares; debidos a cargas, posición y posturas. Es gente muy mayor, llegan ya cansados.

¿Hacen inducción a los nuevos recolectores?

Como el contrato que se hace con los recolectores es por kilo recogido, se hace rotación dentro de los cultivos dejando a dichos recolectores por 3 quincenas. Pero por lo general son personas que han trabajado en otras fincas haciendo la misma labor, así que ya saben cómo es el trabajo, llevan muchos años haciendo lo mismo. Lo único que hace el mayordomo es preguntarle si ha realizado la labor anteriormente, y si le dice que si solo lo mandan a realizar la tarea.

¿Son cultivos privados?

Si

¿Quiénes son sus clientes?

Manitoba, y otros. Pero no logramos cumplirle a todos, la demanda es muy grande.

¿Los empleados han presentado faltas al trabajo por algún tipo de incapacidad?

Como las hojas de la macadamia son espinosas, a los recolectores se les hacen unos uñeros, los dedos se van inflamando hasta que se revientan. Y pierden el jornal.

RECOLECTOR

¿Cuánto tiempo lleva recolectando macadamia?

4 meses

¿Cuándo ingresó le dieron alguna inducción?

No, nos dijeron simplemente recoja.

¿A parte de recolectar macadamia tiene otro trabajo o realiza alguna otra labor?

Si, a parte de recolectar macadamia, también cargo plátano, fumigo.

¿Qué molestia física le trae el trabajo de recolección?

Dolor en los riñones, dolor de cintura. Al cargar el galón en la cintura y agacharse genera molestias.

¿Ha faltado a su trabajo por alguna molestia, o ha llegado a consultar al médico?

No, ninguna de las dos, me aguanto el dolor.

¿Afecta estas molestias a otras actividades?

No, generalmente solo molesta cuando se realiza el trabajo de recolección.

¿Cuánto peso carga usted cuando realiza la labor?

Entre 50 y 60 kilos. Que transporta al hombro hasta el lugar de acopio.

¿Ha trabajado usted en terreno plano y en terreno inclinado?

Solo en terreno inclinado. Me agacho y camino. Dependiendo de la posición del galón cuando uno se agacha se salen los frutos.

¿Cuándo usted recolecta le trae afecciones a sus manos?

Con las púas de la hoja de la macadamia.

¿Usan algún tipo de indumentaria especial, o con qué elementos se va a realizar la recolección?

Botas, recipiente plástico, y las bolsas de polipropileno.

¿Carga algo adicional?

Agua para beber.

¿Cuántas horas se demora en realizar la labor de recolección?

Todo el día. Semana entera, toda la quincena. Constantemente se realiza la labor de recolección, ya que los terrenos son grandes y se hace por lotes o surcos.

¿Diariamente cuantos kilos puede recolectar?

Dependiendo de la temporada y los lotes. Un promedio de 350-400 kg. Y cuando hay bastante entre 500 y 550 kg.

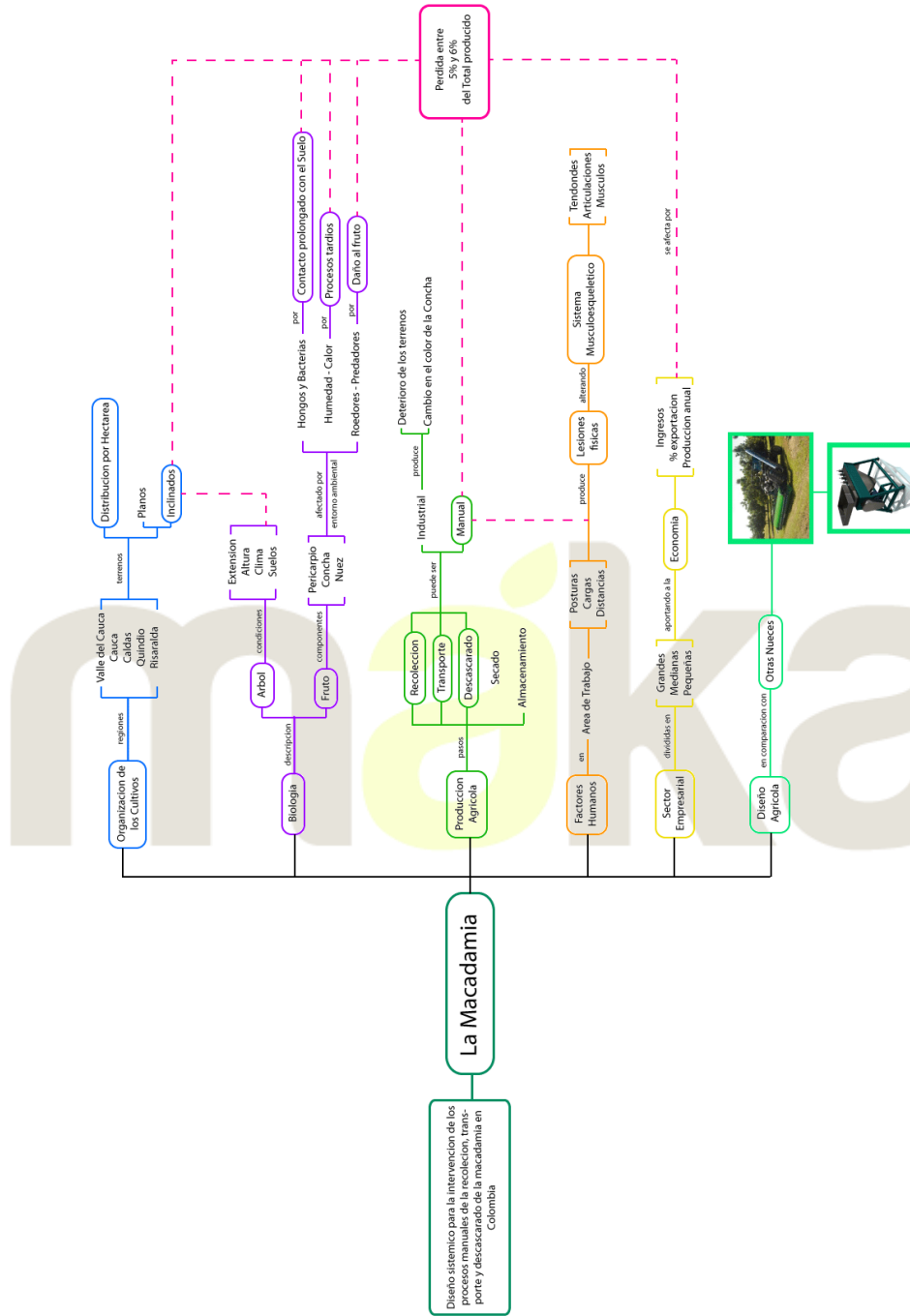
¿Recolecta usted todos los frutos?

Cuando se alcanza a distinguir que hay frutos perforados por animales, los omito. Y a las que se les note la deterioración.

¿Cuánto es su peso?

70 kg

Anexo 2. Mapa Conceptual



Monica Lopez - Erika Duran

Anexo 3. Medidas Antropométricas

DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES													
		A		B		C		D		E		F	
		pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95	HOMBRES	38.3	97,3	46.1	117,1	51.6	131,1	35.0	88,9	39.0	86,4	88.5	224,8
	MUJERES	36.3	92,2	49.0	124,5	49.1	124,7	31.7	80,5	38,0	96,5	84.0	213,4
5	HOMBRES	32.4	82,3	39.4	100,1	59.0	149,9	29.7	75,4	29.0	73,7	76.8	195,1
	MUJERES	29.9	75,9	34.0	86,4	55.2	140,2	28.6	67,6	27,0	68,6	72.9	185,2

Ilustración 2. Dimensiones funcionales del cuerpo humano . (Nogareda, 2003)

DIMENSIONES ESTRUCTURALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES															
	A		B		C		D		E		F		G		
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	42,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27,0	68,6	28.1	71,4

The diagram illustrates seven body dimensions (A through G) with corresponding labels in Spanish:

- A:** ALTURA INGLE (Standing height)
- B:** ALTURA CODO (Height to elbow)
- C:** ALTURA OJO (Height to eye)
- D:** ANCHURA HOMBROS (Shoulder width)
- E:** ALTURA MITAD HOMBRO, SENTADO (Half shoulder height seated)
- F:** LARGURA NALGA-PUNTA PIE (Leg length)
- G:** ALTURA OJO, SENTADO (Eye height seated)

Ilustración 3. Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo humano. (Nogareda, 2003)