



**ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS CUALITATIVOS
QUE AFECTAN LA CADENA DE
ABASTECIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA
PALMA DE ACEITE**

**JUAN DAVID ESTUPIÑAN GARAVITO
JUAN CAMILO GUAYANA SANCHEZ**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**BOGOTÁ D.C
6 de Mayo de 2009**



**ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS CUALITATIVOS QUE
AFECTAN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO
AGROINDUSTRIAL DE LA PALMA DE ACEITE**

JUAN DAVID ESTUPIÑÁN GARAVITO

C.C. 80853750 Btá.

JUAN CAMILO GUAYANA SANCHEZ

C.C. 80817232 Btá.

**TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Director del trabajo de grado
MARTHA PATRICIA CARO
Ingeniera Industrial**

**Facultad de Ingeniería
Bogotá D.C., 6 de Mayo de 2009**

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas, que nos brindaron sus mejores conocimientos, sentimientos de constancia y apoyo para poder culminar nuestro Trabajo de Grado y así poder optar al tan anhelado título como Ingenieros Industriales.

De igual forma queremos reconocer el valor que aportaron en este Trabajo de Grado a:

- Martha Patricia Caro, Directora del Trabajo de Grado, por asesorarnos en la etapa final del desarrollo del mismo, y sobre todo por asumir esta responsabilidad en una etapa bastante crítica.
- A los directivos y demás trabajadores de Hacienda La Cabaña, por permitirnos realizar el levantamiento de la información.
- A nuestros padres y familiares, por su apoyo incondicional en estos largos meses de arduo trabajo.
- A Smurfit Kappa Cartón de Colombia y everis, empresas en donde actualmente trabajamos, ya que nos brindaron su apoyo y el tiempo necesario para poder realizar este trabajo.

CONTENIDO

ÍNDICES	6
1. INTRODUCCIÓN	10
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA EN ESTUDIO	11
2.1. Antecedentes sobre la cadena de abastecimiento.	11
2.2. Antecedentes sobre metodologías referentes al problema.....	13
2.3. Descripción del problema.....	14
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
3.1. Objetivo General	15
3.2. Objetivos Específicos.....	15
4. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR.....	16
4.1. La planta.....	16
4.2. Historia.....	20
4.3. La agroindustria de la palma en Colombia.....	21
5. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA PALMA DE ACEITE	25
5.1. Metodología	25
5.2. Marco teórico	25
5.2.1. Identificación de las variables cualitativas y cuantitativas.....	25
5.2.1.1. Variables Cuantitativas que afectan las Cadenas de Abastecimiento.....	26
5.2.1.2. Variables Cualitativas que afectan las Cadenas de Abastecimiento.....	27
5.2.2. Decisiones de las cadenas de abastecimiento.....	30
5.2.2.1. Decisiones de las cadenas de abastecimiento.....	31
5.2.2.2. Planeación Estratégica y Táctica de la cadena de abastecimiento.....	33
5.2.2.3. Aspectos contemplados en la modelación de la cadena de abastecimiento.	35
5.2.3. Cadena de abastecimiento agrícola	42
5.2.3.1. Decisiones de las cadenas de abastecimiento agrícolas para productos no perecederos	43
5.2.3.2. Decisiones de las cadenas de abastecimiento agrícolas para productos perecederos	49

5.2.4. Identificación Eslabones de la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite.	53
5.2.4.1. Caracterización general de las cadenas agroindustriales en Colombia.	53
5.2.4.2. Descripción de los procesos de la cadena abastecimiento de la palma de aceite.	55
5.2.4.3. Variables cualitativas que afectan la cadena de abastecimiento de la palma de aceite	67
5.3. TIPIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS	68
5.3.1. Aspectos relacionados a la cadena agroindustrial de la palma de aceite.	68
5.3.2. Tipificación según el tipo de decisión.	69
5.3.3. Tipificación de los aspectos según la etapa del proceso.	71
6. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS	73
6.1. Metodología	73
6.2. Organización de los aspectos asociados a las variables cualitativas	73
7. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN	75
7.1. Metodología	75
7.2. Modelos y técnicas de análisis de los aspectos cualitativos	75
7.2.1. Proceso analítico Jerárquico (AHP)	76
7.2.2. Adaptación del modelo.	82
7.2.2.1. Identificación de problemas de decisión críticos en la cadena de abastecimiento de la palma de aceite	83
7.2.2.2. Estructuración del esquema de jerarquía	85
7.2.2.3. Levantamiento de información para la valoración y emisión de juicios	86
7.2.2.4. Priorización de los aspectos	88
7.2.2.5. Validación de consistencia	90
8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	91
9. CONCLUSIONES	100
10. RECOMENDACIONES	103
ANEXOS	111

ÍNDICES

Índice de Anexos

Anexo 1. Cadena agroindustrial del tabaco.....	111
Anexo 2. Cadena agroindustrial del café.....	112
Anexo 3. Cadena agroindustrial del azúcar.....	113
Anexo 4. Prueba piloto persona 1	114
Anexo 5. Prueba piloto persona 2	115
Anexo 6. Prueba piloto persona 3	116
Anexo 7. Prueba piloto persona 4	117
Anexo 8. Prueba piloto persona 5	118
Anexo 9. Prueba piloto persona 6	119
Anexo 10. Prueba piloto persona 7	120
Anexo 11. Prueba piloto persona 8	121
Anexo 12. Prueba piloto persona 9	122
Anexo 13. Prueba piloto persona 10	123
Anexo 14. Problema 1	124
Anexo 15. Problema 2.....	125
Anexo 16. Problema 3.....	126
Anexo 17. Problema 4.....	127
Anexo 18. Problema 5.....	128
Anexo 19. Problema 6.....	129
Anexo 20. Variables cualitativas problemas 1 y 2	130
Anexo 21. Variables cualitativas problemas 3 y 4	130
Anexo 22. Variables cualitativas problema 5.....	131
Anexo 23. Variables cualitativas problema 6.....	131
Anexo 24. Glosario de términos usados en el modelo de estimación	132
Anexo 25. Porcentaje de Aspectos por Variable cualitativa	132
Anexo 26. Aspectos diferenciadores	133
Anexo 27. Contactos	133
Anexo 28. Formato de encuesta prueba piloto.....	133
Anexo 29. Formato levantamiento de información en campo	134
Anexo 30. Escenarios de esquemas.....	140

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Pesos de los aspectos problema 1.....	94
Gráfico 2. Variables cualitativas problema 1	94
Gráfico 3. Pesos de los aspectos problema 2.....	95
Gráfico 4. Variables cualitativas problema 2	95
Gráfico 5. Pesos de los aspectos problema 3.....	96
Gráfico 6. Variables cualitativas problema 3	96
Gráfico 7. Pesos de los aspectos problema 4.....	97
Gráfico 8. Variables cualitativas problema 4	97
Gráfico 9. Pesos de los aspectos problema 5.....	98
Gráfico 10. Variables cualitativas problema 5	98
Gráfico 11. Pesos de los aspectos problema 6.....	99
Gráfico 12. Variables cualitativas problema 6	99

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Palma de Aceite.....	16
Ilustración 2. Fruto de palma de aceite.	16
Ilustración 3. Estructura del fruto de palma de aceite.	17
Ilustración 4. Composición del fruto de la palma de aceite	18
Ilustración 5 Mercado del aceite de palma.....	19
Ilustración 6. Cultivo de palma de aceite	24
Ilustración 7. Alcance de la cadena de abastecimiento	34
Ilustración 8. Elementos que conforman la estrategia logística	39
Ilustración 9. Elementos que conforma la estrategia de manufactura	39
Ilustración 10. Estructura Cadenas Agroindustriales	54
Ilustración 11. Estructura Cadena Agroindustrial de la palma de aceite.....	55
Ilustración 12. Previvero	57
Ilustración 13. Plántula de palma de aceite	57
Ilustración 14. Cosecha de racimos	60
Ilustración 15. Recolección de racimos con tractor	60
Ilustración 16. Recolección de los racimos con búfalos	60
Ilustración 17. Selección de los frutos	60
Ilustración 18. Diagrama de proceso del eslabón agrícola	61
Ilustración 19. Planta de extracción de aceite de palma.....	61
Ilustración 20. Variedad de aceites de palma producto de la extracción y refinación	64
Ilustración 21. Diagrama de proceso del aceite de palma y sus derivados.....	66
Ilustración 22. Esquema del marco conceptual	73
Ilustración 23. Estructura jerárquica AHP	76
Ilustración 24. Estructura jerárquica del ejemplo.....	77
Ilustración 25. Esquema proceso de estimación.....	83
Ilustración 26. Escala para el levantamiento de información.....	87
Ilustración 27. Esquema jerárquico ejemplo	89
Ilustración 28. Esquema jerárquico ejemplo	89
Ilustración 29. Esquema jerárquico problema 1	94
Ilustración 30. Esquema jerárquico problema 2.....	95
Ilustración 31. Esquema jerárquico problema 3	96
Ilustración 32. Esquema jerárquico problema 4	97
Ilustración 33. Esquema jerárquico problema 5	98
Ilustración 34. Esquema jerárquico problema 6.....	99

Índice de Tablas

Tabla 1. Variable cuantitativa Costo	26
Tabla 2. Variable cuantitativa Utilización.....	27
Tabla 3. Variable cualitativa Calidad	28
Tabla 4. Variable cualitativa Innovación	28
Tabla 5. Variable cualitativa Flexibilidad	29
Tabla 6. Variable cualitativa Confianza.....	30
Tabla 7. Variable cualitativa Visibilidad.....	30
Tabla 8. Revisión bibliográfica de aspectos tenidos en cuenta en cadenas de abastecimiento	41
Tabla 9. Revisión bibliográfica de aspectos tenidos en cuenta en cadenas de abastecimiento agrícolas de productos no perecederos	48
Tabla 10. Revisión bibliográfica de aspectos tenidos en cuenta en cadenas de abastecimiento agrícolas de productos perecederos	53
Tabla 11. Adaptación definición de las variables cualitativas a la palma	67
Tabla 12. Aspectos de la cadena de abastecimiento de la palma de aceite	68
Tabla 13. Clasificación de los aspectos según tipo de decisión	70
Tabla 14. Clasificación de los aspectos según etapa del proceso.....	72
Tabla 15. Clasificación de los aspectos relevantes a la cadena de la palma	74
Tabla 16. Escala de prioridades de Saaty en AHP	78
Tabla 17. Matriz de juicios del ejemplo	79
Tabla 18. Vector de prioridades del ejemplo	80
Tabla 19. Diagrama de la inconsistencia de los juicios.....	81
Tabla 20. Equivalencia de Bryson y Mobolurin.....	82
Tabla 21. Problemas críticos de la fase agrícola	85
Tabla 22. Resultados de la prueba piloto	87
Tabla 23. Normalización del vector de prioridades	90
Tabla 24. Estimación de las variables cualitativas	90
Tabla 25. Cantidad de aspectos asociados a los tipos de decisión	100
Tabla 26. Cantidad de aspectos asociados al proceso	100

1. INTRODUCCIÓN

La producción de aceite de palma en el país tuvo un crecimiento cercano al 2,3% en el período 2006 – 2007 estableciéndose en las 732.400 ton/año. En este mismo periodo las exportaciones se incrementaron en 43,5% situándose en 340.900 ton/año (Fedepalma, 2008), cifras que colocan a Colombia como el cuarto (4°) productor de aceite de palma en el mundo, pero que solo representan el 2% de la producción mundial, y el 1% del total de las exportaciones, lo cual indica que existe una gran diferencia con los productores más grandes - Malasia e Indonesia -, los cuales poseen el 46% y el 38,7% de la producción mundial respectivamente; en términos de exportaciones poseen el 50,3% y el 38% respectivamente.

En este orden de ideas, la cadena agroindustrial de la palma de aceite en Colombia debe buscar mejorar su competitividad en términos de costos, rendimiento y calidad. Distintos trabajos desarrollados desde la academia y la industria sobre la cadena de abastecimiento han conseguido de forma exitosa una reducción promedio entre el 5% y 20% de los costos (Shapiro, 2001; Paulraj, 2002), los cuales se han caracterizado por la utilización de modelos de optimización con un enfoque totalmente cuantitativo, dejando a un lado las percepciones y juicios de los tomadores de decisiones, es decir, los aspectos cualitativos que tienen impacto en éstas.

Por lo tanto en este trabajo de grado se pretende desde una amplia revisión bibliográfica, identificar los aspectos relevantes tomados en cuenta en la optimización de cadenas de abastecimiento en general, y en cadenas de abastecimiento agrícola, que puedan ser relacionados a las variables cualitativas que afectan las cadenas de abastecimiento, y mediante la utilización del Proceso Jerárquico Analítico - el cual es un modelo ampliamente utilizado para soportar el proceso de toma de decisiones, multi-variado, para aspectos cualitativos y cuantitativos -, poder analizar cómo afectan éstas variables en problemas críticos, identificados a partir de la bibliografía revisada en cuanto a la palma de aceite.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA EN ESTUDIO

2.1. Antecedentes sobre la cadena de abastecimiento.

El impacto de la globalización ha requerido de grandes esfuerzos de los agentes económicos en términos de integración y colaboración, y ha necesitado del desarrollo de nuevos conceptos dentro de los cuales se incluye el de cadena de abastecimiento. Este concepto se presenta como uno de los pilares del paradigma actual de competitividad (Johnson, et. al, 1999), al verse reducidas las posibilidades de mejoramiento de los sistemas productivos asociados a un agente. Su carácter innovador se ha manifestado en una masiva proliferación de desarrollos tecnológicos y científicos generados desde la industria y la academia, que han sido exitosos y que han generado un reducción promedio entre el 5% y 20% de los costos (Shapiro, 2001; Paulraj, 2002).

Definiendo la cadena de abastecimiento, como aquella red y estructura, física, virtual y relacional, donde se desarrollan todas las prácticas comerciales, entre los agentes proveedores, productores, distribuidores y consumidores (Johnson, et. al, 1999), se debe buscar crear valor en cada uno de los procesos que se llevan a cabo a lo largo de la cadena, mediante la integración de todos los eslabones interrelacionados, de tal forma que se genere esa reducción significativa de costos a partir de la correcta administración y gestión de la cadena de abastecimiento.

La cadena de abastecimiento agroindustrial se fundamenta en un conjunto de componentes interactivos que agregan valor y que se fortalecen por la asociatividad, que es un mecanismo de cooperación entre empresas, principalmente pequeñas y medianas, que desarrollan esfuerzos conjuntos con otros participantes, con el fin de lograr una competitividad internacional a largo plazo en el campo agroindustrial. Las cadenas agroindustriales, involucran flujos continuos y discontinuos de productos, procesos y agregación de valores, y son unidades de análisis para la toma de decisiones a nivel político y para el desarrollo tecnológico (Macías et al., 2007).

Dentro del amplio y vasto conjunto de cadenas de abastecimiento agroindustriales constituidas a nivel mundial, se destaca la cadena de oleaginosas, en especial la cadena de la palma de aceite, ya que esta comprende una amplia variedad de productos, tanto agrícolas como industriales, que pueden ser sustitutos o complementarios en el consumo final o en la producción de otros bienes. Durante los últimos años a nivel mundial el aumento de los rendimientos en términos de aceite y de la superficie destinada a su cultivo ha traído consigo un gran aumento de la producción de aceite de palma en el mundo. El aceite de palma se ha consolidado como el segundo en el mundo en términos de producción, después del aceite de soya, y el primer aceite vegetal en términos de volúmenes de

comercio de productos oleicos. Colombia ocupa el puesto 5 tanto en la producción mundial de palma aceitera como en la superficie destinada a este cultivo (Agrocadenas, 2005).

Debido a la importancia económica que poseen las cadenas de abastecimiento, el desarrollo de estudios en la toma de decisiones desde la planeación estratégica, táctica y operativa ha sido amplio, como lo demuestra el número de estudios encontrados: (Aikens, 1985; Cohen et al., 1989; Bhatnagar et al., 1993; Geóffrion y Powers, 1995; Thomas y Griffin, 1996; Vidal y Goetschalckx, 1997 y Goetschalckx et al., 2002). Todos estos estudios realizados se basan a partir de métodos de optimización donde se tienen en cuenta únicamente los aspectos cuantitativos y se dejan relegados aquellos aspectos cualitativos, debido a las limitaciones de técnicas de optimización de estos (García et al., 2007). Por tal razón uno de los propósitos de este trabajo de grado es identificar y proponer procedimientos de estimación de los aspectos cualitativos inherentes a la cadena de palma de Colombia.

Con la excepción del trabajo de García et al. (2007b), no existen otras referencias científicas específicas sobre la optimización de cadenas de abastecimiento de la palma de aceite que traten los aspectos cualitativos. Al respecto los estudios de la cadena de abastecimiento de la palma de aceite son de corte institucional y se enfocan en términos de generalidades agro económicas, donde la información, los análisis, y resultados, no son específicos en el contexto de optimización y donde en el mejor de los casos tratan básicamente los aspectos cuantitativos de la cadena. A continuación se mencionan documentos encontrados en la revisión bibliográfica acerca de las generalidades de la cadena de la palma de aceite;

- “Cadena oleaginosas, aceites y grasas” 2004. En este documento se presenta un mapa general de la cadena del aceite de palma, a nivel global y en Colombia.
- “La Industria de Aceites y Grasas en Colombia” elaborada por el Observatorio de Competitividad Agrocadenas 2005. El objetivo de este documento es el de caracterizar la industria de aceites y medir de algún modo los avances que han tenido los subsectores que la componen en materia de competitividad.
- “La cadena de oleaginosas, grasas y aceites en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005” Este documento presenta en forma de tablas y gráficas la síntesis de la caracterización de la cadena, elaborada por el Observatorio de Competitividad Agrocadenas

- “Brochure La agroindustria de la palma de aceite en Colombia” Fedepalma 2006. Contiene información general histórica de la palma, eslabones de la cadena, productores, extracción, etc.
- “Clúster del aceite de palma en Colombia” Fedepalma, estudio realizado por esta organización donde se hace una explicación detallada desde un contexto logístico, de toda la cadena de abastecimiento del aceite de palma.

Como se observa en los estudios anteriores, se cuenta con información detallada acerca de una amplia gama de temas sobre la cadena de la palma de aceite, donde el desarrollo y los resultados, se enfocan básicamente en un ámbito cuantitativo, y no tratan metodologías o técnicas para identificar, estructurar y estimar aspectos entre los que se incluyan los cualitativos. Podemos decir que los temas tratados se refieren principalmente a información relacionada con aspectos cualitativos en un plano en el que solo son nombrados. Es así donde ratificamos la importancia y necesidad de realizar el estudio que se plantea en este trabajo.

2.2. Antecedentes sobre metodologías referentes al problema.

El trabajo de García et al (2004) denominado “Metodología marco de referencia para localización de instalaciones” presenta un desarrollo teórico y práctico de un proceso metodológico que permite, de una manera secuencial, la búsqueda de los lugares posibles a ser seleccionados como localizaciones posibles de instalaciones logísticas. Por su parte el proceso de toma de decisiones sobre la localización de instalaciones se desarrolló a través de Integral Analysis Method García et al., (2007). Este desarrollo es de tipo estratégico, ya que compromete los recursos de la empresa durante largo tiempo.

La metodología desarrollada por García et al., (2004) está compuesta por las fases de visualización del proyecto y determinación de la red de posibilidades. Como resultado de la aplicación de la metodología la cual se llevó a cabo a un caso de barras de café de paso de una empresa colombiana se pudo determinar las zonas, los sectores, las aceras y locales opcionados para la ubicación de dichas barras de café.

Por otro lado, se encuentra el trabajo desarrollado por Bhatnagara y Sohal, (2005). En el cual se examina cómo se ve impactado el desempeño de la cadena de abastecimiento por varios factores cualitativos, los cuales se manifiestan desde un comienzo con la decisión de la ubicación de la planta. Los autores hacen referencia al problema sobre escasez de literatura científica sobre el impacto de este tipo de factores en la cadena de abastecimiento, ya que en los estudios de la cadena

de abastecimiento han tenido la tendencia a enfatizar aspectos cuantitativos como costos de transporte, tasas de cambios e impuestos, pero muy pocas investigaciones han tratado de unir las variables cualitativas con las medidas de competitividad de la compañía.

Por lo tanto en esta investigación se propone un marco compuesto por aspectos cualitativos concernientes a la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas que se llevan a cabo en la cadena de abastecimiento, con el cual se pueda identificar, clasificar, estimar y validar los aspectos cualitativos, los cuales sufren dificultades para tratarlos técnicamente.

2.3. Descripción del problema

El desarrollo de estudios de optimización en cadenas de abastecimiento ha sido amplio y se ha dividido según el horizonte de planeación en decisiones estratégicas, tácticas y operativas, asociadas a periodos de largo, mediano y corto plazo, respectivamente, donde se consideran únicamente aspectos cuantitativos cardinales, debido a las limitaciones de las técnicas de optimización para tratar aspectos cualitativos. Esto ha limitado la posibilidad de mejorar el desempeño de la cadena de abastecimiento por el impacto que tienen las variables cualitativas, las cuales en ambientes de decisión estratégico y táctico son de reconocida importancia (Shapiro 2001).

El resultado de la revisión bibliográfica manifiesta una deficiencia tácita en la literatura referente a la integración de los aspectos cuantitativos y cualitativos relevantes en las cadenas de abastecimiento, lo que puede conllevar a una cuestionable aproximación del problema, y de las decisiones que sobre las cadenas de abastecimiento son llevadas a cabo (García et al., 2007). Al respecto, las propuestas tradicionales, aunque no muy generalizadas, incluyen la optimización multipropósito la cual contempla aspectos cuantitativos dentro de la función objetivo, mezclando diferentes unidades de medida, lo cual es epistemológicamente incorrecto. En consecuencia es necesario tener en cuenta las variables cualitativas en los procesos de decisión sobre las cadenas de abastecimiento. Así mismo el estudio busca la integración de los dos tipos de variables, y en particular para nuestro caso en la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo General

Identificar, clasificar y desarrollar metodologías para la estimación de las variables cualitativas que afectan de manera relevante los procesos de toma de decisiones de cultivo, recolección, transporte, almacenamiento y acopio de la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite.

3.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los actuales aspectos cuantitativos y cualitativos relevantes en los procesos de cultivo, recolección, transporte, almacenamiento y acopio de la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite y dividirlos según el tipo de decisión (estratégica y táctica).
2. Clasificar los aspectos cualitativos identificados en la cadena de abastecimiento de la palma de aceite mediante el desarrollo de un marco conceptual para su organización.
3. Levantar la información pertinente con actores clave de los procesos identificados para alimentar el modelo.
4. Utilizar el proceso jerárquico analítico como modelo de medición de variables cualitativas.
5. Concluir y recomendar a la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite.

4. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

4.1. La planta

La palma de aceite “*Elaeis guineensis* Jacq” es un planta perenne, cuyo tallo puede alcanzar más de treinta metros de altura. La palma de aceite también conocida como la palma africana, se desarrolla en condiciones de alta temperatura, alta precipitación, buena radiación solar, y alta humedad relativa. El cultivo tiene una alta adaptabilidad, por lo que se cultiva en varios países de cuatro continentes, en más de 6,5 millones de hectáreas, conformando verdaderos paisajes forestales donde cohabitan numerosas especies de flora y fauna.

Ilustración 1. Palma de Aceite.



Fuente: Fedepalma

Ilustración 2. Fruto de palma de aceite.



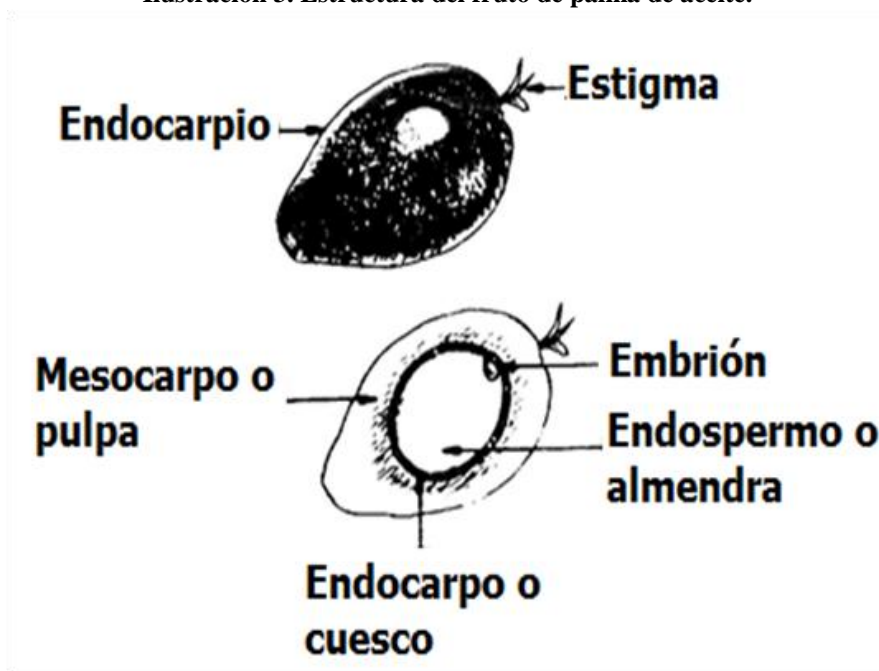
Fuente: WWF Malaysia.

A nivel mundial se destacan países como Malasia, Indonesia, Nigeria, Tailandia, Colombia, Nueva Guinea, Costa de Marfil, Costa Rica, Honduras, Brasil y Guatemala, gracias a la superficie sembrada, y a la gran producción de aceite de palma con características de alto rendimiento.

La vida productiva de la palma de aceite puede durar más de cincuenta años, no obstante el cultivo comercial tiene un promedio de vida que oscila entre 24 y 28 años, debido a que el tallo alcanza una altura que dificulta las labores de cosecha, lo que marca el comienzo de la renovación en las plantaciones comerciales. Durante todo su período de vida productiva cada árbol puede producir hasta 4,2 toneladas en frutos, dependiendo del manejo técnico que se le dé al cultivo.

La palma de aceite posee flores masculinas y femeninas de las que nacen miles de frutos, para conformar racimos con peso entre 10 y 40 kilogramos. Los frutos son de color violeta oscuro, y en la madurez adquieren el color naranja rojizo. En su interior se guardan una única semilla, la almendra o palmiste, la que protege un endocarpio leñoso rodeado por una pulpa carnosa. Ambas, almendra y pulpa, proveen aceite en gran cantidad siendo la primera el de palmiste, y la segunda, el de palma propiamente dicho. El tallo o estúpite, es recto y se caracteriza por ser el de mayor tamaño entre las plantas oleaginosas. El estúpite antes de envejecer es áspero y cuando llega a la vejez, se muestra segmentado por las cicatrices que estampan sus hojas al marchitarse y caer. En su edad mediana las hojas se extienden de manera casi paralela al suelo, entre tres y siete metros. La apariencia desordenada de la hoja es uno de los rasgos característicos de la especie.

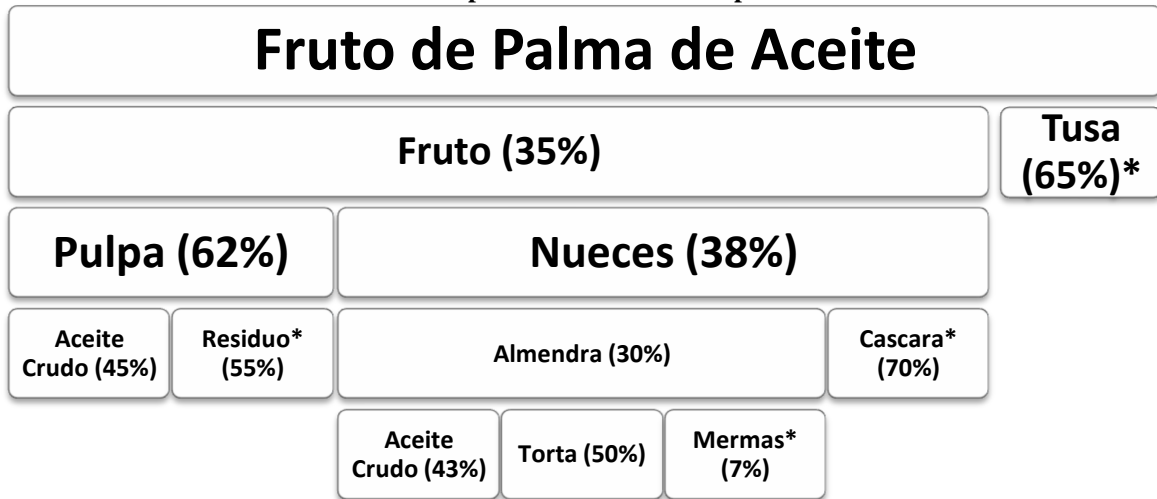
Ilustración 3. Estructura del fruto de palma de aceite.



Fuente: Fundación Mexicana para la investigación Agropecuaria y Forestal, AC

Todas las partes de la palma se utilizan, a pesar que existe material no aprovechable comercialmente. Este material no recuperable es utilizado como abono, como combustible de calderas, etc., por lo tanto no se generan desperdicios que contaminen.

Ilustración 4. Composición del fruto de la palma de aceite



* Material no aprovechable, no recuperable o no utilizado comercialmente.

Fuente: Fedepalma

La plantación palmera se considera un cultivo ecológico, ya que la actividad de siembra de esta planta previene la erosión, así mismo la implementación de diversas técnicas de control biológico evita el uso de plaguicidas químicos. Además la palma requiere mucho menos fertilizante, pesticida y herbicida, en comparación con la soya, el girasol, y es la más eficiente en la conversión de energía, que cualquier otro cultivo oleaginoso.

En los campos donde esta se cultiva existe un buen porcentaje de ecosistemas naturales, en donde la fijación de cantidades considerables de gas carbónico mediante la fotosíntesis que la palma de aceite realiza, contribuye a mitigar el calentamiento global y, en su entorno cercano, crea ambientes favorables para la sostenibilidad de los cultivos y el bienestar de las poblaciones que habitan alrededor de ellos.

Pero a pesar de los beneficios ambientales de la palma de aceite, la industria ha sido frecuentemente criticada por organizaciones ambientales por problemas asociados con la pérdida de bosques naturales.

El aceite de palma

El aceite de palma crudo se caracteriza por su alto contenido de carotenos (vitamina A) que se ve reflejado con el color rojizo del fruto. En el aceite de palma se encuentra también los tocoferoles y tocotrienoles (fracciones de la vitamina E) importantes nutrientes que junto con los carotenos, actúan como agentes antioxidantes que reducen el daño celular provocado por la acción de

sustancias tóxicas o la contaminación ambiental, que acelera el envejecimiento y el desarrollo de algunas enfermedades, siendo también una sustancia anticancerígenas y antitrombóticas y una excelente alternativa para combatir la deficiencia de vitamina A (Fedepalma 2006).

Una característica que hace único al también llamado “aceite de oro” por los asiáticos, es su balance perfecto entre grasas saturadas e insaturadas, por lo que no tiene efectos negativos en el colesterol de quienes lo consumen. Aunque no se conozca todos sus beneficios, desde hace cinco mil años los pobladores Africanos lo usaron como alimento. Inclusive hoy, como entonces, en varios países de ese continente se consume crudo y sin refinar.

El consumo actual de aceite de palma es abastecido en primer lugar por Malasia, seguido de Indonesia. El resto de los países, que siguen en orden de importancia son: Papúa Guinea, Singapur, Hong Kong, Tailandia, Colombia y Costa Rica.

Colombia presenta excedentes en su producción de aceite de palma, que son vendidos en el mercado internacional y lo ubican en el quinto puesto a nivel mundial de los países productores de aceite de palma.

Ilustración 5 Mercado del aceite de palma



Usos

Por su composición física, el aceite de palma puede usarse en múltiples elaboraciones sin necesidad de hidrogenarse, proceso en el cual se forman los *trans*, ácidos grasos causantes de enfermedades como la diabetes y las cardiovasculares, entre otras. Además resaltando su particular consistencia, apariencia y olor, así como su característica de resistencia al deterioro y el rendimiento de su fruto comparado con los otros aceites, hacen de él un componente ideal en la preparación y elaboración de gran cantidad de comestibles. Así mismo la torta de palmiste, subproducto de la palma de aceite, es utilizada en la producción de concentrados o como suplemento para la nutrición animal.

Por otra parte los aceites de la palma tienen usos diferentes al comestible, de gran valor económico el aceite de palma y el aceite de palmiste sirven de manera especial en la fabricación de productos oleoquímicos como los ácidos grasos, ésteres grasos, alcoholes grasos, compuestos de nitrógeno graso y glicerol. En los últimos tiempos el aceite de palma ha tomado fuerza en su utilización como biocombustibles con grandes ventajas ambientales en comparación de los combustibles fósiles (petrodiesel o acpm). Actualmente Colombia está desempeñando labores en producir biodiesel a partir de aceite de palma que trae beneficios para el medio ambiente, el empleo y la oferta de energía renovable (Fedepalma, 2006).

4.2. Historia

La palma de aceite se origina en el Golfo de Guinea, en África occidental (por lo que se le conoce como "*Elaeis guineensis* Jacq") y fue introducida en el Continente Americano después de los viajes de Colón., donde se le denomina nolí o "*Elaeioleifer*".

La palma africana hace parte de la geografía de los suelos tropicales en los continentes asiático, africano y americano. A lo largo de la costa entre Senegal y Angola, y en la cuenca del río Congo, el uso alimenticio del aceite de palma fue anterior al surgimiento de las primeras civilizaciones. En Europa se intensificó su utilización durante la revolución industrial para engrasar, producir jabones, velas y lubricantes. Además se aprovechó el bagazo de las almendras del fruto de la palma como alimento para el ganado.

Las primeras plantaciones comerciales de palma de aceite se establecieron en 1911 en Indonesia y en 1914 en Malasia, a pesar que en este último la palma de aceite fue introducida en 1870 como planta ornamental y los primeros intentos de establecer grandes plantaciones fracasaron.

Al finalizar los años cincuenta, el mejoramiento de los materiales genéticos y el gran crecimiento de la demanda de grasas comestibles en el mundo permitirían impulsar el cultivo y desarrollar de todo

el potencial económico de la palma. Entonces se produjo una gran expansión del cultivo durante la década de los sesenta, cuando se duplicó la oferta mundial de aceite de palma. En particular, el gobierno de Malasia basó en él su política de desarrollo, por lo que lo impulsó en forma masiva y, en consecuencia, ese país se volcó como principal exportador de aceite de palma en el mundo, lugar ocupado hasta entonces por África, que destinaba la mayor parte de su producto al consumo doméstico.

El posicionamiento de Malasia, y poco después de Indonesia como potencias palmicultoras, marcó decisivamente la evolución de esta agroindustria al incrementar de manera radical su producción y productividad con base en la investigación, el desarrollo tecnológico y la eficiencia empresarial.

El último tercio del siglo XX fue de crecimiento acelerado de la actividad palmera: su contribución a la oferta mundial de grasas comestibles aumentó hasta representar más de la cuarta parte de ésta y ubicarse en el segundo lugar de producción, muy cerca de la soya.

La explotación de la palma de aceite ha forjado una fuerte agroindustria orientada hacia los mercados nacionales e internacionales. Ella enlaza dinámicamente actividades agrícolas, extractivas, industriales y comerciales que exigen de los productores un estricto comportamiento asociativo y conjunto.

En el Continente Americano las primeras plantaciones fueron establecidas en la década de 1940. En Costa Rica fue introducida la palma en 1944 y la primera planta extractora de aceite fue construida en Damas (Aguirre) en el año 1950.

4.3. La agroindustria de la palma en Colombia

Debido al desarrollo que ha tenido la agroindustria de la palma en Colombia, ésta se ha convertido en una de las actividades agrícolas más prometedoras como eje para alcanzar el desarrollo nacional.

La palma de aceite fue introducida en Colombia en 1932, por Florentino Claes con fines ornamentales en la Estación Agrícola de Palmira (Valle del Cauca). Las primeras investigaciones sobre este cultivo se realizaron en la estación experimental de Palmira, que posteriormente en 1945 permitió que se contara con el material básico para el establecimiento de dos pequeñas plantaciones, una en Buenaventura y la otra en Aracataca. El cultivo comercial sólo comenzó cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena en

ese mismo año. A finales de la década de los cincuenta el gobierno encomendó al Instituto de Fomento Algodonero el apoyo al establecimiento de plantaciones comerciales. Hoy en día hay más de 150.000 Ha. cultivadas en varios departamentos del país.

La palma de aceite se cultivó en la llanura Caribe, el piedemonte llanero, el valle medio del río Magdalena y el suroccidente colombiano. En el desarrollo y consolidación de esta agroindustria se conjugaron también, los esfuerzos individuales de los productores y de su organización gremial, la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma).

En la década de los ochenta, gracias a esos esfuerzos, se triplicaron las siembras y el aceite de palma se consolidó como materia prima principal en la cadena productiva de semillas oleaginosas, aceites y grasas del país. En los noventa, los bríos se dirigieron a desarrollar la competitividad de las empresas palmeras y a gestar las instituciones gremiales que ayudaran a los palmicultores a proyectarse hacia el siglo XXI.

Los aceites de palma y de palmiste representan en el mercado nacional el noventa por ciento de la producción de aceites y grasas, y cerca del sesenta por ciento del consumo de estos productos. Así mismo, las ventas al mercado exterior se han incrementado en forma significativa desde 1990 y han logrado una participación importante en las exportaciones agroindustriales colombianas.

Actualmente en el país están identificadas cuatro zonas de producción, que se diferencian por sus características agroecológicas. La zona Oriental cobija el piedemonte llanero, parte de los departamentos de Caquetá, Meta, Casanare y Cundinamarca. Esta zona es de fácil mecanización por su topografía plana y la textura del suelo, adicionalmente posee buenas vías. Las temporadas de veranos intensos y prolongados se constituyen en una desventaja. En esta zona la productividad promedio es de 3,36 Ha./año.

La zona norte está conformada por Córdoba, Magdalena, el norte de Cesar y parte del departamento de Antioquia. Esta zona clasificada como bosque seco tropical, goza de alta fertilidad, ventaja productiva que se suma a los suelos planos y profundos, y la gran intensidad luminosa. Adicionalmente, esta zona cuenta con buenas vías de acceso lo que facilita el transporte. No obstante una característica que juega en contra es la alta intensidad del verano. El rendimiento promedio en esta zona es de 3,48 Ha/año.

La zona central se extiende desde el sur del Cesar, pasando por Santander, hasta el Norte de Santander en Zulia. Esta zona cuenta con suelos planos o ligeramente ondulados, buena luminosidad y aceptable precipitación, adicionalmente presenta buenas vías tanto al interior como a la Costa Atlántica; la baja fertilidad de los suelos se constituye una desventaja. En esta zona la productividad promedio del cultivo es de 3,04 Ha./año.

La zona occidental contiene los departamentos de Nariño y el Valle del Cauca. Esta zona presenta una alta lluviosidad, por lo que no necesita riego. La falta de luminosidad, la irregularidad de los suelos y la mala comunicación con el interior del país son las mayores desventajas. La productividad promedio de esta zona es de 3,12 Ha./año.

En Colombia la palma de aceite se establece sin necesidad de talar bosques nativos, pues ocupa territorios que antes eran utilizados en otras actividades agropecuarias. A partir de ahí, los palmicultores colombianos se comprometen con el medio ambiente, adoptando una gestión de buenas prácticas que les permitan asegurar la competitividad frente a los estándares internacionales y estar atentos a favorecer la sostenibilidad del planeta.

En el año 2004 para el cultivo de los productos de los cuales se extraen los aceites vegetales en Colombia se emplearon 261.965 Ha., esto equivale alrededor del 6,8% del total del área cultivada en Colombia. El trabajo de estas tierras y el proceso en sí del cultivo de los productos oleaginosos también es un importante generador de empleo, en 2004 se emplearon más de 85.000 personas en su cultivo, su participación sobre el total del empleo generado por la agricultura fue de 4% (Agrocadenas, 2005).

En el ámbito industrial según el DANE, en el 2002 había 55 establecimientos industriales relacionados con la Cadena en la fabricación de aceites que tienen una participación significativa tanto en la producción bruta del total de la industria manufacturera como en el empleo generado por la misma, estos establecimientos generaron 8.388 empleos, equivalente al 1,6% del empleo generado por el total de la industria colombiana y el 6,6% del generado por la industria de alimentos. En términos de la producción, se alcanzó un valor de \$1'859.967 millones, el 2,5% del total de la producción de la industria manufacturera y el 7,4% de la producción de la industria de alimentos (Agrocadenas, 2005).

De acuerdo a la necesidad de procesar inmediatamente el fruto de palma para evitar su descomposición, se ven obligadas las empresas extractoras a ubicarse en cercanía de los cultivos, de esta manera se observa, en el departamento del Meta se encuentran las mayores áreas de cultivo de palma del país, agrupa un total de 18 plantas de extracción, es decir el 32% del total de extractoras. El departamento del Magdalena cuenta con un total de 9 plantas al igual que el Cesar, en el departamento del Nariño se encuentran 7 plantas y dada la cercanía con el puerto, la mayor parte de su producción se destina al mercado externo. En Santander, tercer departamento en áreas dedicadas al cultivo de palma, se ubican 8 plantas de beneficio. Casanare cuenta con 2 plantas y finalmente, Caquetá, Cundinamarca, Antioquia, Bolívar y Norte de Santander, cuentan con una sola planta (Agrocadenas 2005).

Ilustración 6. Cultivo de palma de aceite



Fuente: WWF Malaysia

5. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA PALMA DE ACEITE

5.1. Metodología

Para la identificación de los aspectos cualitativos que afectan la cadena de abastecimiento de la cadena agroindustrial de la palma de aceite en el presente trabajo se realizaron los siguientes pasos:

1. Identificación de las variables cualitativas y cuantitativas que afectan las cadenas de abastecimiento.
2. Identificación de las decisiones tomadas en las cadenas de abastecimiento en general y agrícola, de acuerdo a su horizonte de tiempo, es decir estratégico, táctico y operativo.
3. Realización de la descripción de los eslabones de la cadena de abastecimiento de la palma de aceite, y de los procesos de cultivo, recolección, transporte, almacenamiento y acopio, para así, con base en la información recopilada en los pasos 1 y 2, poder asociar los aspectos identificados en éstos, a la palma de aceite.

5.2. Marco teórico

5.2.1. Identificación de las variables cualitativas y cuantitativas

La definición de variable se explica como aquella característica, cualidad, atributo o propiedad del sujeto o de la unidad de observación. Se denominan variables porque no son fijas, pueden cambiar e intervienen muchos factores en este cambio.

Para el caso específico de las cadenas de abastecimiento, las variables tienen como objetivo medir un sin número de aspectos, que reflejan el funcionamiento de las empresas, que además gracias al análisis de las variables, permiten a las organizaciones tomar decisiones para su mejoramiento.

De acuerdo a las características de las variables y cómo son medidas, se catalogan en cuantitativas y cualitativas, clasificación que se explica a continuación.

5.2.1.1. Variables Cuantitativas que afectan las Cadenas de Abastecimiento

Las variables cuantitativas son aquellas cuyas categorías pueden expresarse numéricamente, su naturaleza numérica permite un tratamiento estadístico más elaborado debido a las operaciones matemáticas que se pueden realizar. Es así que se facilita una descripción más precisa y detallada de la variable.

El funcionamiento de alguna actividad que sea medido cuantitativamente, puede ser observado fácilmente, y por lo general son representados numéricamente. A continuación se presentan las principales variables cuantitativas según Chan (2003).

Tabla 1. Variable cuantitativa Costo

VARIABLE: COSTO	
Definición: Los rendimientos de una empresa están afectados directamente por el costo de sus operaciones. La importancia e influencia en el total funcionamiento de las empresas permiten ser la medida más significativa. El costo total es una suma de todos sus atributos complejos. Para industrias diferentes, la contribución de cada atributo puede ser distinta..	
Medida	Definición
Costo de distribución	Esto incluye el transporte y el manejo de gastos, el coste dle inventario de seguridad, y los impuestos.
Costo de fabricación	Esto incluye la mano de obra, el mantenimiento y el reproceso. También, la compra materiales, los gastos en equipos y el margen del proveedor.
Costo de inventario	Esto incluye el inventario en proceso y las existencias de producto terminado.
Costo de depósito	Normalmente este costo es confundido con el costo de inventario, pero hay una diferencia ya que el costo de depósito está asociado con la asignación de un lugar uno tras otro y por lo general implica productos terminados.
Costo de Incentivos y Subsidios	Estos corresponden a los impuestos y los subsidios.
Costo Intangible	Esto incluye gastos de calidad, la adaptación de producto o gastos de funcionamiento y coordinación.
Costos indirectos	Esto es la corriente total gastos hacendados.
Sensibilidad frente al costo a largo plazo	Gastos a largo plazo incluyen la productividad y cambios de salario, cambios de tarifa de cambio de divisa, el diseño de producto, y la capacidad principal. Este coste es sobre todo importante para una cadena de suministro global y mundial.

Fuente: Performance Measurement in a Supply Chain

Tabla 2. Variable cuantitativa Utilización

VARIABLE: UTILIZACIÓN DE RECURSOS	
Definición: El funcionamiento de una cadena de suministro no puede ser enfocado sólo sobre su salida. Un proceso de la fabricación incluye la entrada, el proceso, y la salida. Así, la entrada a la cadena de suministro exige una remota investigación. Las entradas para un proceso de manufactura incluyen materias primas, equipos o máquinas, recursos humanos, recursos de energía, el espacio de depósito, etc. El mejor funcionamiento es obtenido al usar todos estos recursos de un modo bien organizado y óptimo. Normalmente se piensa que en el mejor empleo de materias primas no debe haber ningún exceso al final del proceso de la fabricación. Sin embargo, esto no es completamente verdadero. Las reservas de seguridad son necesarias ya puede haber un aumento repentino de órdenes u otras interrupciones pueden ocurrir durante la fabricación.	
Medida	Definición
Utilización del Trabajo, máquina, capacidad, y de recurso de energía	Para medir la utilización de recurso, una empresa directamente puede investigar el porcentaje de exceso o déficit de aquel recurso particular dentro de un período. La utilización de recurso también muestra la eficacia de aquella empresa. El empleo óptimo de recursos puede hacer ahorrar tiempo y el dinero, y a cambio, reducir al mínimo.

Fuente: Performance Measurement in a Supply Chain

5.2.1.2. Variables Cualitativas que afectan las Cadenas de Abastecimiento

Son las variables que expresan distintas cualidades, características o modalidad. Cada modalidad que se presenta se denomina atributo o categoría y la medición consiste en una clasificación de dichos atributos.

Las medidas de ejecución cualitativa, son esas medidas de las cuales no se puede hacer una sencilla medición directa numérica, aunque exista la posibilidad de cuantificar alguno de sus aspectos.

Las variables cualitativas que afectan la cadena de abastecimiento según Chan (2003) son: calidad, flexibilidad, confianza, innovación y visibilidad. Su significado, forma de medida y aplicación a la palma se muestran en las Tablas, 3, 4, 5, 6 y 7:

Tabla 3. Variable cualitativa Calidad

VARIABLE: CALIDAD	
Definición: En general, calidad es el estándar de un producto el cual está relacionado con el nivel de satisfacción del cliente. La calidad no está solo relacionada con el producto sino que también con los servicios proveídos.	
Medida	Definición
Insatisfacción del cliente	Una forma directa de medir la calidad es con el nivel de satisfacción del cliente.
Tiempo de respuesta al cliente	Es la cantidad de tiempo que existe entre el momento en el cual se genera la orden y su correspondiente envío
Lead time	Es el tiempo requerido una vez el producto comienza su manufactura hasta que está completamente procesado.
Envío a tiempo	Este mide el desempeño del envío del producto
Tasa de llenado (fill rate)	El tiempo de respuesta al consumidor puede ser reducido o no, dependiendo de la disponibilidad que se tenga del producto
Probabilidad de no tener existencias (Stockout probability)	Es la probabilidad instantánea en la cual un ítem requerido no se encuentre en stock o disponibilidad.
Exactitud	La exactitud que se tenga en el envío de productos, es también una medida de calidad.

Fuente: Performance Measurement in a Supply Chain

Tabla 4. Variable cualitativa Innovación

VARIABLE: INNOVACIÓN	
Definición: En este entorno que constantemente está cambiando, la innovación es importante, pero incluir este elemento a la cadena representa un problema. La competencia entre industrias es fuerte por lo tanto de debe tener una ventaja competitiva que se fácilmente reconocida por los clientes. La innovación es la única forma en la que una compañía puede especializarse.	
Medida	Definición
Lanzamiento de nuevos productos	Nuevos productos son lanzados continuamente al mercado para estimular las ventas de una compañía en particular o de todo un mercado. Una compañía que lance constantemente productos al mercado independientemente de si tienen o no una buena aceptación en el mercado, existe un alto grado de promoción para la compañía. De esta forma, se puede comparar el número de productos lanzados por una compañía particular en un periodo. Esto puede ser usado para comparar dos cadenas de abastecimiento o compañías conocidas. Por otro lado, para una cadena de abastecimiento en particular, la aceptación del producto innovador en el mercado, lo cual puede ser representado por el porcentaje de ventas que representa el nuevo producto del total de ventas en un periodo de tiempo.
Uso de nueva tecnología	Además del diseño de nuevos productos, mejorar la eficiencia puede aumentar la ventaja competitiva de la compañía. Esto incluye el uso de nueva tecnología, inclusive un nuevo método administrativo. La innovación no está solo aplicada a productos físicos, sino también a nuevos métodos administrativos o estrategias, la cuales pueden mejorar la eficiencia. Sin embargo, nueva tecnología es difícil de medir directamente. Así, el porcentaje en el cual aumenta la eficiencia puede ser medido directamente.

Fuente: Performance Measurement in a Supply Chain

Tabla 5. Variable cualitativa Flexibilidad

VARIABLE: FLEXIBILIDAD	
Definición: Generalmente al hablar de flexibilidad, se entiende por la capacidad que tiene la compañía para adaptarse a la diversidad o al cambio. La flexibilidad puede ser categorizada en entradas, procesos, salidas y su mejora en la cadena.	
Medida	Definición
Entrada: Flexibilidad de la mano de obra (labour flexibility)	La especialización de las habilidades de los trabajadores trae consigo un aumento en la eficiencia. Pero también se debe considerar el número de tareas que el trabajador puede realizar. Por lo tanto para mejorar en flexibilidad en mano de obra, se debe dar entrenamiento transversal.
Entrada: Flexibilidad de la maquinaria (machine flexibility)	Este tipo de flexibilidad se refiere al número y a la variedad de operaciones que una máquina puede realizar, sin incurrir en altos costos de alistamiento.
Proceso: Flexibilidad manejo de material	Las grandes fábricas tienen un alto número de centros de trabajo, y diferentes volúmenes del mismo material puede ser utilizado en distintos lugares. Cuando se dan estas características en un sistema de producción, un sistema flexible de manejo de materiales debe ser instalado.
Proceso: Flexibilidad en ruteo.	Si la ruta que sigue el proceso es fija, un daño repentino o sobrecarga de las máquinas puede afectar la eficiencia de la producción. En este contexto es necesario tener alternativas para manejar incertidumbres.
Proceso: Flexibilidad en la operación.	Flexibilidad en las operaciones significa cambiar la secuencia de las operaciones. Este tipo de flexibilidad es distinto a la flexibilidad en ruteo, ya que este último cambia la secuencia de las máquinas que realizan los procesos.
Salida: Flexibilidad en volumen	Los niveles de demanda pueden aumentar y las organizaciones tienen que responder de forma rápida y eficiente, tanto en aumentos como en disminuciones en niveles agregados de demanda. La flexibilidad volumen puede ser medida en términos de costos de producción, niveles de calidad o capacidad de ganancia del sistema. Por lo tanto una empresa que pueda cambiar su volumen de producción para toda su línea de producto, es mucho más flexible que una que puede cambiar su volumen de producción de solo una parte
Salida: Flexibilidad en la mezcla	Esta mide el número y la variedad de productos, que se pueden producir sin incurrir en altos costos o altos cambios en los resultados de desempeño.
Salida: Flexibilidad en el envío	La habilidad para adelantar pedidos planeados para acomodar pedidos urgentes o especiales se describe como flexibilidad en el envío
Mejoramiento: Flexibilidad en la modificación	Un cliente puede solicitar algunas modificaciones a los productos existentes sin cambiar sus funciones originales. Es importante satisfacer las necesidades del cliente para dar un alto nivel de servicio y por esto este tipo de flexibilidad es importante
Mejoramiento: Flexibilidad en nuevos productos	La variedad de nuevos productos es el nivel de innovación de una compañía. Flexibilidad en nuevos productos es definida como la facilidad con la cual nuevos productos pueden ser introducidos en el sistema.
Mejoramiento: Flexibilidad en expansión	Otras flexibilidades pueden estar limitadas por la cantidad recursos actuales disponibles en el sistema productivo.

Fuente: Performance Measurement in a Supply Chain

Tabla 6. Variable cualitativa Confianza

VARIABLE: CONFIANZA	
Definición: Confianza es la confiabilidad y consistencia entre los diferentes niveles de la cadena de abastecimiento y es el factor que mantiene la relación a largo plazo entre ellos. En las cadenas de abastecimiento es fundamental poseer una buena relación entre los distintos niveles, ya que son dependientes entre sí. El proveedor tiene que dar materia prima de buena calidad, para que luego el productor pueda manufacturar bienes estandarizados, para que luego sean distribuidos a los consumidores finales. Cuando una acción es consistente y predecible en un periodo extendido de tiempo, se considera que es confiable.	
Medida	Definición
Consistencia	El suministro coherente de un nivel a otro es un requerimiento en muchas compañías. Un fabricante depende de la materia prima de su proveedor para hacer y enviar productos a los consumidores finales, y éstos a su vez dependen de los distribuidores, los cuales tienen que hacer entregas exactas y a tiempo, por lo tanto una demora en cualquier eslabón de la cadena afecta a toda la cadena.

Fuente: Performance Measurement in a Supply Chain

Tabla 7. Variable cualitativa Visibilidad

VARIABLE: VISIBILIDAD	
Definición: Como se sabe una cadena de abastecimiento está compuesta por proveedores, manufactureros, distribuidores y consumidores. Cuando un cliente tiene algún requerimiento especial, toma bastante tiempo que el mensaje o el requerimiento recorra toda la cadena. Pero esto no solo significa pérdida de tiempo sino que también se puede perder exactitud en la información. Por lo tanto, visibilidad significa poder tener una alta calidad de la información en todo el sistema.	
Medida	Definición
Tiempo	Es el tiempo que toma en ser transferida la información por toda la cadena de abastecimiento. La medición también incluye el tiempo en el cual el diseñador cambia el diseño del producto y este comienza a ser producido. Es importante incluir la totalidad del tiempo, ya que el tiempo requerido para transferir la información en un computador es corto, pero el tiempo que tarda en fluir la información entre el nivel gerencial hasta el nivel de los operarios toma un tiempo considerable.
Exactitud	Su medida está directamente relacionada con contrastar los nuevos diseños o nuevas especificaciones con los productos realizados.

Fuente: Performance Measurement in a Supply Chain

5.2.2. Decisiones de las cadenas de abastecimiento

Se entiende por cadena de abastecimiento, un organismo empresarial multiagente el cual busca satisfacer las demandas del cliente final mediante la coordinación eficiente de los flujos de información, producto y recursos financieros, los cuales la recorren desde el proveedor hasta el cliente (Harrison, et al., 2003). La cadena de abastecimiento implica la interacción, regulada mediante acuerdos comerciales regidos por componentes contractuales, de los diferentes eslabones que la constituyen y que realizan diversas actividades especializadas bajo diferentes esquemas de propiedad (Torres, et al, 2003).

De esta manera la cadena de abastecimiento se entiende como la red y estructura, física, virtual y relacional, en la que se desarrollan todas las prácticas comerciales, entre proveedores, productores, distribuidores y consumidores (Jhonson et al., 1999). Tiene por objeto, generar valor en cada transacción e integrar los distintos actores, los cuales, sólo mediante sistemas logísticos diseñados intencionalmente logran los objetivos competitivos de tiempo, valor, modo y lugar, tanto para las organizaciones como para los individuos. También es necesario hacer referencia al paradigma de competitividad en que se ha convertido la cadena de abastecimiento, a tal punto que se afirma que en la actualidad no compiten las empresas individuales sino las cadenas de abastecimiento.

5.2.2.1. Decisiones de las cadenas de abastecimiento

Clasificación

La clasificación de las decisiones para la administración de la cadena de abastecimiento está determinada por el horizonte de tiempo en el cual sean ejecutadas, según lo cual se pueden clasificar en tres amplias categorías: de tipo estratégico, táctico y operativo. El nivel estratégico se refiere a aquellas decisiones que tienen larga duración en la empresa, como lo son la cantidad, capacidad y ubicación de bodegas y plantas manufactureras, y el flujo de material a través de la cadena logística; el nivel táctico incluye decisiones que son actualizadas una vez a la semana, una vez al mes, o una vez cada año, como lo son decisiones de compras y producción, políticas de inventario y estrategias de transporte; por último, el nivel operativo se refiere a decisiones del día a día, como lo son programación, ruteo y cargue de camiones Harrison (2003). No obstante además de esta clasificación, Harrison (1993) presenta cuatro áreas principales de decisión, de acuerdo a las campos de la administración de cadena de abastecimiento: 1) la ubicación, 2) la producción, 3) el inventario, y 4) la distribución, y hay tanto elementos estratégicos, tácticos y operativos en cada una de estas áreas de decisión.

- **Decisiones de Ubicación**

En este tipo de decisiones se incluyen decisiones como: ubicación geográfica de instalaciones de producción, puntos de abastecimiento, y puntos de aprovisionamiento es el primer paso en la creación de la cadena de suministro. La ubicación de instalaciones, implica un compromiso de recursos a largo plazo. Una vez son determinados aspectos como el tamaño, número, y ubicación de estas instalaciones, se dispone a diseñar los caminos o canales posibles por los cuales el producto fluye hacia el cliente final. Estas decisiones son de gran importancia para una compañía, ya que

estas representan la estrategia básica para tener acceso a cliente, y tienen un impacto considerable sobre los ingresos, costos, y nivel de servicio.

- **Decisiones de producción**

Las decisiones de tipo estratégico incluyen decisiones tales como: qué productos producir, en qué plantas producirlos, y la asignación de proveedores a plantas. Como se mencionó anteriormente, estas decisiones tienen un alto impacto sobre los ingresos, gastos, niveles de información y reclamaciones de la organización. Estas decisiones asumen que las instalaciones ya existen, pero determinan el camino exacto por el cual un producto debe fluir. Otra cuestión crítica es la capacidad de las instalaciones de producción, en donde las decisiones operativas enfocan la planificación detallada de producción. Estas decisiones incluyen la construcción de programas maestros de producción, programación de las máquinas encargadas de la producción, y el mantenimiento de los equipos. Otras consideraciones tenidas en cuenta incluyen el equilibrio de carga de trabajo, y medidas de control de calidad en una instalación de producción.

- **Decisiones de inventario**

Estas se refieren al medio por el cual las existencias son manejadas. Los inventarios existen en cada etapa de la cadena de suministro como materias primas, productos en proceso o terminados. Su objetivo principal es proteger a la compañía contra cualquier incertidumbre que pueda existir en la cadena de abastecimiento. El mantenimiento de inventarios puede llegar a tener un costo entre el 20 y el 40 por ciento de su valor, por tal razón su administración es crítica en las operaciones de la cadena de abastecimiento. Se dan en un ámbito estratégico en el sentido que la dirección superior pone objetivos, sin embargo, muchos investigadores, catalogan estas decisiones de la administración de inventarios en una perspectiva operativa. Estas incluyen estrategias de despliegue (Push vs Pull), política de control, determinación de los niveles óptimos, cantidades de pedido y de reorden, y el ajuste de niveles de seguridad del inventario existente.

- **Decisiones de transporte**

Las decisiones de este tipo están estrechamente ligadas con las decisiones de inventario, ya que la mejor opción de modo a menudo afecta el costo indirecto de inventario asociado con aquel modo. Por lo tanto los niveles de información y reclamaciones, y la ubicación geográfica juegan papeles vitales en tales decisiones. Ya que el transporte es más del 30 por ciento de los gastos de logística,

funcionando de manera eficiente en el sentido económico. Los tamaños de envío, ruteo y programación de equipo son claves en la dirección eficaz de la estrategia de transporte de la firma.

5.2.2.2. Planeación Estratégica y Táctica de la cadena de abastecimiento

El concepto de cadena de abastecimiento ha introducido el valor de la integración de todos los eslabones de la cadena al negocio. Esta integración no sólo se aplica al flujo de material desde el proveedor de materia prima hasta la entrega del producto final, sino también al flujo de información entre los agentes involucrados indirectamente con la cadena de abastecimiento. La administración de cadena de abastecimiento (SCM¹) se enfoca en la utilización de esta información para optimizar el flujo de material por los pasos sucesivos de la logística de entrada, las operaciones y la logística de salida a través de la cadena. Este objetivo es la base de la planeación estratégica, en donde se busca identificar y evaluar opciones de adquisición de recursos, para sostener y aumentar la posición competitiva de la empresa en el largo plazo. Lo cual en Harrison (2003), es denominado como el diseño de la cadena de abastecimiento (SCD² por sus siglas en inglés), y es un aspecto crítico si se desea establecer una ventaja competitiva, ya que este tipo de decisiones pueden fijar hasta un 80% del costo del producto.

Dependiendo de la naturaleza del negocio de la compañía, un horizonte de planeación a largo plazo puede ajustarse entre 3 y 10 años en el futuro. Para un distribuidor al por mayor de víveres, un horizonte de planeación de 3 años es apropiado para un rediseño de su red de distribución (Shapiro 2001).

Debido a que importantes decisiones en adquisiciones de recursos y desinversión son frecuentemente irreversibles, la gerencia debe estudiar su impacto antes de aplicarlas. Los modelos de toma de decisiones proveen un acercamiento sistemático y comprensivo al desempeño de estudios, especialmente en evaluar interacciones a través de varias opciones para adquisiciones de recursos y desinversiones. Además, al vincular estas opciones a descripciones de las operaciones de la cadena de abastecimiento, los modelos pueden medir el retorno de inversiones en recursos estratégicos debido al mejoramiento en operaciones. El atractivo de inversiones potenciales, puede ser medido solamente con tales modelos.

Más recientemente, el término administración de la cadena de la demanda (DCM) ha surgido enfocándose en el marketing, las ventas y parte de la creación de valor que generan los servicios. La

¹ SCM: Supply Chain Management.

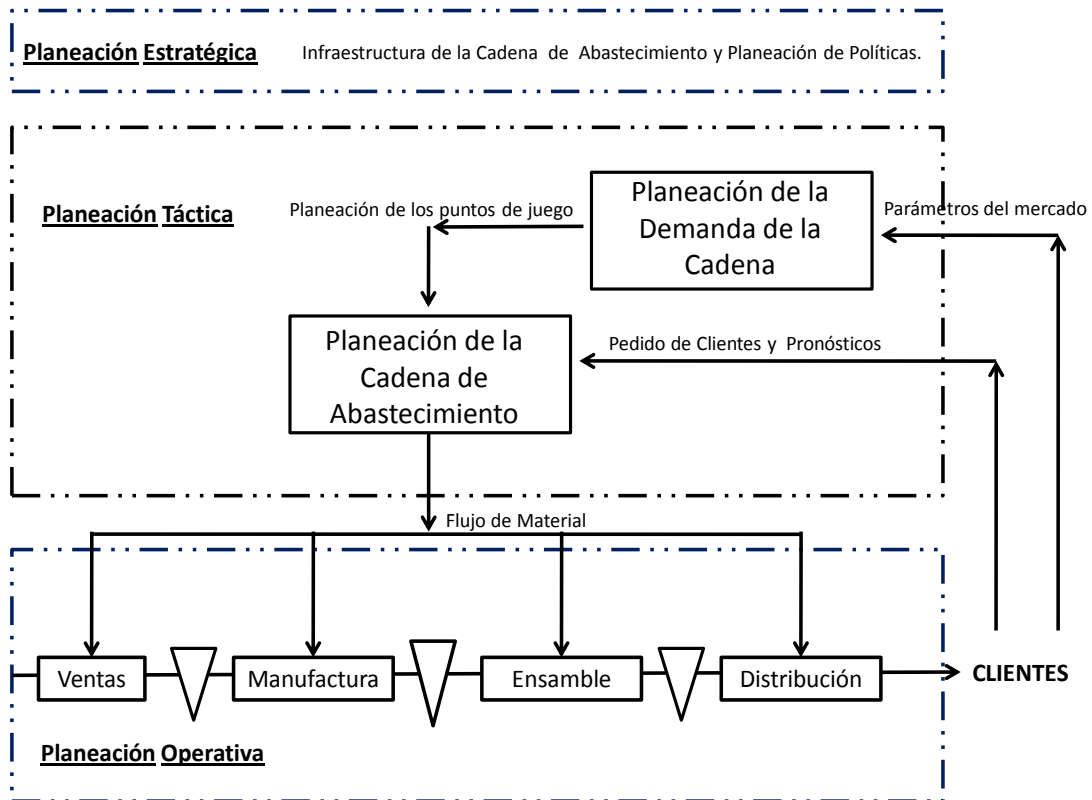
² SCD: Supply Chain Design

dirección de la demanda de la cadena trata de obtener más confiable y detallada la información sobre los consumidores, lo que proporciona una retroalimentación sobre el cambiante gusto de los clientes. La integración de SCM Y DCM conducirá a las cadenas de abastecimiento a la entrega de productos y servicios sostenibles (el Sotavento, 2001).

Esto es el papel de la planeación de la cadena de abastecimiento (SCP) para tratar esta información y convertirla en señales coordinadas, en busca de realizar los deseos del cliente. Sin embargo, SCP se ha enfocado en el control del flujo de material en la cadena de abastecimiento, y la utilización de herramientas como MRP, TOC, JIT... (Vollman y Whybark, 1988). La demanda del mercado fue considerada una variable exógena, usada para aumentar su fiabilidad (Sotavento, 2001). La dirección de cadena de demanda aumenta el flujo de información en base del mercado, tanto en la frecuencia como en el nivel de detalle.

Por lo tanto, la planificación de la cadena de la demanda (DCP) debería ser desarrollada para integrar esta información de mercado en la planificación táctica.

Ilustración 7. Alcance de la cadena de abastecimiento



Fuente: New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities

La planeación táctica esta concernida con ajustes y asignación de recursos sobre horizontes de planeación de unos cuantos meses hasta un año. En tal espacio de tiempo, la compañía no puede hacer grandes adquisiciones de recursos o desinversiones, pero si puede y debe ajustar los recursos a sus necesidades sobre el mediano plazo. Ajustes tácticos son realizados de una mejor forma en el contexto de asignación óptima de recursos para operaciones en las cadenas de abastecimiento; cuando y donde sea posible, recursos limitados deben ser expandidos y recursos sub utilizados deben ser reducidos. Modelos de toma de decisiones pueden asistir a los gerentes en la determinación de planes tácticos efectivos que simultáneamente ajusten y asignen los recursos de la compañía (Shapiro 2001).

5.2.2.3. Aspectos contemplados en la modelación de la cadena de abastecimiento.

Los primeros modelos de optimización, fueron métodos para determinar la ubicación de la producción, almacenamiento, instalaciones de aprovisionamiento, y los caminos por donde el producto fluye. Tales métodos tienden a ser a escala grande, y son usados generalmente en el inicio de la cadena de suministro.

Gran cantidad de modelos fueron contemplados en el estudio de Vidal 1997; él trabajo más temprano en ésta área, fue dado por Geoffrion y Graves (1974) quienes representan en su modelo un sistema de producción – distribución, en el cuál para varias plantas de producción es conocida su capacidad, centros de distribución, y un número de zonas de clientes.

Cohen y Lee (1985), presentan un completo análisis relacionado al desarrollo de estrategias para mejorar las operaciones generales de manufactura. En el modelo se incluyen aspectos como proveedores de materias primas, plantas de productos intermedios y finales, centros de distribución y zonas de clientes.

En un trabajo posterior Hodder y Dincer (1986), consideran en su formulación fluctuaciones en tasa de cambio, precios de mercado, tasas de interés internacional, y costos fijos en un ambiente estocástico. Entre las restricciones se incluye las capacidades de las plantas, límites superiores de la demanda de mercado, restricciones financieras, y límites en las variables de decisión.

Breitman y Lucas (1987) proporcionan un marco para un modelo comprensivo de un sistema de distribución-producción, el cual denominaron "PLANETAS", los cuales son utilizados para decidir qué productos producir, dónde y cómo producirlo, qué recursos utilizar y en qué mercados vender.

Brown et al. (1987), presentan un modelo en el cual se tiene en cuenta la producción variable, costos de envío, costos fijos de operación de planta, costos fijos de equipos, satisfacción de la demanda del cliente, cantidad máxima de equipos asignados a cada planta, y los niveles superiores de producción de los productos asignados a cada planta.

Cohen y Lee (1989) presentan un modelo de programación lineal mixta para el despliegue de recursos en una fabricación global y en la red de distribución. El beneficio global neto es maximizado mediante el diseño de una red de instalación y el control de flujo de materiales dentro de la red. La estructura de costos consiste en los costos variables y costos fijos incurridos en la obtención de material, la producción, la distribución y el transporte.

Cohen et al. (1990) describen "OPTIMIZER", como un modelo para datar y manejar el inventario de piezas de recambio de IBM. Ellos desarrollan algoritmos eficientes y estructuras de datos sofisticadas para alcanzar la integración de sistemas de escala grande. Nuevamente Cohen y Moon (1991) realizan una contribución al incluir la asignación de líneas de productos, especificación del volumen de producción y la localización tanto de proveedores, como de plantas y centros de distribución.

Vollman et al. (1992) basan su investigación en la perspectiva de gerencia de inventario teniendo en cuenta políticas de inventario y niveles de stock. Cohen y Kleindorfer (1993), describen un marco conceptual normativo, para las operaciones de una compañía global. El modelo que ellos desarrollaron en este trabajo incluye decisiones de localización, capacidad, mezcla de producto, flujo de material y flujo de dinero.

Bhatnagar et al. (1993), presenta una revisión de modelos en los cuales el tema tratado es la coordinación entre múltiples plantas, definiendo dos tipos de coordinación. El primer tipo, denominado coordinación general, concierne el problema de integrar decisiones de distintas áreas, como localización de instalaciones, producción y distribución. El segundo tipo o nivel de coordinación está relacionado con el problema de vincular decisiones de la misma actividad en distintos niveles de la organización.

Geoffrion y Powers (1995) hablan de la evolución en el diseño de sistemas de distribución estratégico durante los últimos veinte; ellos analizan la evolución de la logística como una función corporativa, la tecnología de comunicaciones, algoritmos, el desarrollo de datos e instrumentos de

dirección, rasgos, modelos y capacidades de software, y como las empresas usan el software para el diseño de sistema de distribución. Ellos afirman que la información, las reclamaciones y el cliente, deben permanecer como aspectos fundamentales para la investigación. Además, los autores presentan algunos asuntos relacionados con los datos teóricos, como la agregación de productos y clientes, la linealización de las funciones que describen cuestiones de inventario, y el efecto de errores en tarifas de transporte.

En el año 1995 Arntzen et al., realizaron un modelo determinístico para optimizar la cadena de abastecimiento global de la empresa Digital Equipment Corporation. La función objetivo considera la minimización de los costos variables de producción, costos de inventario, costos de envío, costos fijos de producción y costos del “estilo” de producción. En el conjunto de restricciones se tienen satisfacción de la demanda del cliente, balance de materiales, BOM³ global y capacidad de las instalaciones.

Thomas y Griffin (1995), presentan una revisión de literatura concerniente a la coordinación entre dos o más etapas de la cadena de abastecimiento, es decir, compras, producción y distribución. La cual se logra mediante la coordinación de la relación entre el comprador y el vendedor, entre producción y distribución, y entre distribución e inventario.

Verter y Dincer (1995), discuten sobre las decisiones de localización de instalaciones en organizaciones multinacionales. Por lo tanto se destacan elementos como las tasas de cambios, tasas de impuestos, estabilidad del gobierno y estructura general del país. Cole (1995) incluye el nivel de inventario como una medida para garantizar la satisfacción del nivel de la demanda.

Huchzermeier and Cohen (1996) desarrollaron una programación estocástica dinámica, para analizar las estrategias globales de manufactura. En su formulación incluyen una tasa de cambio estocástica, un modelo de cadena de abastecimiento y un modelo de valoración. El modelo de la cadena de abastecimiento maximiza la utilidad después de impuestos de la empresa y considera la capacidad de la planta y la satisfacción de la demanda del cliente.

Vidal y Goetschalckx (1996), presentan un primer intento para incluir la confiabilidad del proveedor en la formulación del modelo estratégico producción – distribución. En Beamon (1998),

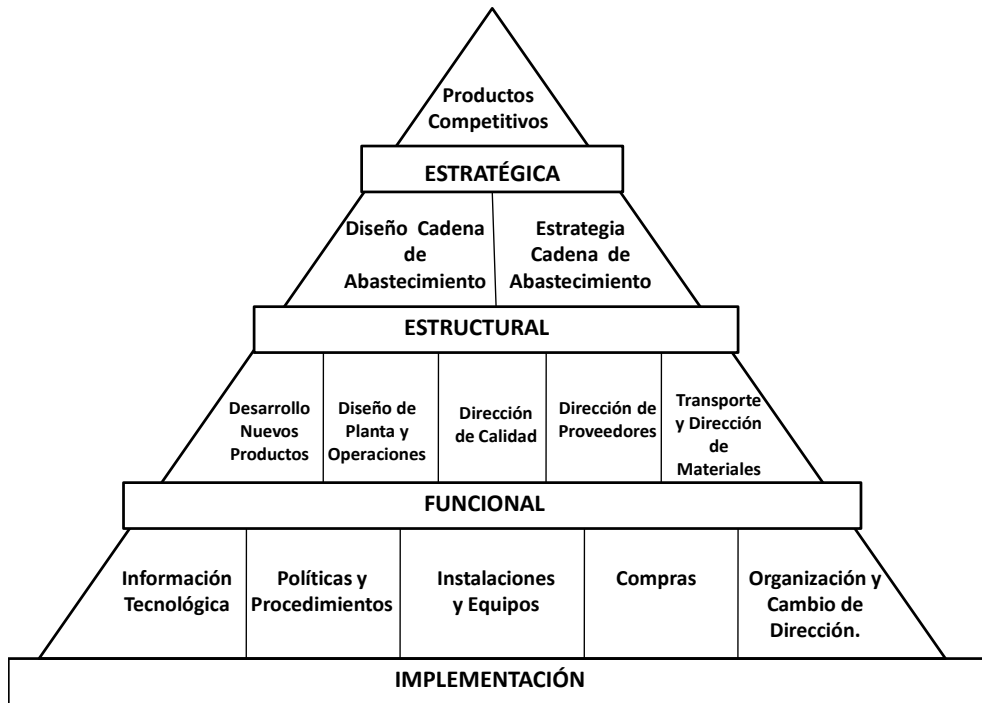
³ BOM: por sus siglas en inglés Bill of Materials, lo cual incluye las materias primas, partes, subcomponentes y componentes necesitados para manufacturar el producto terminado.

se muestran algunas medidas cualitativas del rendimiento de la cadena de abastecimiento. Las medidas aquí nombradas son: satisfacción del cliente, flexibilidad, integración del flujo de información y material, administración efectiva del riesgo y desempeño de los proveedores. En cuanto a las variables de decisión que intervienen en el diseño de la cadena de abastecimiento a nivel estratégico se encuentran, determinar cuáles centros de distribución atenderán a cuáles clientes y determinar los productos que producirá cada planta.

Goetschalckx et al. (2000) consideran la ubicación geográfica y capacidades de los centros de distribución y de las plantas de manufactura. Parte de las decisiones estratégicas también se encuentran en el establecimiento del tamaño individual de las líneas de producción, debido a los costos y tiempos involucrados en mover o desplazar dichas líneas. Por otro lado también hacen parte de este tipo de decisiones la selección de los canales de transporte y sus capacidades entre las instalaciones y el nivel de satisfacción de la demanda.

Shapiro (2001) presenta en su libro *Modelling the Supply Chain* no solo una comprensiva revisión de los modelos de la cadena de abastecimiento sino también una forma estructurada de analizar la cadena, con un acercamiento interdisciplinario de la administración de la cadena de abastecimiento para poder optimizar el funcionamiento con gran cantidad de herramientas. Para Shapiro las diferentes decisiones que se deben tomar en la planeación estratégica, táctica y operativa de la cadena de abastecimiento, dependiendo de si se refieren a la estrategia logística o de manufactura, se pueden presentar en la clasificación mostrada en los siguientes cuadros.

Ilustración 8. Elementos que conforman la estrategia logística



Fuente: Service Mark por Andersen Consulting 1989.

Ilustración 9. Elementos que conforma la estrategia de manufactura



Fuente: Service Mark por Andersen Consulting 1989.

En la Tabla 8, se muestran los aspectos tenidos en cuenta en los desarrollos académicos de las cadenas de abastecimiento en general. Entre los aspectos, más relevantes debido a que su utilización se encuentran en diversos trabajos se encuentran: localización de los centros de distribución y de las plantas, capacidad de las plantas, nivel de satisfacción de la demanda. Por otro lado la funcionalidad de esta Tabla, es reconocer de manera general los aspectos tomados en cuenta en las cadenas de abastecimiento en general.

Tabla 8. Revisión bibliográfica de aspectos tenidos en cuenta en cadenas de abastecimiento

ASPECTOS	Revisión bibliográfica																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Administración del riesgo																							
Asignación de CD a clientes																				X			
Asignación de productos a producir en cada planta				X																X	X		
Asignación de proveedores a plantas																				X	X		
Asignación de recursos				X	X	X														X	X		X
Cantidad de centros de distribución																				X	X		
Cantidad de instalaciones																				X	X		
Cantidad de zonas de clientes	X	X		X								X									X		
Capacidad de los centros de distribución																			X	X		X	X
Capacidad de los proveedores										X										X			
Capacidad de planta	X		X							X		X	X				X			X	X	X	
Capacidad del canal distribución																			X	X			
Costos de centros de distribución	X						X					X	X								X		
Costos de inventario													X										
Costos de producción	X				X	X						X	X								X		
Costos de transporte	X				X	X						X									X		
Desempeño de proveedores																		X		X			
Diseño de producto																			X		X		
Estabilidad del gobierno																		X					
Estrategia de distribución												X								X		X	
Estrategias de compras																				X		X	
Estructura general del país																		X					
Fluctuaciones en tasa de cambio				X																			
Flujo de dinero										X													
Flujo de información																							
Flujo de material						X				X			X	X						X		X	
Líneas de producto								X												X			
Localización de centros de distribución	X	X					X			X	X	X			X				X	X		X	X
Localización de plantas		X					X			X	X				X				X	X	X	X	X
Mezcla de productos				X						X										X			
Modos de transporte																				X	X		
Nivel de demanda			X																				
Nivel de satisfacción de demanda	X				X							X	X			X	X		X				
Nivel de satisfacción del cliente																							
Niveles de inventario							X	X							X						X		
Niveles de producción					X	X																	
Políticas de inventario						X	X														X	X	X
Políticas de outsourcing																					X	X	X
Precios de mercado			X																				
Restricciones financieras			X																				
Selección de proveedores		X								X		X								X	X		
Selección de tecnología																				X	X	X	
Selección del método de producción				X																			
Tasas de cambio															X		X						
Tasas de impuestos																		X					
Tasas internacionales de interés			X																				
Ubicación de los proveedores								X				X									X		

1 Geoffrion y graves (1974)	9 Vollman et al. (1992)	17 Huchzermeier y Cohen (1996)
2 Cohen y Lee (1985)	10 Cohen y Kleindorfer (1993)	18 Vidal y Goetschalckx (1996)
3 Hodder y Dincer (1986)	11 Bhatnagar (1993)	19 Goetschalckx et al. (2000)
4 Breitman y Lucas (1987)	12 Geoffrion y Powers (1995)	20 Shapiro(2001)
5 Brown et al. (1987)	13 Arntzen et al. (1995)	21 Harrison (2003)
6 Cohen y Lee (1989)	14 Thomas y Griffin (1995)	22 Patroklos et al (2004)
7 Cohen et al. (1990)	15 Verter y Dincer (1995)	23 Melo et al (2004)
8 Cohen y Moon (1991)	16 Cole (1995)	

Fuente: Creación autores

5.2.3. Cadena de abastecimiento agrícola

Lo que diferencia una cadena de abastecimiento agrícola (agri – food supply chain – ASC), de otras cadenas de abastecimiento, es la importancia que juegan factores como la calidad, el buen estado de la comida, y variabilidad del clima (Salin, 1998). Otras características relevantes, de los productos agrícolas incluyen su limitado tiempo de conservación, y la variabilidad de precios y de demanda, lo cual hace que este tipo de cadenas de abastecimiento sean más complejas y difíciles de manejar.

La planeación de la cadena de abastecimiento a un nivel muy alto está comprendida principalmente por tres procesos de toma de decisiones: planeación de la producción, control de inventarios y distribución física, lo cual divide las actividades de la cadena de abastecimiento en cuatro áreas funcionales: compras, producción, distribución y ventas.

En el contexto de las cadenas de abastecimiento agrícolas, se han identificado cuatro áreas funcionales principales: producción, cosecha, almacenamiento y distribución (agri – food, 2007). Las decisiones tomadas en producción incluyen aquellas relacionadas a la siembra, tales como la tierra en la cual se va a realizar cada siembra, tiempo en el cual se va a sembrar, y la determinación de los recursos necesarios para que lo que se va a sembrar crezca. Durante la cosecha, algunas de las decisiones que necesitan ser tomadas, incluyen tiempos en los que deben ser recogidas las siembras y la determinación de los recursos necesarios para esta tarea, como también la programación de equipos de producción, labores, y equipo de transporte. Algunas veces estas decisiones también involucran la programación de empaqueo o planta de procesamiento. En almacenamiento, se incluye el control de inventario de productos agrícolas, el cual es requerido cuando los productos necesitan ser almacenados antes o durante su distribución, algunas decisiones relacionadas a esta índole incluyen la cantidad de producto que se debe almacenar y vender en cada periodo planeado, y como ubicar o posicionar el inventario a lo largo de la cadena de abastecimiento. Por último, la función de distribución implica mover el producto a través de la cadena de abastecimiento para ser llevado hasta el cliente. Las decisiones involucradas con distribución incluyen seleccionar el modo de transporte, las rutas a utilizar y la programación de envíos para enviar el producto.

5.2.3.1. Decisiones de las cadenas de abastecimiento agrícolas para productos no perecederos

Ahumada y Villalobos (2009) presentan una revisión bibliográfica de modelos de optimización para cadenas de abastecimiento de productos agrícolas no perecederos, lo cuales cubren los tipos de decisiones estratégica, táctica y operativa. Además hacen una clasificación según el eslabón de la cadena de abastecimiento que fue objeto de estudio en el modelo desarrollado. A continuación se presenta un pequeño resumen sobre el objetivo principal de los artículos (papers) reseñados en la revisión bibliográfica.

Stoecker et al. (1985) realizan el diseño de una aplicación de modelos programación lineal y programación dinámica para determinar decisiones de producción, irrigación, excavación, y distribución de agua, para maximizar los ingresos. En el mismo año Butterworth desarrolló un modelo de programación entera mixta para la totalidad de la granja incluyendo cultivos, ganado y decisiones de tipo laborales con el objetivo de maximizar los ingresos.

El-Nazer y McCarl (1986) realizaron el desarrollo de un modelo de programación lineal para diseñar y determinar la óptima rotación de cultivos con el objetivo de maximizar los ingresos con aversión al riesgo.

Tan y Fong (1988) presentan un modelo de programación lineal (LP) para seleccionar la mejor mezcla de cultivos para una plantación de cultivos perennes. El objetivo es el de maximizar las ventas y considerar riesgosas pérdidas penalizando retornos negativos, también conocido como la desviación media absoluta. Una de las principales consideraciones al evaluar cultivos perennes es la determinación de múltiples periodos en los cuales el modelo tiene que ser evaluado y la correspondiente incertidumbre en los precios de los cultivos. Los investigadores utilizaron el valor presente neto de la desviación media absoluta para evaluar las alternativas propuestas. La principal contribución de este paper es el desarrollo de una metodología para tomar decisiones a largo plazo bajo incertidumbre.

Lambert y McCarl (1989) desarrollaron un modelo discreto de programación estocástica para seleccionar entre distintas alternativas de mercadeo, con el objetivo de maximizar los ingresos.

Kaiser y Apland (1989) determinaron los planes de producción y mercadeo para dos cultivos utilizando un modelo de programación estocástica con el objetivo de maximizar la ganancia y

reducir la desviación de la ganancia. Clarke (1989) determinaron el patrón de cultivo que maximice el retorno de la granja, aplicado a una granja en Bangladesh utilizando un modelo de programación lineal. Para el mismo año, Perry et al. (1989) realizaron el desarrollo de un modelo de programación entera mixta multiperiodo para identificar la participación en programas del gobierno y mezcla de cultivos con el objetivo de maximizar el valor presente neto.

Bin Deris and Ohta (1990) desarrollaron un sistema de producción que minimice la demanda de maquinaria en una aplicación de dos etapas para minimizar costos utilizando programación dinámica y programación lineal. Turvey y Baker con su modelo determinaron la relación de los programas de la granja con la cobertura de las decisiones con futuros y opciones.

Alocilja y Ritchie (1990) realizaron del desarrollo de una herramienta de simulación para maximizar la ganancia y minimizar el riesgo del rendimiento, planeando la fecha de corte, tratamiento del fertilizador y población de plantas.

Nanseki y Morooka (1991) evaluaron el desempeño económico de los granjeros utilizando un modelo de programación estocástica con tres (3) preferencias de riesgo (maximizar la utilidad, maximizar la probabilidad y restricción de cambio). En el mismo año Adesina y Sanders (1991) diseñaron un modelo de programación estocástica aplicada a una secuencial toma de decisiones bajo incertidumbre del clima para seleccionar tecnologías en cereales que maximicen las ganancias.

Dobbins et al. (1992) utilizan un modelo de programación lineal (LP), el cual incluye plante, cosecha, procesamiento y el almacenamiento de cultivos. El objetivo del modelo es maximizar las ventas preparando un plan óptimo de cultivo para el año. Los recursos considerados en el modelo incluyen la tierra, maquinaria, y otras restricciones como procesamiento, almacenamiento y restricciones constitucionales.

Kaiser et al. (1993) determinaron el potencial impacto del cambio climático utilizando un modelo de programación estocástica que maximice los ingresos en distintos escenarios simulados. En el mismo año, Duffy y Taylor (1993) analizaron el plan de decisiones de una granja en el largo plazo bajo provisiones, utilizando un modelo de programación estocástica dinámica con el objetivo de maximizar el esperado valor presente.

Nevo et al. (1994) realizaron el diseño de un plan de cultivo con un sistema experto y con un modelo de programación lineal con el objetivo de maximizar ganancias. Burton et al. (1996) determinaron la política de producción para un cultivo doble y rotación de cultivos con un objetivo MOTAD (maximizar ingresos y minimizar retornos bajos).

Lazzari y Mazzetto (1996) desarrollaron un modelo para la selección de maquinaria para múltiples cultivos utilizando técnicas de investigación para minimizar los costos. Sumanatra y Ramírez (1997) realizaron el desarrollo de un plan para asignación de agua a múltiples cultivos utilizando una programación de irrigación estocástica inter - estacionaria usando modelos de programación dinámica y programación estocástica dinámica para maximizar los ingresos.

Abdulkadri y Ajibefun (1998) con su modelo buscan generar alternativas de cultivo que están cerca a decisiones óptimas de los granjeros con diferentes objetivos y utilizando un modelo de programación lineal. Higgins et al. (1998) realizaron la programación de las operaciones de cosecha y re-plante con un modelo de programación lineal, considerando la capacidad de procesamiento disponible con el objetivo de maximizar los ingresos netos.

Raju y Kumar (1999) planearon la irrigación y tareas productivas con un modelo programación lineal para hallar la mejor combinación entre beneficios netos, producción agrícola y mano de obra empleada.

Schilizzi y Kingwell (1999) en su modelo tienen en cuenta el impacto que puede tener la incertidumbre del precio y rendimiento en las decisiones de cultivo en una granja en el occidente de Australia. El objetivo del modelo es el de maximizar la función de utilidad de los granjeros. Los investigadores desarrollaron un modelo de programación estocástica dinámica, el cual utiliza como variables de decisión como rotación del cultivo, selección del cultivo y asignación de tierra. Las restricciones utilizadas en el modelo están relacionadas con el tipo de suelo, el tipo de cultivo, el rendimiento esperado, la actitud hacia el riesgo del granjero y condiciones meteorológicas.

Ekman (2000) presenta un ejemplo de planeación estratégica aplicada a la selección de tecnología. El artículo describe un modelo de programación estocástica para seleccionar la mejor combinación de equipos y programación de cultivo para una granja con el fin de maximizar las ventas. El modelo usa distribuciones de probabilidad discreta para representar los días laborales disponibles, las distribuciones son utilizadas para determinar la cantidad óptima de equipo para cumplir con la

programación del cultivo .Los resultados presentados indican que los modelos determinísticos subestiman los requerimientos de capacidad para los años en los que el clima es desfavorable. La principal contribución de este trabajo es la selección de inversión en maquinaria con restricciones inciertas (tiempo disponible para cosechas), dadas por la naturaleza estocástica del clima.

Lien y Hardaker (2001), analizan la respuesta de los granjeros a diferentes tipos de subsidios, y su actitud hacia el riesgo a través de un modelo de programación estocástica con el objetivo de maximizar la utilidad. Gigler et al. (2002), diseñaron un modelo de programación determinística para planear las decisiones de cadenas agrícolas con múltiples escalones, para satisfacer la demanda al mínimo costo total de la cadena.

Maatman et al. (2002), proponen un modelo que ayuda al granjero a determinar estrategias para la producción, consumo, venta, almacenamiento y compra de cultivos. El problema es modelado como una programación de dos etapas, en donde las decisiones de la primera etapa involucran qué y cómo se debe producir dada una cantidad de lluvia. Las decisiones de la segunda etapa (pos – cosecha), el granjero decide el consumo, almacenamiento y compra del cultivo. La función objetivo del modelo es la minimización de escasez de alimentos para el granjero y su familia. Los investigadores señalan que su aproximación es fácil de implementar dado el número limitado de opciones y escenarios disponibles para los granjeros.

Higgins (2002), en su trabajo desarrolla varios modelos para tratar decisiones de tipo operativo en la programación de actividades en la cosecha. El principal objetivo de este trabajo es el de minimizar los costos incurridos mientras encuentran restricciones en la demanda de mercado. Los problemas aquí propuestos, abarcan principalmente dos temáticas, la primera de ellas está relacionada en cómo cosechar eficientemente el producto, y en cómo reducir los costos operacionales en la planta procesadora.

Vitoriano et al. (2003), prepararon un plan para las tareas del cultivo con programación lineal, satisfaciendo las restricciones de predecesores y venta de tiempo con el objetivo de minimizar costos.

Recio et al. (2003), desarrollan un plan que incluye la programación de las tareas que hay que realizar en el terreno, y analizar las inversiones con el objetivo de minimizar los costos utilizando un modelo de programación entera mixta. En el mismo año, Jones et al. (2003), realizaron el diseño

de un plan para decisiones de plante para un problema de programación estocástica de dos periodos para un productor de semillas de maíz con rendimiento variable con el objetivo de reducir costos.

Visagie et al. (2004) en su modelo determinaron estrategias para las granjas agrícolas, utilizando un modelo de programación entera mixta que maximice la ganancia, dado el nivel de riesgo seleccionado.

Apaiiah y Hendrix (2005), muestran un modelo que diseña una red para los procesos de crecimiento, siembra, transporte y procesamiento de un producto de la familia de los guisantes. La cadena de abastecimiento modelada se encuentra dividida en tres fases: producción (crecimiento y siembra), preparación del ingrediente (molienda y concentración) y procesamiento del producto. Las fases se encuentran conectadas mediante vínculos de transporte utilizando distintos modos de transporte. Este modelo tiene como principal objetivo la minimización de los costos totales de la cadena de abastecimiento, los cuales se componen de todas las actividades de producción y transporte, necesarias para obtener el producto final.

Biswas y Pal (2005) desarrollaron un plan estacionario de cultivos en un año, utilizando programación difusa con el objetivo de incrementar la utilización de la tierra, el aumento de la producción y de las ganancias.

Jiao et al. (2005) presentan un modelo de programación de siembra para una región en Australia con varios campos de caña de azúcar. El modelo de programación lineal (LP), desarrollado para determinar la cantidad de cultivos a sembrar a lo largo de la temporada con el fin de incrementar la cantidad de azúcar obtenida. La principal contribución de este paper es el desarrollo de un análisis estadístico que predice el contenido de azúcar y la integración del análisis estadístico al modelo de optimización.

Apaiiah y Hendrix (2005) diseñaron una red de abastecimiento para el crecimiento, cosecha, transporte y procesamiento de un producto que tiene como base guisantes usando programación entera mixta que minimiza el costo total. Kobzar et al. (2005) desarrollaron de un modelo para capturar distribuciones estocásticas conjuntas (paramétricas y no paramétricas) utilizando la función objetivo media-varianza. Torkamani (2005) con su modelo evalúa prospectos de tecnología usando programación estocástica, con el propósito de optimizar la utilidad del granjero.

Los aspectos tenidos en cuenta en la cadena para productos no perecederos se muestran en la Tabla 9. En la cual los aspectos relevantes se encuentran asociados a costos, condiciones climáticas y administración del riesgo. Estos aspectos impactan a la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite, en los procesos posteriores a la extracción del aceite, el cual es un producto no perecedero.

Tabla 9. Revisión bibliográfica de aspectos tenidos en cuenta en cadenas de abastecimiento agrícolas de productos no perecederos

ASPECTOS	Revisión bibliográfica																																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39					
Administración del riesgo			X	X							X	X															X																	
Asignación de recursos	X														X						X																		X					
Cantidad de instalaciones																																						X	X					
Capacidad de los centros de distribución															X																								X					
Capacidad de planta																								X																				
Capacidad del canal distribución															X									X															X					
Condiciones climáticas														X		X											X									X	X							
Costo de mano de obra		X																																			X	X	X	X				
Costos de centros de distribución									X																				X											X				
Costos de inventario									X																				X											X				
Costos de producción									X																				X												X			
Estrategia de distribución																																									X			
Estrategia de producción							X																																		X			
Mezcla de productos			X					X																																				
Modos de transporte																																										X		
Nivel de demanda																																										X		
Nivel de satisfacción de demanda																								X						X											X			
Nivel de utilización de maquinaria									X																																			
Niveles de inventario																																										X		
Niveles de producción																																										X		
Planeación de mercadeo					X	X																																						
Política de producción																																												
Precios de mercado			X	X																						X															X			
Selección de maquinaria																											X																	
Selección de tecnología														X													X																X	
Temporada de producción																																									X	X		

Stoecker et al. (1985)	1	Turvey y Baker	11	Sumanatra y Ramirez (1997)	21	Vitoriano et al. (2003)	31
Butterworth (1985)	2	Alocija y Ritchie (1990)	12	Abdulkadri y Ajibefun (1998)	22	Recio et al. (2003)	32
El-Nazer y McCarl (1986)	3	Nanseki y Morooka (1991)	13	Higgins et al. (1998)	23	Jones et al. (2003)	33
Tan y Fong (1988)	4	Adesina y Sanders (1991)	14	Raju y Kumar (1999)	24	Visagie et al. (2004)	34
Turvey et al. (1988)	5	Dobbins et al. (1992)	15	Schilizzi y Kingwell (1999)	25	Biswas y Pal (2005)	35
Lambert y McCarl (1989)	6	Kaiser et al. (1993)	16	Ekman (2000)	26	Jiao et al. (2005)	36
Kaiser y Aplan (1989)	7	Duffy y Taylor (1993)	17	Lien y Hardaker (2001)	27	Apaiyah y HendriX (2005)	37
Clarke (1989)	8	Nevo et al. (1994)	18	Gigler et al. (2002)	28	Kobzar et al. (2005)	38
Perry et al. (1989)	9	Burton et al. (1996)	19	Maatman et al. (2002)	29	Torkamani (2005)	39
Bin Deris and Ohta (1990)	10	Lazzari y Mazzetto (1996)	20	Higgins (2002)	30		

Fuente: Creación autores

5.2.3.2. Decisiones de las cadenas de abastecimiento agrícolas para productos perecederos

De acuerdo a la revisión realizada por Ahumada y Villalobos (2008), se registran una serie de estudios e investigaciones que modelan la planeación de la cadena de abastecimiento agrícola de productos perecederos, los cuales tienen en cuenta la dificultad o lo complicado que se hace coordinar las actividades y los entes que intervienen en esta estructura para que el flujo de productos se realice de forma eficaz, y así evitar que estos productos se contaminen o se dañen por el pasar del tiempo. Retomando estos estudios y en orden cronológico, se explica a continuación los artículos que tratan estas cadenas específicas.

En 1991 Saedt et al. desarrollan un plan para un invernadero con dos modelos con el objetivo de maximizar la utilidad. De los dos modelos, uno basado en programación lineal para futuros proyectos y el otro programación entera mixta para proyectos de transición. Con respecto a lo anterior se puede observar que en este modelo se abarcan aspectos de tipo táctico y operativo de acuerdo al tiempo de ejecución de las decisiones.

Desde un punto de vista del día a día, Annevelink (1992) determina un plan para la localización de plantas dentro de un invernadero a partir de la información de un plan mixto de cultivo táctico. El objetivo es minimizar los costos a través de la heurística y algoritmos genéticos.

Van Berlo (1993) presenta un modelo de programación lineal para planificar y coordinar la producción y suministro de materias primas desde el campo hasta una planta de transformación. La operación está orientada a integrar verticalmente la industria de transformación de hortalizas. La coordinación de la producción y de las actividades de la cosecha busca cumplir varios objetivos competitivos que incluyen la minimización de los costos de la siembra, la optimización de la utilización de la planta de transformación, y la satisfacción de la demanda.

En 1993 Purcell et al. desarrollaron un modelo de decisión de programación de riesgo para la producción agrícola, con el objetivo de maximizar el retorno dado un nivel de riesgo. Posteriormente en 1994, Hamer determina un plan de plantación y de cultivo para cosechas perecederas, asumiendo de antemano la demanda y la calidad del producto y la existencia de una forma de estimar la distribución de la producción de diferentes cultivos usando un modelo de programación lineal con el objetivo de maximizar la utilidad y la satisfacción de la demanda del mercado.

Miller et al. (1997) determinan un plan para la cosecha y un plan para el embalaje de tomates, por medio de un modelo de programación lineal, agregando restricciones de tipo difuso para minimizar el costo de operación.

Aleotti et al. desarrollaron un modelo de programación estocástica producción –distribución que permite seleccionar el mejor diseño para manejo de la post-cosecha en los cultivos de hortalizas. El modelo optimiza la utilidad al combinar la capacidad de las instalaciones de preservación de alimentos y al considerar la incertidumbre en la ventas de las cosecha.

Stokes et al. (1997) desarrollaron un programa estocástico dinámico con el objetivo de maximizar el ingreso mediante optimización de la producción y las decisiones para la comercialización de un vivero que produce plantas ornamentales. Las decisiones incluyen la determinación del tamaño y la programación de los cultivos para la venta. Los riesgos que enfrentan los productores incluyen el costo, el rendimiento y la incertidumbre. Estos riesgos, se supone que se ven reflejados en el comportamiento estocástico de los precios obtenidos.

En un enfoque de corto y mediano plazo Leutscher et al. (1999) diseñan un modelo de producción al considerar decisiones tácticas y operativas con el objetivo de incrementar la rentabilidad. En el año siguiente, Romero (2000) Determina un modelo multi-objetivo, máximo ingreso y mínima variabilidad, de un cultivo eficiente, al considerar el riesgo de los productores.

Darby-Dowman et al. 2000. diseñan un modelo de programación estocástica para determinar los proyectos de plantación óptimos para una cosecha de verduras teniendo en cuenta una serie de escenarios meteorológicos y una función de utilidad para minimizar el riesgo en el cual incurre el productor, para así maximizar los ingresos. Las variables de decisión para el modelo son la cantidad de tierra asignada a cada cultivo, momento en el cual se debe sembrar, la cantidad de producto a cosechar, vender y comprar para satisfacer la demanda de los clientes. El rendimiento de los cultivos se asumió incierto, debido a la variabilidad del clima.

Desde una perspectiva ambiental y económica Berge ten et al. (2000) desarrollaron un modelo agrícola para comparar el desarrollo potencial de diferentes tecnologías agrícolas. Este modelo incluye decisiones estratégicas como la selección de tecnología y decisiones tácticas como lo es la rotación de cultivos, teniendo como objetivo la maximización del margen bruto del cultivo y la

minimización del uso de pesticidas y fertilizantes, por tal razón es catalogado como un programa lineal multiobjetivo.

El desarrollo por Caixeta-Filho et al. 2002 es un trabajo que fue implementado en la realidad que trajo grandes beneficios a los floricultores de Brasil. Este es un modelo de programación lineal para maximizar el ingreso esperado de los invernaderos, mediante el diseño apropiado de un plan de plantación en donde se decidía la cantidad y el tipo de flores para cultivar de acuerdo a la temporada del año, en pro de la satisfacción de la demanda.

Itoh et al. (2003) Diseñan un modelo para la planificación de la cosecha con valores inciertos, descritos con fuzziness y la aleatoriedad, con el objetivo de maximizar el mínimo valor del ingreso.

Randala (2004) diseñó un modelo de distribución - producción para la cadena de suministro de las semillas de un vivero. Con el objetivo de reducir al mínimo los gastos de importación, el autor incluye decisiones como el número total de plantas a ser producidas y transportadas a centros de almacenamiento o a los clientes directamente.

Como ejemplo de modelos que traten únicamente aspectos estratégicos se encuentra el trabajo desarrollado por Allen y Schuster 2004, donde calculan la capacidad de capital y la tasa de inversión requerida para la producción de uvas, por medio de un programa no lineal con el objetivo de reducir las pérdidas por causa de las condiciones ambientales y el sobre costo originado por la sobrecapacidad.

Kazaz 2004 presenta un modelo de programación estocástica para una empresa productora de aceite de oliva. La empresa tiene la opción de arrendar los olivos donde crecen las aceitunas, o comprar las aceitunas en el mercado abierto a un precio más elevado. El modelo de planificación consta de dos etapas, donde las decisiones en cada etapa dependerán de la distribución estocástica de la demanda y el incierto rendimiento de los olivos. En la primera fase de la empresa determina la cantidad de árboles para arrendamiento, y en la segunda fase, se determina la cantidad de aceite para producir y para comprar de acuerdo a los precios de las aceitunas en el mercado. El objetivo del modelo es aprovechar al máximo los beneficios sujetos a la demanda y el precio de venta del aceite de oliva.

Con el fin de maximizar el ingreso Caixeta-Filho (2006), desarrolló un modelo de programación lineal para unir las restricciones químicas, biológicas y logísticas relacionadas a la calidad de la cosecha de las frutas. El modelo considera dos funciones potenciales como objetivo, una que maximiza el número de cajas de fruta producida y otro que maximiza el total de ingresos. Las variables de decisión del modelo son la cantidad mensual para cosechar.

Wigogo et al 2006 a partir del diseño de un modelo de programación dinámica, integra las etapas de producción, cosecha y almacenamiento de flores, a partir de funciones de crecimiento y pérdida. Con el fin de aprovechar el máximo nivel de la demanda de cada periodo, el modelo busca la reducción al mínimo de la pérdida prematura causada por la cosecha, y la pérdida en el transporte y almacenamiento de productos. La principal variable de decisión es la cantidad de producto a ser recolectados en cada período de cosecha.

Finalmente Ferrer et al. 2008, determina un plan para la optima planificación de la cosecha de uvas de vino usando un modelo de programación lineal, para optimizar el mínimo precio de importación para la programación de las operaciones de la recolección del fruto. En el modelo se consideran los gastos de actividades de recolección y la pérdida de calidad de la uva en los retrasos de la recolección, teniendo en cuenta aspectos como la cantidad de uvas a recolectar en determinados periodos, la ruta de cosecha entre parcelas y la cantidad de trabajadores para contratar o despedir en cada periodo.

A continuación en la Tabla 10, se resume los aspectos que son tenidos en cuenta en cada uno de los estudios mencionados para las cadenas agrícolas de productos perecederos. En la cual se destaca la relevancia de los niveles de producción, y no con tanta recurrencia, capacidad de planta, niveles de inventario, selección de método de producción y costos de producción.

Tabla 10. Revisión bibliográfica de aspectos tenidos en cuenta en cadenas de abastecimiento agrícolas de productos perecederos

ASPECTOS	Revisión Bibliográfica																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Administración del riesgo				X						X	X									
Asignación de productos a producir en cada planta					X			X	X											
Asignación de recursos											X									
Cantidad de centros de distribución							X													
Cantidad de instalaciones				X																
Capacidad de los centros de distribución						X								X						
Capacidad de planta			X	X	X											X				
Capacidad del canal distribución						X								X	X					
Condiciones climáticas											X					X				
Costos de centros de distribución						X								X						
Costos de inventario					X									X						
Costos de producción			X	X	X		X	X												
Diseño de planta	X								X											
Diseño de producto					X															
Estrategia de distribución				X		X														
Localización de centros de distribución				X																
Localización de plantas				X																
Mano de obra																				X
Mezcla de productos													X							
Modos de transporte							X													
Nivel de demanda																				X
Nivel de satisfacción de demanda			X	X																X
Nivel de satisfacción del cliente										X		X								
Niveles de inventario				X										X	X					X
Niveles de producción				X	X	X	X	X		X		X		X		X	X	X	X	
Políticas de inventario					X									X						
Políticas de outsourcing																	X			
Precios de mercado																	X			
Selección de insumos			X																	
Selección de tecnología												X								
Selección del método de producción			X		X			X												X
Temporada de producción											X								X	

Saed et al. 1991	1	Darby - Dowman et al. 2000	11
Annevelink 1992	2	Berge ten et al. 2000	12
Van Berlo 1993	3	Caixeta - Fiho et al. 2002	13
Purcell et al. 1997	4	Itoh et al. 2003	14
Hamer 1994	5	Rantala 2004	15
Miller et al. 1997	6	Allen and Schuster 2004	16
Aleotti et al. 1997	7	Kazaz 2004	17
Stokes et al. 1997	8	Caixeta - Fiho 2006	18
Leutscher et al. 1999	9	Widodo et al. 2006	19
Romero 2000	10	Ferrer et al. 2008	20

Fuente: Creación autores

5.2.4. Identificación Eslabones de la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite.

5.2.4.1. Caracterización general de las cadenas agroindustriales en Colombia.

En las cadenas agroindustriales más importantes en el país; tabaco, café y azúcar (Ver Anexos 1, 2 y 3) se tienen como eslabones comunes los procesos de siembra, cosecha/recolección, secado y producción. En estos eslabones se pueden encontrar procesos de transformación específicos,

dependiendo de la cadena, los cuales son necesarios para que el producto ingrese al siguiente proceso. En la información encontrada, se determinaron algunos aspectos relacionados a cada eslabón y que son compartidos en general por las cadenas agroindustriales (inferencia realizada a partir de las cadenas agroindustriales anteriormente mencionadas).

Eslabón Primario o Agrícola.

Este eslabón corresponde al procesos de agricultura, donde se prepara la tierra, se cultivan las semillas oleaginosas y se realiza todo el mantenimiento y cuidado de las plantas en el proceso de germinación, crecimiento y recolección de los frutos, finalizando con el transporte a los centro de recolección.

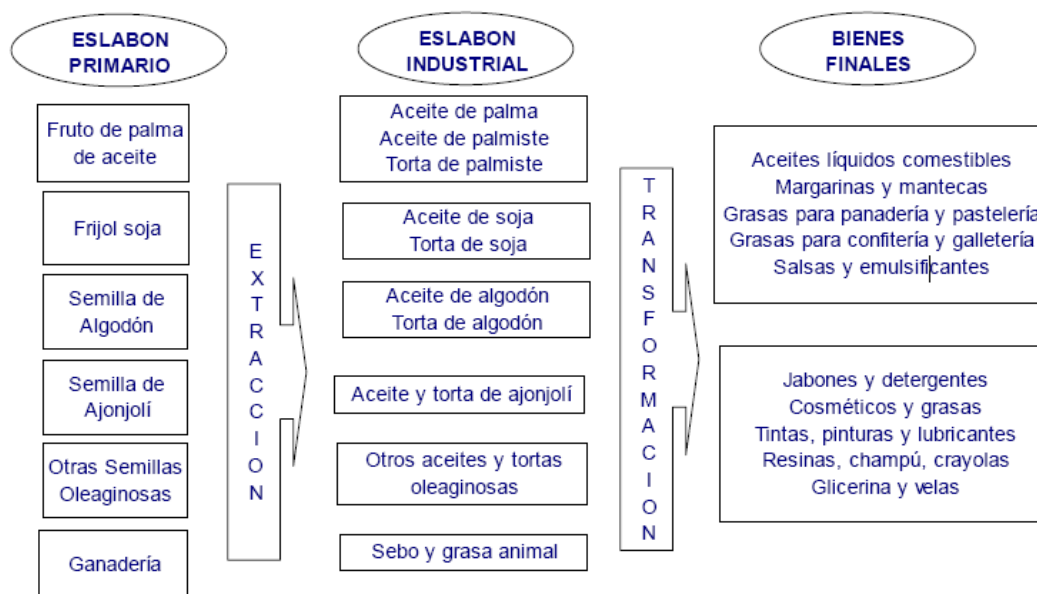
Eslabón Industrial I.

El eslabón industrial I hace referencia a la extracción y demás procesos de donde se obtienen los primeros productos oleaginosos, los cuales son la materia prima para los bienes finales.

Eslabón Bienes Final o Industrial II.

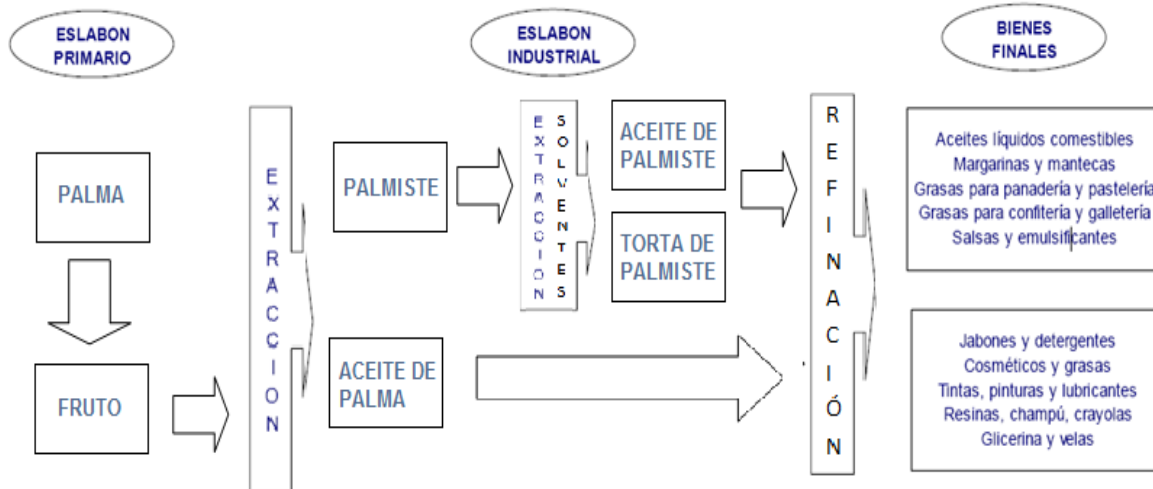
En este eslabón hacen parte los procesos finales de transformación de los aceites, donde se obtiene todos los productos intermedios y finales de consumo masivo, finalizando con la distribución al consumidor final. En el caso especial de la cadena de la palma de aceite, este proceso de transformación es conocido con la refinación.

Ilustración 10. Estructura Cadenas Agroindustriales



Fuente: Agrocadenas

Ilustración 11. Estructura Cadena Agroindustrial de la palma de aceite



Fuente: Creación autores

5.2.4.2. Descripción de los procesos de la cadena abastecimiento de la palma de aceite.

5.2.4.2.1. Cultivo.

En primera medida cuando se proyecta establecer una plantación de palma de aceite, es indispensable hacer un análisis de las condiciones geográficas de la zona.

Para la palma de aceite, temperaturas mensuales entre 25°C a 28 °C en promedio son favorables, además la temperatura media mínima no puede ser inferior a 21 °C. Temperaturas de 15 °C detienen el crecimiento de las plántulas de vivero y disminuyen el rendimiento de las palmas adultas.

La precipitación entre 1.800 y 2.200 mm al año es óptima, si se comporta distribuida en todos los meses. Condiciones que también resultan favorables, son precipitaciones de 1.500 mm anuales y promedios mensuales de 150 mm.

La humedad relativa debe superar el 75%. La evapotranspiración o pérdida de agua del suelo por evaporación directa y por la transpiración a través de las hojas, afecta el desarrollo del cultivo. La humedad relativa está influida por la insolación, la presión del vapor de la atmósfera, la temperatura, el viento y la reserva de humedad del suelo. Es necesaria una insolación bien distribuida en todos los meses, superior a 1.500 horas anuales.

La adaptación de la planta se da hasta alturas de 500 m sobre el nivel del mar y en la zona ecuatorial, entre los 15° de latitud norte y 15° de latitud sur. Se prefieren terrenos planos o ligeramente ondulados, con pendientes no mayores de 15° de inclinación (Agrocadenas 2004).

Posteriormente luego de decidir el lugar donde establecer el cultivo se procede a analizar las características propias de la planta y de las actividades para su cuidado.

En la Palma de Aceite la obtención de los frutos a partir de los cuales se extrae el aceite es un proceso que tarda entre 36 y 40 meses, desde que germina la semilla hasta que el racimo maduro se recoge. Las plantas crecen en promedio de 30 a 60 cm por año, dependiendo de las condiciones del medio y de las características genéticas del material plantado. La calidad de la semilla es una condición necesaria para obtener rendimientos óptimos.

En Colombia, las semillas pueden comprarse tanto en el mercado local como en el extranjero, dependiendo de la predilección del palmicultor. Las semillas que son importadas tienen sus orígenes principalmente en Malasia, Nueva Guinea, Costa de Marfil y Costa Rica. Los principales proveedores en Colombia son el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Hacienda Las Flores en Codazzi (Cesar).

Fisiológicamente la semilla de la palma de aceite tiene requerimientos especiales de humedad, oxígeno y temperatura para acelerar y mejorar su germinación. En condiciones naturales, las semillas demoran mucho en germinar, o no lo hacen. Por ello, deben someterse a un tratamiento previo de calor en germinadores de aire caliente, con adecuada provisión de oxígeno y contenido de humedad cercano a la saturación.

El abastecimiento de las semillas de palma de aceite se realiza entregando las semillas precalentadas, empacadas en bolsas de polietileno, y tratadas con un desinfectante. Estas semillas son sacadas de las bolsas y sumergidas en agua para someterlas a remojo, durante siete días. Luego se colocan bajo sombra durante un periodo corto hasta que se haya evaporado el agua de su superficie. Las semillas se colocan de nuevo dentro de las bolsas de plástico y se amarran procurando dejar un buen espacio de aire en su interior.

Aproximadamente 10 días después, surge la radícula y emerge la plúmula. A medida que vayan germinando, las semillas deben sacarse con cuidado de las bolsas y colocarse en cajas de madera, en

medio de tela humedecida. Las semillas que no germinen en 45 días, deben descartarse. Normalmente el porcentaje de germinación es del 90 al 98%.

Como un aspecto de decisión estratégica se puede establecer un previvero si se va a manejar un gran número de palmitas, 50.000 o más, antes de establecer el vivero. Así se economiza espacio, se aprovecha mejor el agua y se reducen los costos de mantenimiento.

Ilustración 12. Previvero



Fuente: Creación autores

En el previvero se usan bolsas con suelo rico en materia orgánica. Las semillas germinadas se siembran a una profundidad de 1 a 2 cm. Deben colocarse palos horizontales en todo el perímetro del área de las bolsas, para sostenerlas. Aquí permanecen las plántulas por un periodo de cuatro a cinco meses.

Ilustración 13. Plántula de palma de aceite



Fuente: Fedepalma

El mantenimiento del previvero incluye riego diario, y aplicación semanal de una solución de urea. Cuando las plántulas tienen cuatro o cinco hojas se trasplantan al vivero, en bolsas de mayor tamaño. Antes del trasplante, debe hacerse una selección de plántulas para eliminar aquellas que presenten alguna anomalía.

El vivero puede establecerse a partir de semillas germinadas o de plántulas provenientes del previvero. Se emplean bolsas de polietileno con perforaciones en la base. El suelo suelto que debe utilizarse, tiene que ser rico en materia orgánica. Dependiendo de la proveniencia de la palma, previvero o vivero, la plántula tiene una duración de 6 a 8 meses o de 10 a 12 meses respectivamente. El vivero debe estar libre de malezas y debe suministrársele agua de forma regular.

En una misma plantación, a pesar de tratar el mismo material genético, la productividad de la planta puede variar notablemente, debido a las diferencias en las características físicas y químicas del suelo, el control de las malezas y de los cuidados sanitarios, es decir, de todas las actividades propias del cultivo. Por estas razones, en Colombia se observan diferencias muy marcadas en las productividades de los cultivos, sin importar el tamaño o la ubicación de los mismos.

El alto nivel de inversión necesario para el establecimiento es otra característica importante del cultivo, debido a la preparación y mantenimiento del terreno antes y durante los primeros cuatro años, los cuales resultan improductivos para el palmicultor y al montaje de la infraestructura necesaria para la explotación integrada hasta el proceso de extracción del aceite crudo.

Mientras se establecen el previvero y el vivero, se debe adecuar y preparar el terreno para la plantación, trazarse los lotes y las vías, y establecerse el cultivo de cobertura. Al planear la plantación se deben establecer caminos principales y otros secundarios entre las palmas para facilitar el transporte de los racimos a los sitios de recolección.

Sin embargo, la buena preparación y manejo del cultivo no es exclusivo a la edad improductiva. La palma demanda a lo largo de toda su vida, protección contra la competencia de otros vegetales por agua, luz y nutrientes, por lo que se debe proveer de estos en las cantidades y en los momentos adecuados. De esta manera se debe establecer un programa de fertilización teniendo en cuenta las condiciones químicas del suelo, los niveles de rendimiento y la edad de las palmas.

La aplicación de los fertilizantes se hace en círculos de 50 cm de radio que se van agrandando en la misma magnitud anualmente. Al inicio de la producción, la palma de aceite requiere especialmente potasio, magnesio y boro, posteriormente en los tres años siguientes, la palma exige nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

Por otra parte la palma africana necesita del control de malezas, la castración y la poda. El control de malezas se reduce a mantener limpio el círculo de cada palma, que será de 2 a 3 metros de diámetro en palmas recién trasplantadas, de 3 a 4 m en palmas que inician la producción y de 4 a 5 m en palmas adultas. En palmas jóvenes, los deshierbes se hacen a mano para no correr el riesgo de quemar las hojas.

La castración es una práctica común en palmas jóvenes, esta se realiza mensualmente después del año y hasta los 2 años después del trasplante. Consiste en eliminar los racimos pequeños para mantener las palmas libres de residuos orgánicos y evitar la concentración de insectos y hongos. Esta práctica mejora la producción y los rendimientos cuando se inicia la cosecha comercial.

La poda para palmas jóvenes, consiste en cortar las hojas que se encuentran más bajas para facilitar los deshierbes, la castración y la polinización manual. La idea es conservar la mayor superficie fotosintética activa. Después de los tres o cuatro años, la poda se efectúa sólo en las hojas que obstaculicen el corte de los racimos (Fumiaf 2005).

Al tener en cuenta todos estos factores, y después de que el árbol es trasplantado a su ubicación definitiva, comienza la producción de los racimos, etapa conocida como la vida productiva del árbol. Al iniciarse la producción de los racimos es necesario cosechar los racimos maduros una vez al mes. Es importante que a medida que aumenta la producción, sea por el número de racimos o por su peso y velocidad de maduración, es necesario aumentar la frecuencia en la cosecha hasta que el ciclo de cosecha se estabilice entre 7 y 10 días. La cosecha consiste en el corte de los racimos, la recolección de éstos y de los frutos caídos, los cuales son transportados de forma manual o en mulas y dejados centros internos de acopio, localizados en las rutas de acceso. Posteriormente vehículos tipo tractor a centros externos de acopio localizados en la intersección de los caminos. De allí los frutos son llevados por otro tipo de vehículos a la planta extractora de aceite, en este punto es importante considerar que los vehículos que deben ser utilizados deben garantizar la seguridad de la carga bajo circunstancias difíciles como: condiciones geográficas y climáticas, características de las rutas (García, 2007).

Ilustración 14. Cosecha de racimos



Fuente WWF Malaysia

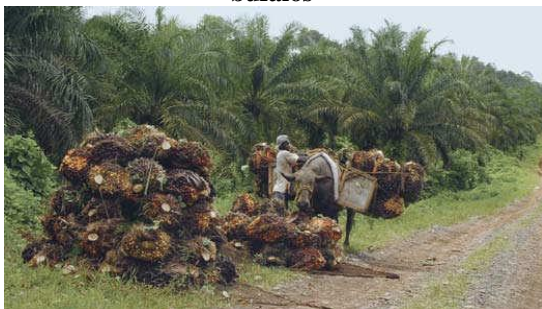
Ilustración 15. Recolección de racimos con tractor



Fuente WWF Malaysia

Una vez obtenidos los frutos, deben ser procesados tan frescos como sea posible, entre 6 y 12 horas después de cosechados para evitar su deterioro por acidez. Esta característica obliga a que haya un alto nivel de integración entre la fase agrícola y la primera fase industrial, lo que exige el manejo cuidadoso de los frutos en su cosecha, recolección y transporte, lo que determina la calidad del aceite a obtener. Es por esto que se considera que el proceso de recolección, es el factor económico y cualitativo más importante en la obtención del fruto, pues influye en la tasa de extracción y en el nivel de los ácidos grasos libres (AGL). Debido a esto el cultivo de la palma de aceite se caracteriza por el empleo de una fuerza laboral de diferentes niveles de habilidad y una amplia gama de conocimientos (Agrocadenas 2004).

Ilustración 16. Recolección de los racimos con búfalos



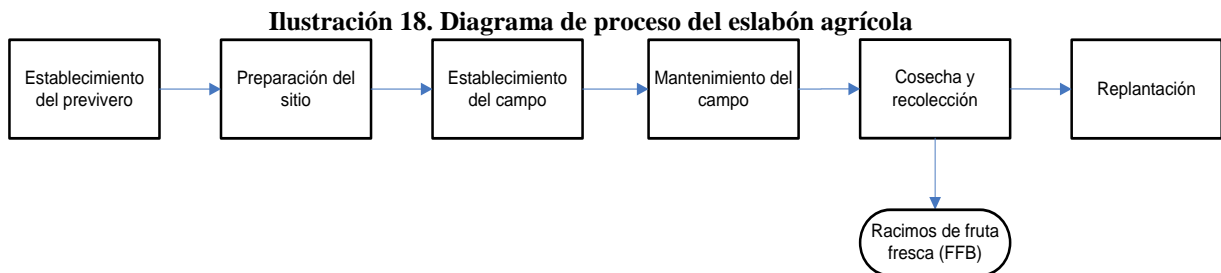
Fuente: Fedepalma

Ilustración 17. Selección de los frutos



Fuente WWF Malaysia

Una vez cosechados, los racimos se entregan o venden a la planta de beneficio (extracción) más cercana. Al llegar los racimos a la planta de extracción se descargan en una tolva de recibo, en donde se analizan para determinar su calidad.



Fuente: Fedepalma

5.2.4.2.2. Extracción

La extracción es el proceso que se realiza para obtener el aceite de palma crudo y el aceite de palmiste. El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se lleva a cabo en la planta de beneficio o planta extractora. Cada cultivo o conjunto de cultivos, más las instalaciones donde se benefician sus frutos, constituyen un núcleo de producción palmera.

Ilustración 19. Planta de extracción de aceite de palma



Fuente: Fedepalma

Para lograr la extracción del aceite de palma es necesario realizar los siguientes procedimientos:

- **Esterilización:** Los racimos son cocinados bajo presión en un esterilizador o autoclave, gracias a los vapores saturados emanados por una caldera. Este proceso se realiza con el fin de evitar la acidez del aceite extraído, y facilita el desprendimiento de los frutos del racimo, además prepara la pulpa para la extracción del aceite y desprende parcialmente la almendra de la cáscara. Mediante la desaireación, se busca eliminar el aire del autoclave para evitar la formación de bolsas que impiden la transferencia de calor. Es importante tener en cuenta los picos de presión que se ubican entre los 2,5 a los 3,0 kilogramos por centímetro cúbico, ya que entre estos puntos se inicia el intercambio de calor entre los racimos frescos y el vapor saturado, y donde se genera la mayor cantidad de condensado de todo el proceso. Así mismo, los picos de cocción los cuales dependen de la calidad del fruto, para los racimos verdes es necesario en promedio 60 minutos, para los maduros 47 minutos y los sobremaduros, 27 minutos.

Posteriormente, se separan los frutos del racimo con un cilindro horizontal. Las paredes del cilindro están formadas por ángulos, con espacios. La rotación del cilindro hace que los frutos se desprendan y pasen a través de los espacios de los ángulos al transportador. Los raquis salen al final del cilindro.

- **Desfrutamiento:** En esta operación se separan los frutos de los raquis. En el desfrutador, los racimos se someten a golpes repetidos, que gracias al tambor, se desprenden para luego pasar a través de barrotes que no dejan espacio para que pasen los raquis, los cuales son utilizados en el campo como abono orgánico.
- **Digestión:** Por medio de la maceración de los frutos, se obtiene una masa fibrosa, en la cual, las células oleíferas se rompen, para liberar el aceite contenido en ellas. La digestión se lleva a cabo en un cilindro vertical precalentado, provisto de brazos agitadores de baja revolución, el cual trabaja a una temperatura de 100°C durante 20 minutos.
- **Extracción:** El proceso de obtención del aceite crudo, inicia al estandarizar la humedad, cuando se someten las semillas a procesos de secado, limpieza, y por último, laminado. Las láminas son calentadas y expuestas a cocción con vapor directo, cuyo para dilatar los tejidos celulares de las semillas. Las hojuelas cocinadas, que contienen entre un 40% a un 45% de aceite, se someten a dos prensados, que consisten en comprimirlas en un tornillo sin fin contra un cono circular. De este proceso se obtiene el aceite crudo y la torta. El aceite crudo pasa por una etapa de filtración

y luego se envía a los tanques de almacenamiento. La torta que aún contiene entre un 15% y un 25% de aceite, pasa a la etapa de extracción por solvente. Gracias a la reacción del hexano, se disuelven grandes cantidades de aceite, sin que se vean afectados otros compuestos presentes en éste. Mediante la destilación, se retira el solvente utilizado y se condensa para ser reutilizado. Generalmente se utiliza el prensado para semillas con mayor contenido graso y los solventes químicos para aquellas con menor contenido.

De esta manera, el aceite crudo está listo para ser mezclado en el estanque de almacenamiento con el aceite prensado.

- **Clarificación:** Consiste en la purificación del aceite que ha sido extraído con impurezas. Se lleva a cabo mediante la decantación o sedimentación donde el aceite crudo que sale de la prensa pasa por una criba vibratoria que elimina fibras y otra basura gruesa. Después de la clarificación, el aceite contiene un 1% de agua y otras materias que alteran su calidad, lo que hace necesario un tratamiento de depuración y secado, por lo cual se hace reposar el aceite en un tanque sedimentador, para luego hace pasar el aceite por un secador al vacío. El aceite obtenido se transporta mediante tubería a grandes tanques de almacenamiento, en donde se conserva hasta ser despachado a las refinерías. Los tanques deben tener un serpentín de vapor que permita mantener el aceite en recirculación, para garantizar su homogeneidad en el momento de la venta.
- **Desfibración:** Al obtener la torta, una mezcla de nueces y fibras húmedas, las fibras son arrastradas por corrientes de aire, y las nueces son separadas, todo esto para someterlas a los procesos de acondicionamiento y rompimiento, que permiten recuperar la almendra o palmiste.
- **Palmisteria:** Es el proceso para acondicionar la nuez y extraer de ella la almendra o palmiste. Primero se somete a un secado a bajas temperaturas que posibilita la disminución del volumen de la almendra al separarse de la cáscara, donde la primera es quebrada y la última extraída (Agrocadenas 2004).

5.2.4.2.3. Transformación

En el mundo entero excepto África, donde se consume crudo de manera masiva, el aceite de palma es sometido a un proceso de refinación en el cual se le reduce la humedad, se blanquea y se

desodoriza. Este proceso de transformación parte del aceite crudo de palma y palmiste, para convertirlos en los diferentes productos comerciales.

- **Refinación:** La etapa de refinación comienza una vez extraído el aceite crudo, en este proceso se remueven todas las impurezas del aceite, y se adecua su estructura química, para el consumo humano, creando las propiedades de consistencia y color, y dando una estabilidad al aceite frente a la oxidación.

Ilustración 20. Variedad de aceites de palma producto de la extracción y refinación



Fuente: Fedepalma

La refinación presenta los siguientes procesos:

- **Degomado:** Mediante la decantación y el centrifugado son removidas aquellas partículas de origen no oleoso, fragmentos de proteínas, gomas, etc., que se encuentran disueltas en el aceite.
- **Blanqueo y Filtración:** Consiste en la decoloración parcial del aceite. El aceite neutro y seco es tratado con tierras activadas, que permiten retirar residuos menores por medio de absorción. Posteriormente, la tierra se retiene por medio de filtros, quedando el aceite neutroblanqueado.
- **Neutralización:** Por este procedimiento se destilan los ácidos grasos, los aldehídos y las cetonas que le dan al aceite un mal olor y sabor. La neutralización se realiza en forma continua, donde se utilizan plantas que operan a pequeña escala. En las plantas se dispone de un estanque de alimentación, donde se vierte el aceite crudo a un intercambiador de calor de placas, para que logre una temperatura acorde con el proceso. Luego, el aceite es tratado con ácido fosfórico para la eliminación de fosfátidos no hidratables y luego con soda cáustica para su neutralización. Los productos de la reacción de las etapas mencionadas, el jabón o soapstock y el aceite, son conducidos a centrifugadoras para su separación. El aceite puede quedar aún con

residuos de jabón, por lo que se hace necesario lavarlos con agua caliente. Finalmente, el aceite es conducido a una torre de secado.

- **Desodorización:** Este es un proceso de destilación cuya finalidad es eliminar del aceite, las trazas de sustancias que comunican olor y sabor. Se realiza al vacío en presencia de altas temperaturas para remover sustancias volátiles, y evitar la hidrólisis de aceites y grasas y aprovechar el uso del vapor.
- **Fraccionamiento:** El aceite bruto de palma es una composición de triglicéridos, que con el fraccionamiento, logra separar los triglicéridos líquidos (oleínas), de los triglicéridos sólidos (estearina). El proceso se realiza enfriando el aceite, cristalizando los sólidos, y separando por medio de la filtración.
- **Hidrogenación:** La hidrogenación tienen como objetivo la estabilización de los aceites y la provisión de consistencia adecuada a la materia grasa, para su aplicación final. Consiste en un cambio químico que permite modificaciones a nivel molecular; esta se lleva a cabo sobre el aceite blanqueado, lo más purificado posible, para que el proceso pueda realizarse con buenos resultados.

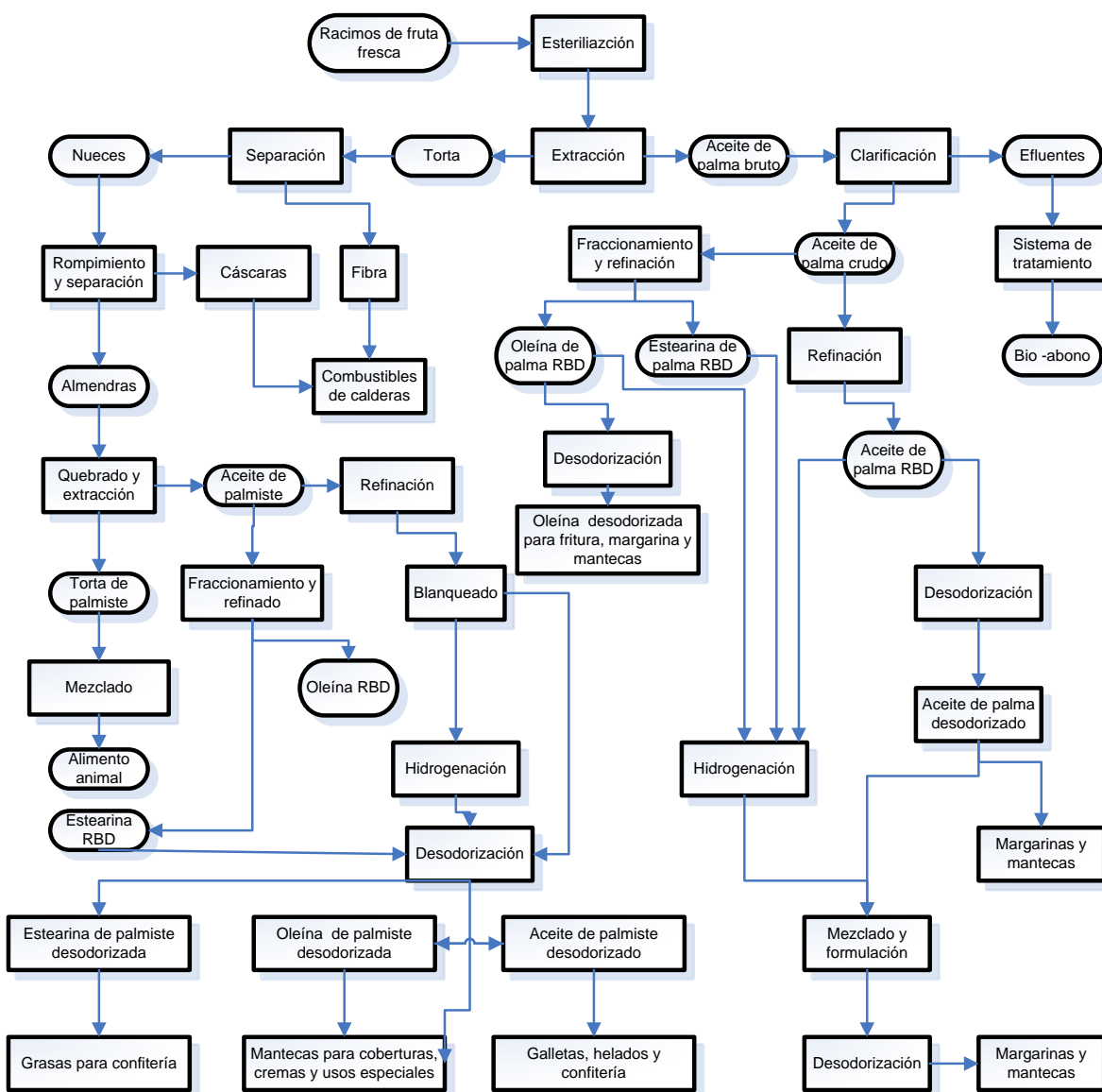
Los principales productos obtenidos del fraccionamiento y la refinación, oleínas (porción líquida del aceite), estearinas (porción sólida del aceite) producen más del 50% de los aceites y grasas que se consumen en Colombia. Tanto oleínas como estearinas tienen una gran cantidad de aplicaciones comestibles y no comestibles. La estearina es empleada en la fabricación de margarina, grasas industriales, grasas para panadería y repostería, y otra fracción se destina a la fabricación de jabones (Agrocadenas 2004).

5.2.4.2.4. Comercialización

Según la integración vertical entre el eslabón agroindustrial y el industrial, la mayor parte de la producción se comercializa directamente entre cultivadores, extractores y refinadores. El precio de referencia para las ventas de los aceites de palma y palmiste en el mercado nacional dependen de los precios que estos productos tienen a nivel internacional e igualmente de sus sustitutos. Igualmente, el precio de referencia para las exportaciones está basado en el precio internacional. Generalmente se paga por el fruto de palma entre el 17% y 18% del precio del aceite crudo en el mercado nacional.

Las compras de aceite crudo están determinadas por normas mínimas de calidad, que depende de una tabla de bonificación de acuerdo al contenido de ácidos grasos libres (AGL%), donde para aceites con contenido graso del 5%, no existe bonificación, mientras para aceites con contenido graso igual o inferior al 1,5%, se adiciona un 7 %. Lo niveles de acidez son determinados por las refinadoras. En Colombia, el promedio de ácidos grasos libres recibido durante el año 2003 fue de 2,4%, lo cual otorga una bonificación del 5,2% (Agrocadenas 2004).

Ilustración 21. Diagrama de proceso del aceite de palma y sus derivados



Fuente Fedepalma4

⁴ Coordinador Técnico de la Cadena, Fabricio Arévalo Sánchez. Fedepalma 2004

5.2.4.3. Variables cualitativas que afectan la cadena de abastecimiento de la palma de aceite

Con base en la información mostrada en el numeral 5.2.1.1, se elaboró un cuadro en el cual se explica para la cadena de abastecimiento de la palma de aceite, como afectan las variables cualitativas identificadas a partir de la revisión bibliográfica.

Tabla 11. Adaptación definición de las variables cualitativas a la palma

VARIABLE: CALIDAD
Definición: En el contexto de la palma y en los procesos analizados en este trabajo de grado, la calidad está relacionada con características de los frutos cosechados, como lo son grado de madurez del fruto (afecta la acidez del aceite), longitud y forma en la que se cortó el pedúnculo (una alta cantidad de pedúnculo procesado afecta la calidad del aceite, además uno de los factores que determinan el valor por el cual se compra el racimo de fruta fresca es por su peso, y el pedúnculo le añade)
VARIABLE: FLEXIBILIDAD
Definición: Para la palma es fundamental el rendimiento que se obtiene de las plantaciones, el rendimiento es medido en la velocidad en la cual los racimos de fruta fresca son cosechados y llevados a los centros de acopio y centros de extracción. Por lo tanto se deben poseer los caminos y rutas necesarios para que los frutos sean recolectados, poseer distintos medios de transporte (actualmente se poseen bueyes, mulas, tractores y camiones), y sobre todo poseer mano de obra capaz de recolectar los racimos en palmas de distintas alturas, ya que en palmas con altura de más de 12 metros el esfuerzo físico es bastante alto y necesita de trabajadores con cierta experiencia.
VARIABLE: VISIBILIDAD
Definición: El flujo de información es fundamental en esta cadena agroindustrial, debido a que para obtener el mayor beneficio de la plantación se debe tener un control estricto sobre los ciclos de cosecha según el tipo de palma sembrado (palma africana o híbrida), los cuales se encuentran en lotes según la edad y variedad. Por lo tanto es de vital importancia que la información fluya desde los directivos de la plantación hasta el recolector con la menor distorsión posible.
VARIABLE: CONFIANZA
Definición: No todas las empresas palmeras poseen centros de extracción por lo tanto la confianza creada con sus clientes (centros de extracción - cliente externo) basada en calidad y cumplimiento, debe ser constante en el tiempo. En cuanto al cliente interno, es claro que cada uno de los procesos influye directamente en el siguiente, y por ende en los racimos de fruta fresca que se le entregan al centro de extracción.
VARIABLE: INNOVACIÓN
Definición: En la cadena agroindustrial de la palma de aceite, las distintas labores en general poseen dos características: alto uso de mano de obra y bajo nivel tecnológico. Debido a esto es fundamental buscar la tecnificación de sus procesos, la cual permita aumentar el rendimiento de la plantación.

Fuente: Creación autores

5.3. TIPIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS

5.3.1. Aspectos relacionados a la cadena agroindustrial de la palma de aceite

Al recopilar el conjunto de aspectos tenidos en cuenta en las cadenas de abastecimiento desde una óptica general y al agregar aquellos aspectos específicos de las cadenas agrícolas, tanto para productos perecederos como los no perecederos, se obtiene un universo de elementos que nos permite llegar a la primera aproximación de los aspectos que hacen parte de la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite.

Tabla 12. Aspectos de la cadena de abastecimiento de la palma de aceite

ASPECTOS	PALMA
Asignación de productos a producir en cada planta	Asignar tipo de semilla a un cultivo en específico y frutos a centro de extracción
Asignación de proveedores a plantas	Asignar proveedores a los cultivos.
Asignación de recursos	Asignar recursos naturales, mano de obra y maquinaria
Cantidad de centros de distribución	Cantidad de puntos de acopio principales e intermedios de racimos
Cantidad de instalaciones	Cantidad o tamaño del cultivo, cantidad de plantas, centros de distribución y de acopio
Capacidad de los centros de distribución	Capacidad de los centros de acopio y de distribución
Capacidad de los proveedores	Capacidad de respuesta en tiempo y cantidad de los proveedores
Capacidad de planta	Capacidad de producción de los cultivos
Capacidad del canal distribución	Capacidad de los centros de distribución y los modos de transporte
Costo de mano de obra	Costos de mano de obra (Habilidad, Ubicación)
Costos de centros de distribución	Costos de mantenimiento de los centros de acopio y distribución
Costos de inventario	Costos de inventario de repuestos, insumos, producto en proceso
Costos de producción	Costos de cultivo, mantenimiento de cultivos.
Costos de transporte	Costos de transporte en el cultivo, y hacia centros de extracción y transformación
Desempeño de proveedores	Desempeño en cumplimiento, respuesta y mejoramiento de los procesos
Diseño de planta	Diseño y adecuación de los cultivos
Diseño de producto	Diseño genético de las semillas y la adecuación de los recursos para obtener un tipo de producto
Estrategia de distribución	Estrategia en la planeación de rutas y capacidades en la distribución de frutos
Estrategia de producción	Estrategia en la planeación y mantenimiento del cultivo.
Estrategias de compras	Estrategias en las compras de materias primas, insumos y maquinaria
Flujo de dinero	Flujo de dinero a través de toda la cadena
Flujo de información	Flujo de información a través de toda la cadena
Flujo de material	Flujo de material a través de la cadena. (Semillas, Palmas y Frutos)
Localización de centros de distribución	Localización de los centros de acopio y distribución
Localización de plantas	Localización de los cultivos y los centros de extracción
Mezcla de productos	Variedad de tipos de palma que se cultivan
Modo de actividades de cosecha	Modo de realizar actividades de cosecha (Selección, Recolección)
Modos de transporte	Modos de transporte (Animal, mecánica, Humana)
Nivel de demanda	Nivel de demanda por parte de las plantas extractoras
Nivel de satisfacción de demanda	Nivel de satisfacción de la demanda plantas extractoras
Nivel de satisfacción del cliente	Nivel de satisfacción del cliente (Plantas extractoras)
Nivel de utilización de maquinaria	Nivel de utilización de la maquinaria
Niveles de inventario	Niveles de inventario de palmas, frutos, insumos y maquinaria
Niveles de producción	Niveles de producción de semillas, palmas y frutos
Política de producción	Políticas en la producción y el mantenimiento del cultivo
Políticas de inventario	Políticas de inventario (métodos de inventario)
Políticas de outsourcing	Políticas de tercerización de los procesos
Selección de equipos	Selección de equipos en un mismo tipo de tecnología
Selección de insumos	Selección de materias primas e insumos en el cultivo
Selección de la Mano de obra	Selección del personal (Habilidad, especialización)
Selección de proveedores	Selección de proveedores de semillas, insumos y maquinaria
Selección de tecnología	Selección de tipo de tecnología (Automatizada, hombre-máquina, hombre)
Selección del método de producción	Selección del método para cultivar y el mantenimiento del cultivo
Ubicación de los proveedores	Ubicación en distancia y facilidad de las instalaciones de los proveedores

Fuente: Creación autores

La tabla 12 nos muestra los aspectos tenidos en cuenta en la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite, pero de acuerdo al objetivo de esta investigación, en donde se busca la estimación de variables cualitativas, no se tendrán en cuenta una serie de aspectos relacionados directamente a lo que en el numeral 5.2.1.1 da como definición de las variables cuantitativas. En caso específico, los aspectos que hacen parte del conjunto de la variable cuantitativa de costo, no harán parte ya que estos son de suma importancia para cualquier organización económica por ser la razón y la medida del funcionamiento de las empresas, lo que para esta investigación puede sesgar a los agentes decisores al emitir sus juicios.

5.3.2. Tipificación según el tipo de decisión.

Después de conocer los aspectos que hacen parte en las decisiones de la cadena de abastecimiento de la palma de aceite, se dispone a hacer la primera tipificación de estos aspectos según el principal y más importante esquema de clasificación de las variables de decisión en las cadenas y las organizaciones; estratégico, táctico y operativo.

Las decisiones estratégicas abarcan los aspectos con un largo plazo de ejecución y teniendo como más importante referente todo aquello que indique la planeación y el diseño de redes de abastecimiento y en si del negocio en general. Existen decisiones de selección de equipos, selección de tecnología, planeación financiera, diseño de los redes de suministro, administración de reservas, y estrategias de rotación de cultivo.

Las decisiones tácticas agrupan los aspectos con un mediano plazo de ejecución y bajo la temática de la planeación operativa y la comercialización lo cual abarca las ventas. De tipo táctico se tienen decisiones de planeación de cultivo, de cosecha, políticas de plantación, asignación de cultivo, políticas de excavación, participación en programas del gobierno, asignación de agua, decisiones de post-cosecha y capacidad de mano de obra.

Las decisiones operativas toman en cuenta las acciones cotidianas o de rápida ejecución, enfocadas en el planeamiento maestro de la producción y toda aquella planeación para el funcionamiento normal de las plantas. En este esquema se encuentra los planes de siembra, programación de actividades de producción la programación de los equipos de trabajo, asignación de agua, la preparación de la tierra, el almacenamiento intermedio y la planeación del empaque.

La Tabla 13, muestra la agrupación dada a los aspectos según el tipo de decisión al cual se encuentran asociados, se puede observar que la mayor parte de los aspectos se encuentran asociados a las decisiones de tipo estratégico, seguido por táctico y por último los aspectos asociados a las decisiones de tipo operativo.

Tabla 13. Clasificación de los aspectos según tipo de decisión

		ASPECTOS			
Estratégicos	Asignación de productos a producir en cada planta	Táctico	Desempeño de proveedores	Operativo	Desempeño de proveedores
	Asignación de proveedores a plantas		Estrategias de compras		Nivel de satisfacción de demanda
	Asignación de recursos		Flujo de información		Nivel de satisfacción del cliente
	Cantidad de centros de distribución		Flujo de material		Niveles de producción
	Cantidad de instalaciones		Modo de actividades de cosecha		Política de producción
	Capacidad de los centros de distribución		Modos de transporte		
	Capacidad de los proveedores		Nivel de demanda		
	Capacidad de planta		Nivel de satisfacción de demanda		
	Capacidad del canal distribución		Nivel de satisfacción del cliente		
	Diseño de planta		Niveles de inventario		
	Diseño de producto		Niveles de producción		
	Estrategia de distribución		Política de producción		
	Estrategia de producción		Políticas de inventario		
	Flujo de información		Selección de insumos		
	Flujo de material		Selección de la Mano de obra		
	Localización de centros de distribución		Selección de proveedores		
	Localización de plantas		Ubicación de los proveedores		
	Mezcla de productos				
	Modo de actividades de cosecha				
	Modos de transporte				
Nivel de demanda					
Políticas de outsourcing					
Selección de equipos					
Selección de proveedores					
Selección de tecnología					
Selección del método de producción					
Ubicación de los proveedores					

Fuente: Creación autores

5.3.3. Tipificación de los aspectos según la etapa del proceso

A medida que se ha entrado profundamente a explorar los aspectos que se tiene en cuenta a la hora de la planeación y la administración eficiente de la cadena de abastecimiento, se ha podido distinguir una serie de clasificaciones de las decisiones que han tenido en cuenta varios autores.

En el proceso de estructurar el marco conceptual con el cual se basará el estudio de esta investigación, se tiene el área funcional en que se dividen las actividades de toma de decisiones. Para el contexto agrícola, como se mencionó con anterioridad, está la producción, la cosecha el acopio y la distribución. Recordemos que la producción hace referencia al cultivo, a todos los procesos de siembra, y mantenimiento para el crecimiento del producto. Posteriormente se tiene la cosecha como el proceso de recolección del producto. Después de obtener el producto está el proceso de transporte para la distribución de éste a los clientes directamente, o a alguna empresa del sector secundario o terciario que se encarguen de transformarlo o de distribuirlo respectivamente, y finalmente el acopio al final de esta cadena o en puntos intermedios de estos procesos.

Para el caso específico de la cadena de abastecimiento agroindustrial de la palma de aceite, se encuentra que ésta hace parte del sector primario y secundario, ya que está compuesta por un eslabón primario en su parte agrícola y en el secundario por los eslabones de extracción y transformación. De esta manera el marco conceptual se enfoca en el sector primario, debido a que éste eslabón es el que tiene mayor impacto socioeconómico y competitivo en el país, y es en donde encuentra mayores problemas debido a su poca competitividad en términos logísticos (García et al, 2006).

En la Tabla 14, los aspectos mostrados en la Tabla 13, son relacionados a la etapa de proceso del eslabón agrícola. Según la cual la mayor cantidad de aspectos se encuentran asociados al cultivo, debido a que las decisiones y actividades realizadas sobre éste son fundamentales para el desempeño de la planta.

Tabla 14. Clasificación de los aspectos según etapa del proceso

	ASPECTOS	PROCESOS					ASPECTOS	PROCESOS				
		CUL	REC	TRA	ACO			CUL	REC	TRA	ACO	
Estratégicos	Asignación de productos a producir en cada planta	X				Táctico	Desempeño de proveedores	X				
	Asignación de proveedores a plantas	X					Estrategias de compras	X				
	Asignación de recursos	X	X	X	X		Flujo de información	X	X	X	X	
	Cantidad de centros de distribución				X		Flujo de material	X	X	X	X	
	Cantidad de instalaciones	X			X		Modo de actividades de cosecha		X			
	Capacidad de los centros de distribución				X		Modos de transporte			X		
	Capacidad de los proveedores	X					Nivel de demanda	X	X	X	X	
	Capacidad de planta	X					Nivel de satisfacción de demanda		X		X	
	Capacidad del canal distribución			X	X		Nivel de satisfacción del cliente		X		X	
	Diseño de planta	X			X		Niveles de inventario				X	
	Diseño de producto	X					Niveles de producción	X				
	Estrategia de distribución			X			Política de producción	X				
	Estrategia de producción	X					Políticas de inventario				X	
	Flujo de información	X	X	X	X		Selección de insumos	X				
	Flujo de material	X	X	X	X		Selección de la Mano de obra	X	X	X	X	
	Localización de centros de distribución				X		Selección de proveedores	X				
	Localización de plantas	X					Ubicación de los proveedores	X				
	Mezcla de productos		X				PROCESOS					
	Modo de actividades de cosecha		X				ASPECTOS	CUL	REC	TRA	ACO	
	Modos de transporte			X			Operativo	Desempeño de proveedores	X			
	Nivel de demanda	X	X	X	X			Nivel de satisfacción de demanda		X		X
	Políticas de outsourcing	X	X	X	X			Nivel de satisfacción del cliente		X		X
	Selección de equipos	X	X	X	X			Niveles de producción	X			
	Selección de proveedores	X						Política de producción	X			
	Selección de tecnología	X	X	X	X							
	Selección del método de producción	X										
Ubicación de los proveedores	X											

Fuente: Creación autores

6. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

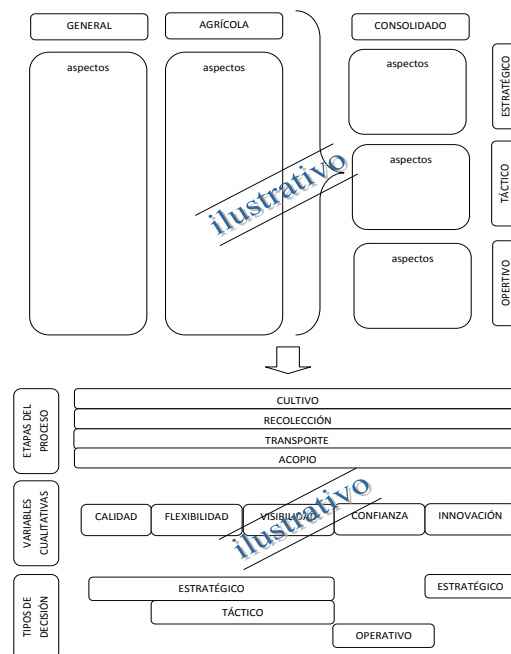
6.1. Metodología

Para la clasificación de los aspectos encontrados en la revisión bibliográfica, se desarrolló un marco conceptual, a partir de un esquema deductivo en el cual se toman los aspectos tenidos en cuenta por varios autores en modelos de optimización de las cadenas de abastecimiento en general. Posteriormente se accede al sector agrícola desde las perspectivas de productos perecederos y no perecederos para así poder consolidar un universo de aspectos aplicados a la totalidad de la cadena de abastecimiento de la palma de aceite. Al tener la totalidad de aspectos se tipifican los aspectos de acuerdo al tipo de decisiones (estratégico, táctico y operativo), luego éstos son clasificados según el campo de acción en las etapas del proceso (cultivo, recolección, transporte y acopio) y finalmente se identifican cuales de estos aspectos - de acuerdo a las definiciones de variables cualitativas (Calidad, Flexibilidad, Visibilidad, Innovación y Confianza) – intervienen.

6.2. Organización de los aspectos asociados a las variables cualitativas

A continuación se muestra un esquema ilustrativo del marco conceptual creado.

Ilustración 22. Esquema del marco conceptual



Fuente: Creación autores

A partir del esquema del marco conceptual creado, se clasificaron los aspectos identificados, los cuales se muestran en la Tabla 15. En la cual se muestra la clasificación total, que será utilizada en el desarrollo del trabajo.

Tabla 15. Clasificación de los aspectos relevantes a la cadena de la palma

ASPECTOS	CUALITATIVOS					PROCESOS			
	CAL	FLE	VIS	CON	INN	CUL	REC	TRA	ACO
Estratégicos	Asignación de productos a producir en cada planta		X				X		
	Asignación de proveedores a plantas				X		X		
	Asignación de recursos		X				X	X	X
	Cantidad de centros de distribución		X						X
	Cantidad de instalaciones		X				X		X
	Capacidad de los centros de distribución		X						X
	Capacidad de los proveedores				X		X		
	Capacidad de planta		X				X		
	Capacidad del canal distribución		X						X
	Diseño de planta	X					X		X
	Diseño de producto	X					X		
	Estrategia de distribución	X							X
	Estrategia de producción		X				X		
	Flujo de información			X			X	X	X
	Flujo de material			X			X	X	X
	Localización de centros de distribución	X	X						X
	Localización de plantas		X				X		
	Mezcla de productos		X			X			
	Modo de actividades de cosecha		X					X	
	Modos de transporte		X		X				X
	Nivel de demanda		X			X	X	X	X
	Políticas de outsourcing		X				X	X	X
	Selección de equipos	X	X			X	X	X	X
	Selección de proveedores	X			X		X		
	Selección de tecnología	X	X			X	X	X	X
	Selección del método de producción		X				X		
Ubicación de los proveedores		X		X		X			
Táctico	Desempeño de proveedores	X	X		X		X		
	Estrategias de compras						X		
	Flujo de información			X			X	X	X
	Flujo de material			X			X	X	X
	Modo de actividades de cosecha		X					X	
	Modos de transporte		X		X				X
	Nivel de demanda		X			X	X	X	X
	Nivel de satisfacción de demanda	X						X	X
	Nivel de satisfacción del cliente	X						X	X
	Niveles de inventario	X			X				X
	Niveles de producción				X		X		
	Política de producción		X				X		
	Políticas de inventario	X							X
	Selección de insumos		X				X		
	Selección de la Mano de obra		X				X	X	X
	Selección de proveedores	X			X		X		
Ubicación de los proveedores		X		X		X			
Operativo	Desempeño de proveedores	X	X		X		X		
	Nivel de satisfacción de demanda	X					X		X
	Nivel de satisfacción del cliente	X					X		X
	Niveles de producción				X		X		
Política de producción		X				X			

CALIDAD	CAL	CULTIVO	C
FLEXIBILIDAD	FLE	RECOLECCIÓN	R
VISIBILIDAD	VIS	TRANSPORTE	T
CONFIANZA	CON	ACOPPIO	A
INNOVACIÓN	INN		

Fuente: Creación autores

7. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN

7.1. Metodología

Para realizar el proceso de estimación de las variables cualitativas, en primera instancia se debe determinar el modelo en cual se va a basar, reconocer su funcionamiento para posteriormente adaptarlo según las necesidades y objetivos del trabajo, y finalmente realizar la estimación correspondiente.

7.2. Modelos y técnicas de análisis de los aspectos cualitativos

La decisión de seguir adelante en una organización está principalmente basada en la evaluación cuantitativa, la visión y el mando, es decir en una creencia en el futuro. Ciertos estudios cuantitativos pueden ser realizados basados en un estudio técnico y riguroso, donde las trampas lógicas pueden ser evitadas mediante el análisis cuidadoso y la simulación. Pero el resultado de la combinación de futuras condiciones y sus efectos financieros nunca pueden ser evaluados con ninguna certeza. Todo el análisis cuantitativo está fundamentado en suposiciones cualitativas, subjetivas y en la interpretación.

La investigación cualitativa está siendo producida tanto en ambientes de negocio como en instituciones académicas, mientras que la investigación cuantitativa es sostenida como algo más científica y por consiguiente superior, a pesar de su inhabilidad de manejar la complejidad. No obstante Gummesson (2006) propone la metodología cualitativa apoyada por ciencias naturales modernas como superior a la metodología cuantitativa que emana de ciencias naturales tradicionales.

Acercamientos cualitativos implican un aspecto de complejidad donde se acepta que el objeto de estudio puede ser confuso y ambiguo. Así mismo existe una perspectiva en donde cada aspecto puede estar en una categoría de acuerdo al contexto de estudio. Se realiza la exclusión de la subjetividad de la ciencia al igual que se excluye la personalidad del científico, sus motivos personales y comportamientos sociales. Al final, toda investigación es interpretativa, y toda interpretación es una combinación sistemática, objetiva, intuitiva, y emocionalmente subjetiva del ser humano, lo que le da una faceta que se acerca más a la realidad.

Teniendo en cuenta lo anterior se presenta el Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) como método de modelación cualitativa, el cual será utilizado como base en el proceso de estimación de los aspectos cualitativos de la cadena agroindustrial de la palma de aceite.

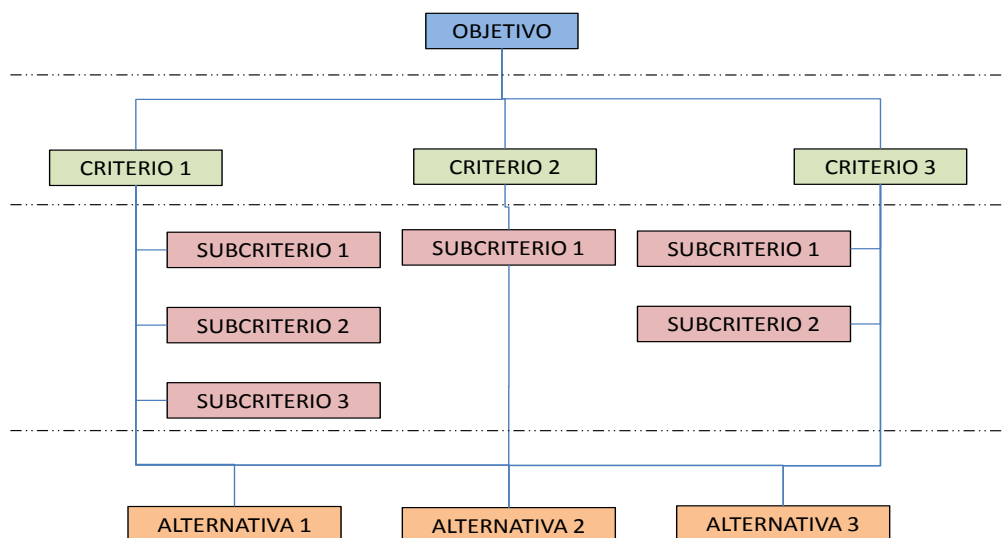
7.2.1. Proceso analítico Jerárquico (AHP)

El Proceso Analítico Jerárquico es una técnica de decisión multicriterio desarrollada por Saaty en 1980 la cual permite considerar tanto factores objetivos como subjetivos en la elección de la mejor alternativa, permitiendo la adecuada modelación de problemas con una alta complejidad. Usando técnicas de visualización gráfica de información, permite que el decisor incorpore al proceso de toma de decisiones las habilidades perceptuales del cerebro humano para analizar datos y extraer información.

El AHP, siglas de la frase en inglés (Analytic Hierarchy Process) está compuesto de tres etapas fundamentales, las cuales serán explicadas posteriormente mediante un ejemplo de toma de decisión.

1. La modelación y análisis de una jerarquía en la que se incorporan los elementos principales del problema, siendo el nodo más elevado de la jerarquía el objetivo, los nodos intermedios los criterios, subcriterios, y los nodos de nivel más bajo las alternativas.

Ilustración 23. Estructura jerárquica AHP



Fuente: Creación autores

Como ejemplo se presenta la elección de una casa que una familia desea comprar. Esta decisión se establece como el objetivo. La familia elige cuatro (4) criterios los cuales consideran que son los más importantes.

La definición de cada uno de los criterios es la siguiente:

1. Tamaño de la casa: Espacio para almacenamiento, número de cuartos, área total de la casa.
2. Barrio: Poco tráfico, seguro, buena vista, bajos impuestos, buena condición del barrio.
3. Años de construcción de la casa: Se explica por sí misma.
4. Costo: El costo de adquirir la casa.

Cada criterio se puede dividir en subcriterios, si se desea distinguir más factores de decisión, como puede ser para el criterio de tamaño de casa aspectos como número de cuartos, y área total. Para efectos prácticos sólo se presentan criterios.

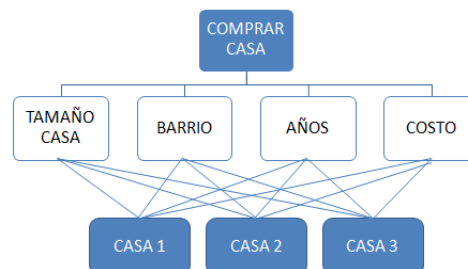
Finalmente se muestran las alternativas de las casas con un análisis de los aspectos importantes con los que se cuentan.

Casa 1: Esta casa es la que posee el mayor tamaño de todas. Se encuentra localizada en un vecindario con poco tráfico e impuestos bajos. Por otro lado, el costo de la casa está muy relacionado con el metraje de la casa por ende es el más alto.

Casa 2: Esta casa es un poco más pequeña que la casa 1. El barrio da una sensación de inseguridad debido a las condiciones de tráfico que presenta. El costo de la casa es el más bajo de todas.

Casa 3: Esta casa es bastante pequeña. El barrio posee altos impuestos, pero se encuentra en buenas condiciones y además parece seguro.

Ilustración 24. Estructura jerárquica del ejemplo



Fuente: Creación autores

La emisión de juicios mediante comparaciones pareadas medidos en la escala fundamental propuesta por Saaty, reflejan la importancia relativa para el decisor de los elementos de un nodo de

la jerarquía, con respecto al nodo del que dependen. Estos juicios se recopilan en una serie de matrices de comparaciones pareadas a partir de las cuales se obtienen las prioridades locales de cada elemento de la jerarquía.

Siendo los juicios un criterio cualitativo, definido como la predisposición aprendida para responder consistentemente de una manera favorable o desfavorable respecto a un objeto o sus símbolos (Hernández et al., 2003). Para su estimación se cuenta con una serie de herramientas, entre las cuales se encuentran el método de escalonamiento Likert, el diferencial semántico y la escala de Guttman, entre las más conocidas.

El método de escalonamiento Likert (Likert, 1976), consiste en un conjunto de ítems presentados en un cuestionario en forma de juicios o afirmaciones ante los cuales se pide a los sujetos a los cuales se les administra que expresen su reacción eligiendo uno de los cinco puntos de la escala. A cada uno de estos puntos se le asigna un valor numérico, y de esta forma el sujeto obtiene una puntuación respecto al grado de conformidad y al final se obtiene una puntuación final sumando las puntuaciones obtenidas en relación a todas las afirmaciones.

El diferencial semántico⁵ consiste en una serie de adjetivos extremos que califican al objeto de actitud en un conjunto de adjetivos bipolares. Entre cada par de adjetivos se presentan varias opciones y el sujeto selecciona aquella que refleje su actitud en mayor medida.

Manejando el mismo esquema de diferencial semántico expuesto por Likert, en 1980 Saaty propone una escala cardinal de 9 puntos en los que se representan los juicios o preferencias de quienes toman decisiones de acuerdo a una serie de alternativas.

Tabla 16. Escala de prioridades de Saaty en AHP

Escala de Prioridades en el Proceso Analítico Jerárquico	
Opinión del Decisor	Valor a Insertar en la Matriz de Decisión
A y B son igualmente importantes	1
A es débilmente más importante que B	3
A es fuertemente más importante que B	5
A es demostrablemente más importante que B	7
A es absolutamente más importante que B	9
A y B: Los elementos a comparar	
En situaciones de compromiso se podrá utilizar números pares.	

Fuente: Turón

⁵ Esta técnica se basa en que un concepto adquiere significado cuando un signo (palabra) puede provocar la respuesta que está asociada al objeto que representa; es decir, se reacciona ante el objeto simbolizado (Osgood et al., 1957).

El proceso realizado consiste en comparar parejas de aspectos del problema en estudio. Esta comparación se realiza asignando un valor de acuerdo a la información mostrada en la Tabla 16.

Con la información levantada se procede a realizar una matriz cuadrada $A_{n \times n} = (a_{ij})$ que posee los juicios realizados por el decisor, esta matriz debe cumplir con la condición de reciprocidad la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}; i, j = 1, 2, \dots, n.$$

Donde:

a_{ij} : es la importancia dada por el decisor del elemento i sobre el elemento j .

Siguiendo con el ejemplo se obtiene la matriz de juicios, en donde según el emisor el tamaño de la casa es débilmente más importante que el barrio, y entre demostrablemente y fuertemente más importante que los años de la casa y el costo de ésta. De igual forma se hace la comparación con todos los criterios.

Tabla 17. Matriz de juicios del ejemplo

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	3	6	6
BARRIO	1/3	1	4	4
AÑOS	1/6	1/4	1	1
COSTO	1/6	1/4	1	1

Fuente: Creación autores

2. Cálculo de las prioridades locales por cualquiera de los procedimientos de priorización existentes. Partiendo de éstas se aplica el principio de composición jerárquica, donde se obtienen las prioridades globales que son sintetizadas para obtener las prioridades totales de las alternativas, por cualquiera de los procedimientos de agregación existentes.

Entre los métodos de priorización existentes se encuentra el Método Recíproco de Columnas sugerido por Saaty, el cual consiste en tomar la suma de los elementos de cada columna y formar los recíprocos de estas sumas. Luego para normalizar estos valores, de manera que su suma sea la unidad, de debe dividir cada recíproco por el total de la suma de los recíprocos. Otro método de priorización es propuesto por Aguarón y Moreno-Jiménez (2003), en el cual se utiliza la media

geométrica por filas como procedimiento de priorización y el Índice Geométrico de Consistencia (GCI) como medida de la inconsistencia.

En el presente trabajo se utiliza el método propuesto por Aguarón y Moreno-Jiménez (2003) se utiliza la media geométrica por filas como procedimiento de priorización el cual viene dado por la siguiente fórmula:

$$\omega_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}$$

Donde:

ω_i : es el peso que tiene el elemento i .

Posteriormente se realiza la normalización de los ω_i obtenidos de la siguiente forma:

$$\omega'_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

Tabla 18. Vector de prioridades del ejemplo⁶

ω		
TAMAÑO	3,22	0,57
BARRIO	1,52	0,27
AÑOS	0,45	0,08
COSTO	0,45	0,08

Una vez obtenidos todos los ω_i se determina cuál de los elementos analizados para el problema en estudio presenta la mayor importancia.

Al realizar estas operaciones y basados en la matriz de juicios emitida, se obtiene el vector de prioridades.

⁶ Vector de prioridades, es la matriz de 1 x n (siendo n la cantidad de criterios comparados) en donde se consigan los pesos obtenidos para cada uno de los criterios.

Para el ejemplo se observa que el criterio más importante para el emisor es el tamaño de la casa con una prioridad del 57%, seguido por el barrio con un 27% y por último los años y el costo tienen una prioridad del 8%.

No obstante antes de lanzar este juicio es importante validar la consistencia de los juicios emitidos. Para la validación de los juicios emitidos se utilizó el método mostrado en Turón (2004), el cual consiste en los siguientes pasos:

1. Se tiene por definición que $a_{ij} = \omega_i / \omega_j$.
2. Obtener el error obtenido al estimar a_{ij} por medio de ω_i / ω_j , el cual se determina con la siguiente fórmula: $e_{ij} = a_{ij} (\omega_j / \omega_i)$.
3. Detectar las inconsistencias existentes en cada una de las entradas de la matriz de juicios $A_{n \times n} = (a_{ij})$, por medio de la matriz de inconsistencia la cual se define como $\Delta_{n \times n} = (\delta_{ij})$, donde $\delta_{ij} = \min \{ e_{ij}, e_{ij}^{-1} \}$. Los valores de esta matriz simétrica están comprendidos entre cero (0) y uno (1), siendo más próximos a cero cuanto más inconsistentes hayan sido los juicios entre el par considerado, y más cercanos a uno más consistentes. El fin de esta matriz es ayudar al decisor a detectar los juicios críticos. Con el fin de facilitar esta tarea, se construye el *diagrama de la inconsistencia de los juicios* sustituyendo cada uno de los elementos de la matriz por un color elegido en una escala que varía de rojo intenso lo cual representaría consistencia nula al blanco lo cual representaría consistencia total, un ejemplo ilustrativo se muestra a continuación.

Tabla 19. Diagrama de la inconsistencia de los juicios

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,41	0,84	0,84
BARRIO	0,71	1,00	1,19	1,19
AÑOS	1,19	0,84	1,00	1,00
COSTO	1,19	0,84	1,00	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,71	0,84	0,84	1,00
BARRIO	0,71	1,00	0,84	0,84	0,67
AÑOS	0,84	0,84	1,00	1,00	0,33
COSTO	0,84	0,84	1,00	1,00	0,00

Δ	0,771
----------	-------

Fuente: Creación autores

Por último se define el *índice de densidad de la inconsistencia* como una medida global de la inconsistencia de una matriz de comparaciones pareadas, la cual puede ser hallada mediante el uso de las siguientes fórmulas:

$$\Delta(A) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} (1 - \delta_{ij})$$

O,

$$\Delta(A) = \left(\prod_{i < j} \delta_{ij} \right)^{1/n}$$

Para la valoración cualitativa de este índice se utiliza la tabla de equivalencia de Bryson y Mobolurin (1999) que establece el valor cualitativo de comparación de la siguiente forma:

Tabla 20. Equivalencia de Bryson y Mobolurin

Categoría cualitativa	Intervalo numérico
Casi igual	(0.95, 1]
Muy próximo	(0.90, 0.95]
Relativamente próximo	(0.80, 0.90]
Moderadamente inferior	(0.70, 0.80]
Muy inferior	(0.60, 0.70]
Extremadamente inferior	(0.10, 0.60]

Fuente: Turón

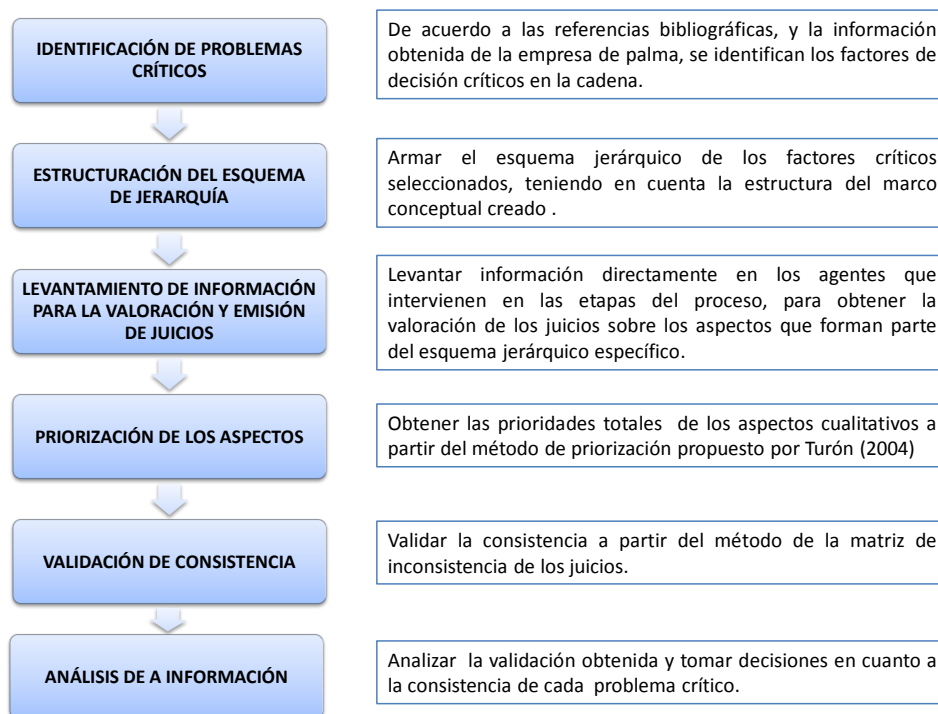
El índice global de inconsistencia de toda la matriz conjunta para el ejemplo fue de 0.771 lo que según la Tabla 20, está moderadamente inferior, el cual es el criterio mínimo de aceptación tomado para la investigación.

Ya determinada y aceptada la consistencia del estudio, se evalúa cada alternativa de acuerdo a las características de cada una, para finalmente poder tomar una decisión.

7.2.2. Adaptación del modelo

Para este trabajo en específico no se tienen alternativas sobre las cuales elegir, ya que el trabajo está orientado a identificar cómo afectan las variables cualitativas. Por esta razón se realizó una modificación a la estructura del Proceso Analítico Jerárquico, con el fin de conseguir los objetivos planteados. A continuación se presenta la metodología utilizada para la estimación de los aspectos cualitativos que afectan a la cadena agroindustrial de la palma de aceite.

Ilustración 25. Esquema proceso de estimación



Fuente: Creación autores

7.2.2.1. Identificación de problemas de decisión críticos en la cadena de abastecimiento de la palma de aceite

En el capítulo 5 se hace una descripción de los procesos que se llevan a cabo a lo largo de la cadena de abastecimiento de la palma de aceite y en la bibliografía revisada, se establecieron los siguientes siete (7) problemas o factores críticos de decisión:

1. Localización (condiciones geográficas y climáticas).
2. Características de la planta.
3. Establecimiento del previvero.
4. Establecimiento de la infraestructura (camino y rutas).
5. Tipos de transporte de racimos (tiempo).
6. Cosecha y recolección (nivel de habilidad de la mano de obra y tecnología).
7. Selección del fruto

Posteriormente se realizó una entrevista al Gerente general de la empresa palmera *Hacienda la Cabaña*, en la cual se corroboraron seis (6) de los siete (7) problemas identificados. El problema que se eliminó corresponde a “Selección del fruto”, el cual según el entrevistado no se lleva cabo debido a que el proceso de cultivo es demasiado costoso y toda la cosecha es procesada posteriormente para la producción del aceite, y para evitar problemas de calidad con el aceite obtenido, se mezclan pequeñas cantidades de aceite de baja calidad con aceite de excelente calidad. A continuación se describen los seis (6) problemas o factores críticos de decisión que serán analizados en este trabajo.

- **Localización (condiciones geográficas y climáticas).**

Las condiciones geográficas de la zona en donde se va a establecer el cultivo de la palma, teniendo en cuenta variables de temperatura, precipitación, humedad relativa, evapotranspiración, presión del vapor de la atmósfera y la reserva de humedad del suelo, son factores que dependen directamente del lugar donde será establecido el cultivo. Al igual se debe tener en cuenta factores de localización relacionados con los proveedores, mano de obra, y facilidad de recursos propios de la región.

- **Características de la planta**

El análisis de las características propias de la planta como la genética del material, conformación fisiológica de la semilla de la palma de aceite, da como resultado requerimientos especiales de humedad, oxígeno y temperatura para acelerar y mejorar su germinación. Así mismo se necesita contar con los procesos adecuados, personal y herramientas que permitan mantener las características de la planta.

- **Establecimiento del previvero**

El establecimiento permite economizar espacio, se aprovecha mejor el agua y se reducen los costos de mantenimiento. Por otra parte el establecimiento de un previvero supone llevar a cabo una serie de buenas prácticas y permite un mejor control de semillas y pequeñas plantas.

- **Establecimiento de la infraestructura (caminos y rutas)**

Parte de la correcta preparación del sitio en donde se va a realizar la siembra de la palma de aceite consiste en establecer los caminos y rutas, por los cuales se van a transportar los racimos de frutas fresca. Es importante establecer que existen caminos dentro de la plantación que sirven para llevar

los racimos a rutas principales en donde son recogidos por algún modo de transporte para ser llevados a centros de acopio o al centro de extracción.

- **Tipos de transporte de racimos (tiempo)**

El tiempo desde el momento en el cual se recogen los racimos de fruta fresca de las palmas hasta el momento en el que ingresan a la fase industrial, es bastante crítico debido a que la madurez del fruto va acompañada por ganancia de acidez que se ve reflejada en una calidad menor del aceite obtenido. Por lo tanto se deben poseer los medios de transporte adecuados que permitan transportar los frutos en el menor tiempo posible.

- **Cosecha y recolección (nivel de habilidad de la mano de obra y tecnología)**

La cosecha de los racimos de fruta fresca es realizada de forma manual y requiere de cierto grado de habilidad de la fuerza laboral, ya que debido a la altura que puede alcanzar la palma de aceite dificulta su obtención por lo tanto la manipulación de los mismos aumenta disminuyendo la calidad de éstos. Para la recolección de los frutos en el campo comúnmente son utilizados animales como mulas, pero actualmente se han implementado algunas mejoras tecnológicas que aumentan la velocidad de recolección y la capacidad de la misma.

7.2.2.2. Estructuración del esquema de jerarquía

Basados en la tipificación realizada de los aspectos en el marco conceptual, y siguiendo los pasos mostrados en la Ilustración 25, se identifican las variables cualitativas que afectan el problema en estudio y los aspectos asociados a las variables.

Posteriormente se establecen los objetivos y se determinan qué tipo de proceso y de decisión corresponden al problema crítico identificado. En la Tabla 21, se muestra la clasificación realizada a los problemas críticos de acuerdo a lo descrito en el párrafo anterior.

Tabla 21. Problemas críticos de la fase agrícola

OBJETIVO	TIPO PROCESO	TIPO DECISIÓN
Localización (Condiciones geográficas y climáticas).	CULTIVO	ESTRATÉGICA
Características de la planta	CULTIVO	ESTRATÉGICA
Establecimiento del previvero	CULTIVO	ESTRATÉGICA
Establecimiento de la infraestructura (Caminos y rutas)	CULTIVO	ESTRATÉGICA
Tipos de transporte de racimos (Tiempo)	TRANSPORTE	ESTRATÉGICA
Cosecha y recolección (Nivel de habilidad de la Mano de Obra y Tecnología)	COSECHA	ESTRATÉGICA Y TÁCTICA

Fuente: Creación autores

En los seis (6) problemas críticos se observa la primacía de decisiones de tipo estratégico donde según Harrison (2002), las decisiones estratégicas son fundamentales al momento de establecer una ventaja competitiva, ya que pueden fijar hasta el 80% del costo del producto.

Los esquemas jerárquicos obtenidos para cada uno de los problemas críticos se muestran en Capítulo 8, “Presentación de Resultados”.

7.2.2.3. Levantamiento de información para la valoración y emisión de juicios

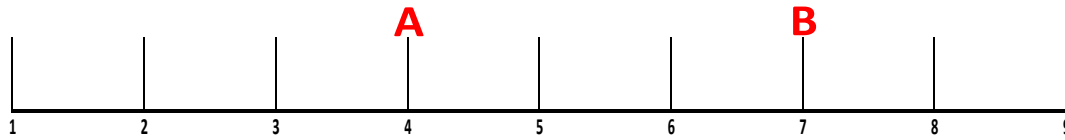
A partir de los aspectos identificados en el numeral anterior se procede a cuestionar al tomador de decisiones sobre el problema en estudio con el fin de establecer la jerarquía de los aspectos.

El levantamiento de información se llevó a cabo en la empresa palmera “*Hacienda la Cabaña*”. Las entrevistas se realizaron en la ciudad de Bogotá para el Gerente General de la empresa, y en el cultivo (Cumará, Meta), para el Director de campo, Director agrónomo, Ingeniero asistente de campo, Supervisor de campo y por último al gerente de la empresa “*Ajceragro Ltda*” la cual presta sus servicios a “Hacienda la Cabaña” en el proceso del cultivo, los datos de estas personas son mostradas en el Anexo 27. En el transcurso de la investigación y al hacer una primera prueba del levantamiento de información, pudimos observar que al recoger los juicios de los agentes emisores, se presentó un problema con la escala de Saaty, ya que la persona puede tener claro las prioridades en una manera ordinal, pero a la hora de calificarlo se entraba en una confusión, lo cual se podía identificar con el índice de inconsistencia y además la comparación de gran cantidad de aspectos, hacía de la entrevista algo tediosa para los emisores de la información al tener que responder $\sum_{i=1}^{n-1} n - i$ comparaciones siendo n la cantidad de aspectos.

De esta manera se hizo una pequeña prueba piloto en donde utilizando el mismo ejemplo de la compra de casa mostrado, se comparó el índice de inconsistencia obtenido al realizar la comparación pareada de todos los aspecto, con el índice de inconsistencia al utilizar el instrumento de recolección mostrado en el siguiente párrafo.

Usando la siguiente escala ordinal donde 1 es lo menos importante y 9 lo más importante se le pidió a los entrevistados que colocaran el aspecto a evaluar según la importancia que tenía, especificando que se podían tener varios aspectos en el mismo lugar y que además los aspectos de menor y mayor importancia no tenían que estar necesariamente en el valor 1 y 9 respectivamente. La escala utilizada se muestra en la Ilustración 26.

Ilustración 26. Escala para el levantamiento de información



Fuente: Creación autores

Después de tener los aspectos en la escala se realizó la adecuación de ésta a las calificaciones de la escala de Saaty, en donde el grado de importancia obtenido al comparar dos aspectos A y B está dado por $A - B + 1$ para $A \geq B$. Por ejemplo si se tiene que la importancia para el aspecto A es de 7 y la importancia para el aspecto B es de 4 se obtiene al aplicar la fórmula, que el nivel de importancia es de 4, lo cual según la escala de Saaty, significa que A es entre débilmente y fuertemente más importante que B.

En la prueba piloto realizada a 10 personas se obtuvo un mejor comportamiento del índice de inconsistencia. Manteniendo el mismo carácter subjetivo del entrevistado, se encontró que en ninguna de las encuestas por el método de calificación de Saaty, pasó el umbral de aceptación de consistencia, mientras que con la escala propuesta todas las pruebas superaron el valor de 0.7, los resultados son mostrados en la Tabla 22. De esta manera se decidió realizar el levantamiento de información usando la escala mostrada en la Ilustración 26.

Tabla 22. Resultados de la prueba piloto

PRUEBA PILOTO		
	SAATY	ESCALA
1	0,495	0,771
2	0,447	0,859
3	0,503	0,743
4	0,095	0,797
5	0,063	0,829
6	0,198	0,829
7	0,678	0,785
8	0,492	0,779
9	0,156	0,734
10	0,474	0,745
PROMEDIO	0,360	0,787

Para conocer todo el proceso de validación de esta prueba remitirse a los Anexos 4,5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, donde se puede ver la calificación presentada por los entrevistados, el vector de prioridades resultante, las matrices de error y de inconsistencia. Además por medio de la matriz

inconsistencia $\Delta_{n \times n}$ se puede observar de una manera gráfica la diferencia de inconsistencia entre los dos métodos de toma de información, en donde las entrevistas con el método de calificación directa siguiendo la escala de Saaty, presenta una tendencia más rojiza y oscura que el otro método, lo cual corrobora la baja consistencia del levantamiento del primer método.

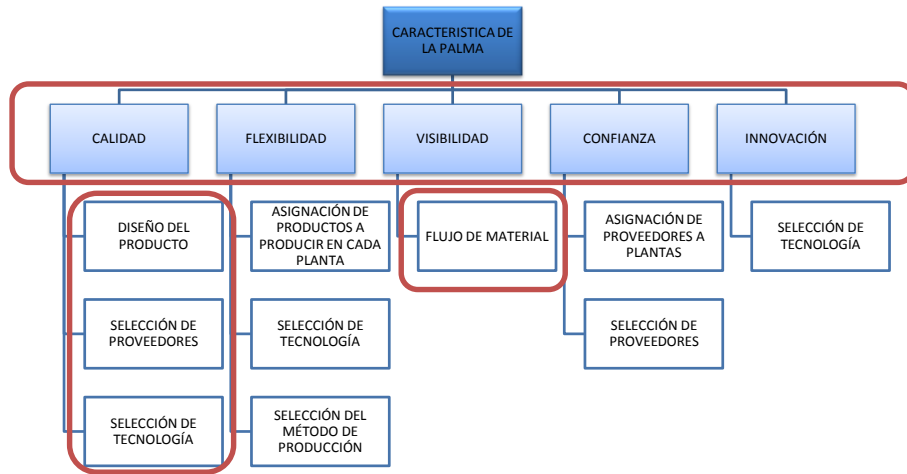
En los Anexos 28 y 29 se encuentran los formatos de encuesta hechas en la prueba piloto y en campo.

7.2.2.4. Priorización de los aspectos

El Proceso Analítico Jerárquico es un método para la toma de decisiones, en el cual a partir de unos criterios y subcriterios permite evaluar unas alternativas y así poder determinar, cuál sería la mejor decisión a tomar. Por otro lado, el objetivo de esta investigación es estimar esos aspectos cualitativos que afectan a la cadena de la palma de aceite, por lo que el Proceso Analítico Jerárquico es modificado para adecuarlo al objetivo del trabajo.

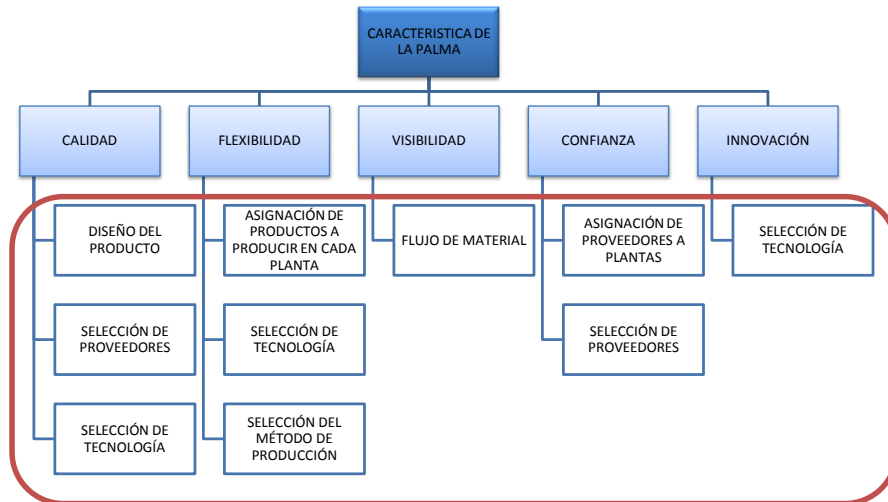
Si en el Proceso Analítico Jerárquico se hacía la comparación pareada entre criterios y entre los subcriterios de cada criterio; para alcanzar el objetivo de este trabajo, se realizará la comparación de todos los aspectos generales para poder así estimar los aspectos cualitativos. Por ejemplo, no sería de gran aporte estimar los aspectos cualitativos con sólo la comparación entre éstos, y posteriormente estimar los aspectos que afectan a cada aspecto cualitativo por separado ya que se limitaría a una simple y escasa comparación y en donde no se aprovecha el extenso levantamiento de información realizado. Como se ve en la Ilustración 27, existen aspectos como el flujo de material (perteneciente a la variable cualitativa *Visibilidad*) que no tendría con que otro aspecto compararse. Por eso en la Ilustración 28 se muestra la comparación que se realizaría entre todos los aspectos.

Ilustración 27. Esquema jerárquico ejemplo



Fuente: Creación autores

Ilustración 28. Esquema jerárquico ejemplo



Fuente: Creación autores

La priorización de los aspectos se realiza con el método de la media geométrica por filas de Aguarón y Moreno-Jiménez (2003). No obstante al normalizar los aspectos surge una nueva adecuación ya que al realizar una comparación de todos los aspectos en conjunto, existen aspectos que se encuentran en más de una variables cualitativa (Ejemplo ilustración 28, Selección de tecnología), no tiene sentido compararlo 3 veces, pero si es importante darle la relevancia por su múltiple existencia.

De esta manera después de comparar todos los aspectos y de obtener el vector de prioridades, se identifica cuántas veces está el aspecto en la totalidad de la matriz, y se multiplica por el vector de prioridades, para posteriormente normalizar este vector. Finalmente se divide el valor del vector normalizado por la cantidad de veces que se encuentra el aspecto, lo que permite obtener el valor final del vector.

Tabla 23. Normalización del vector de prioridades

	VECTOR DE PRIORIDADES	CANTIDAD ASPECTOS	VECTOR DE PRIORIDADES*	VECTOR NORMALIZADO	VECTOR DE PRIORIDADES**
ASIPROPLA	0,34	2	0,68	0,06	0,03
SELPRO	3,62	2	7,25	0,59	0,30
SELTEC	0,72	3	2,17	0,18	0,06
SELMETPRO	1,12	1	1,12	0,09	0,09
FLUMAT	1,00	1	1,00	0,08	0,08
TOTAL	5,81	9	12,22	1,00	0,56

Para obtener la estimación de las variables cualitativas, se usa el vector de prioridades**, el cuál es multiplicado por las veces que aparece el aspecto en la variable cualitativa.

Tabla 24. Estimación de las variables cualitativas

	CAL	FLE	VIS	CON	INN	TOTAL CAL	TOTAL FLE	TOTAL VIS	TOTAL CON	TOTAL INN
ASIPROPLA	0	1	0	1	0	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
SELPRO	1	0	0	1	0	0,30	0,00	0,00	0,30	0,00
SELTEC	1	1	0	0	1	0,06	0,06	0,00	0,00	0,06
SELMETPRO	0	1	0	0	0	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
FLUMAT	0	0	1	0	0	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
TOTAL	2	3	1	2	1	0,36	0,18	0,08	0,32	0,06

7.2.2.5. Validación de consistencia

La validación de consistencia de los juicios emitidos se realiza utilizando el *índice de densidad de la inconsistencia* mostrado en el tercer paso del Proceso Analítico Jerárquico expuesto en el numeral 7.1.1, y se califica cualitativamente mediante la tabla de equivalencia de Bryson y Mobolurin (1999). Para valores mayores de 0.7 es decir, una equivalencia de levemente inferior en adelante, será aceptado el índice y por ende los pesos obtenidos para los aspectos son los adecuados para estimar las variables cualitativas del problema específico de decisión. En caso contrario que el índice de inconsistencia sea inferior a 0.7, se ejecutará un modelo de optimización por medio de la herramienta SOLVER de EXCEL, que maximiza el índice, teniendo como valores de estimación la matriz de juicio, partiendo desde la emisión de juicios del entrevistado como la solución inicial para la solución mediante SOLVER. Si con la solución entregada por SOLVER se encuentra que el índice mejora hasta el punto de sobrepasar el límite de 0.7, no se acepta la matriz y se descarta, pero sí en cambio la solución viene siendo la misma o la matriz identidad se aceptará.

8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En éste capítulo, se muestran los resultados obtenidos en el proceso de estimación de los aspectos cualitativos que afectan a los problemas específicos críticos de la cadena agroindustrial de la palma de aceite.

Posteriormente se muestra el esquema jerárquico, el cual corresponde a los aspectos que afectan al problema según la percepción de los entrevistados. A demás se encuentran los pesos obtenidos para cada aspecto de acuerdo a la calificación de los emisores y finalmente un gráfico comparativo de la estimación de las variables cualitativas con respecto a la comparación pareada de los aspectos cualitativos, realizada al inicio de las entrevistas. La totalidad del proceso de estimación está consignada en los Anexos 14-19, tanto para la comparación entre los aspectos como el de las variables cualitativas. Así mismo en el Anexo 24 está el glosario de los términos que identifican cada aspecto usado en el proceso de estimación.

- **Localización (condiciones geográficas y climáticas).**

Para este problema se obtuvo un índice de inconsistencia de 0.725, valor que es aceptado para la investigación.

El resultado de los pesos obtuvo con mayor valor los aspectos Asignación de productos a producir en cada planta, Asignación de recursos, Localización de plantas, Nivel de demanda, los cuales se asocian a la variable Flexibilidad. Con el mismo valor se encuentra el aspecto Diseño de producto asociado a la Calidad. Lo anterior nos explica el mayor valor estimado de la variable Flexibilidad.

Siguiendo el orden de importancia obtenido en la estimación, después de flexibilidad está Calidad, Visibilidad, Innovación y Confianza. Orden que difiere con la valoración dada directamente a las variables cualitativas Calidad y Confianza en primer lugar, y el resto de variables con una menor valoración.

- **Características de la planta**

El índice de inconsistencia obtenido para este problema fue de 0.701, por lo tanto los juicios dados por los entrevistados son aceptados.

Con el resultado de los pesos se obtuvo que los pesos que tuvieron mayor valoración fueron: Asignar los productos a las plantas y cultivos, Seleccionar la estrategia de producción, Localización de planta y Selección de tecnología los cuales se encuentran asociados a la variable flexibilidad.

Con la misma valoración se encuentran los aspectos Diseño de Planta, Diseño de producto, asociados a Calidad, y Flujo de Material asociado a Visibilidad.

En cuanto a las variables, Flexibilidad obtuvo la mayor valoración, y se encuentra seguida por Calidad, Visibilidad, Confianza en Innovación, estas dos últimas con la misma valoración. Este orden difiere del obtenido al comparar directamente las variables, en donde las variables cualitativas Calidad y Confianza se encuentran en primer lugar, y el resto de variables con una menor pero igual valoración.

- **Establecimiento del previvero**

Para este problema el índice de inconsistencia obtenido fue de 0.752, valor que es aceptado para la investigación.

Al obtener el resultado de los aspectos, se observa los aspectos que tiene mayor peso son Asignación de productos a la planta y cultivos, Asignación de recursos, Selección de equipos y Selección de tecnología. Los dos (2) primeros aspectos se encuentran asociados con la variable Flexibilidad, mientras que los otros dos (2) se encuentran asociados tanto a la variables Calidad como Flexibilidad. Lo cual explica el porqué el proceso de estimación da como resultado una mayor valoración de la variable Flexibilidad.

Siguiendo el orden de importancia obtenido con la estimación, luego de Flexibilidad, se encuentra Calidad, seguida por Innovación, Visibilidad y Confianza. Este orden difiere del obtenido al comparar directamente las variables, en donde las variables cualitativas Calidad y Confianza se encuentran en primer lugar, y el resto de variables con una menor pero igual valoración.

- **Establecimiento de la infraestructura (camino y rutas)**

Para este problema se obtuvo un índice de inconsistencia de 1, valor perfecto en la escala de valoración. Esto se debe a la cercanía o semejanza en la calificación dada a los aspectos.

El resultado de los pesos obtuvo con mayor valor los aspectos Asignación de recursos, Capacidad en el canal de distribución asociado únicamente a la variable Flexibilidad, la cual obtuvo la mayor estimación. Con el mismo peso los aspectos Selección de equipo y Selección de tecnología asociados a Flexibilidad, Innovación y Calidad. Y finalmente la Estrategia de distribución, asociado únicamente a la Calidad. Lo anterior explica el orden de importancia obtenido en la estimación, Flexibilidad, Calidad, Innovación y en último lugar con igual valoración Confianza y Visibilidad.

El orden con la valoración dada directamente a las variables cualitativas mostraron en primer valor de importancia a Calidad y Visibilidad, seguidos por Confianza y Flexibilidad y en último lugar la innovación.

- **Tipos de transporte de racimos**

El índice de inconsistencia obtenido fue de 0.874, por lo tanto los juicios dados por los entrevistados son aceptados.

El resultado del proceso de estimación dio como resultado una mayor valoración de los aspectos Asignación de recursos y Capacidad del canal de distribución, los cuales se encuentran asociados a la variable Flexibilidad.

Siguiendo el orden de importancia obtenido en la estimación, después de Flexibilidad está Calidad, Innovación, Confianza y Visibilidad. Orden que difiere con la valoración dada directamente a las variables cualitativas Calidad y Confianza en primer lugar, Innovación en segundo lugar, Flexibilidad en tercero, y por último se encuentra Visibilidad.

- **Cosecha y recolección (nivel de habilidad de la mano de obra y tecnología)**

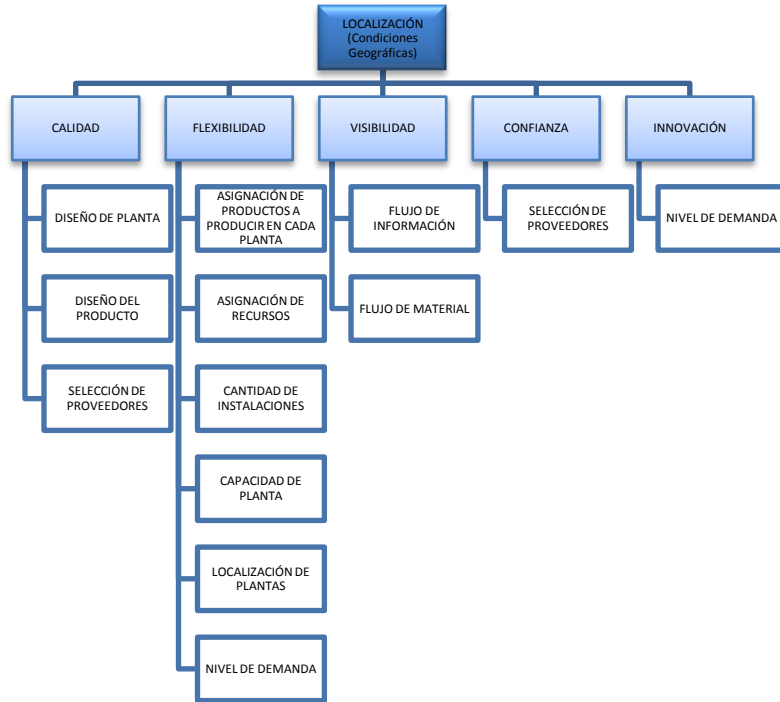
Para este problema se obtuvo un índice de inconsistencia de 0.701, valor que es aceptado para la investigación.

El resultado de los pesos obtuvo con mayor valor los aspectos Asignación de recursos, Nivel de Satisfacción del cliente, Flujo de información y Flujo de material. Estos últimos asociados a la variable Visibilidad lo que la colocan en segundo lugar de importancia después de Flexibilidad. En tercer lugar quedó la Calidad, luego innovación y terminando con Confianza.

El orden con la valoración dada directamente a las variables cualitativas mostraron en primer valor de importancia a Calidad y Visibilidad, seguidos por Confianza, Flexibilidad y en último lugar la innovación.

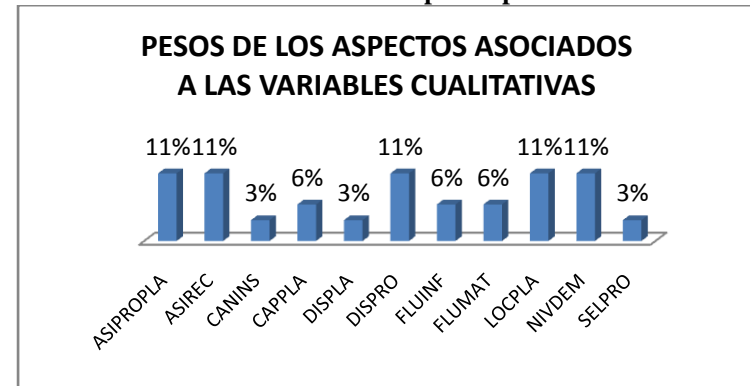
- Localización (Condiciones geográficas y climáticas).

Ilustración 29. Esquema jerárquico problema 1



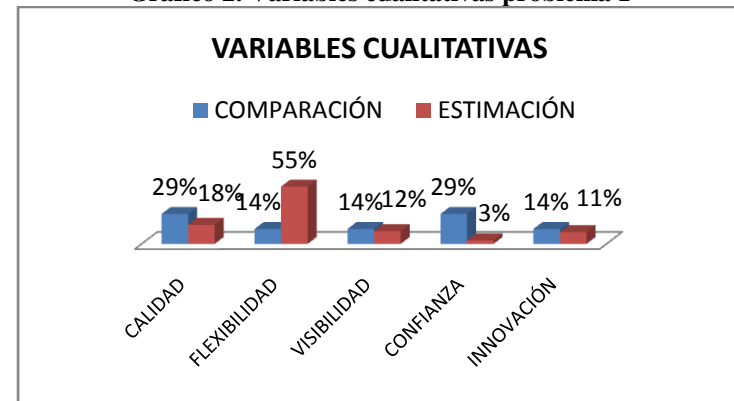
Fuente: Creación autores

Gráfico 1. Pesos de los aspectos problema 1



Fuente: Creación autores

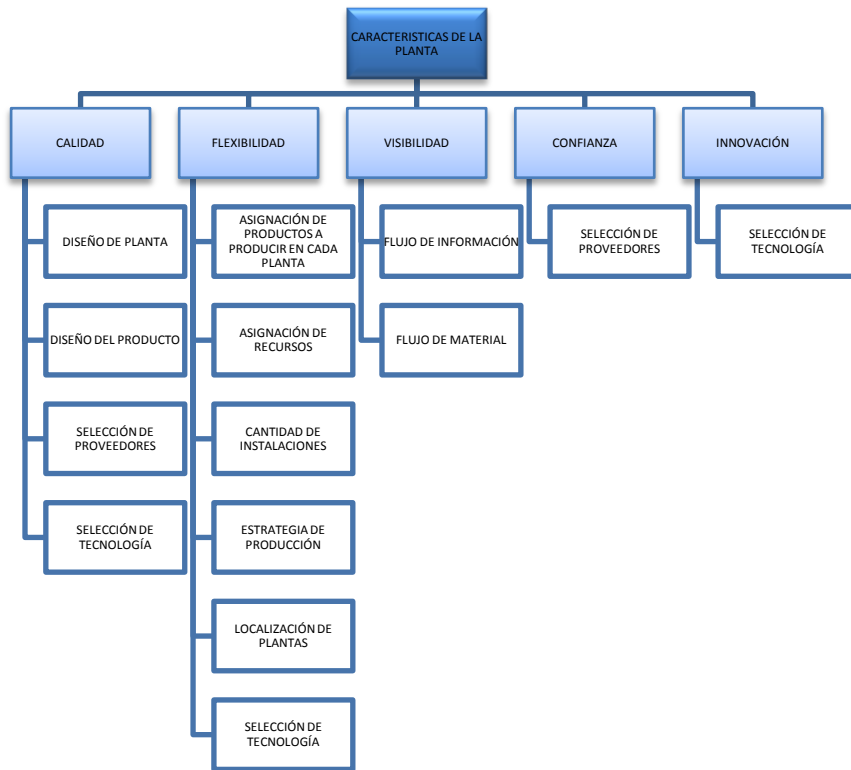
Gráfico 2. Variables cualitativas problema 1



Fuente: Creación autores

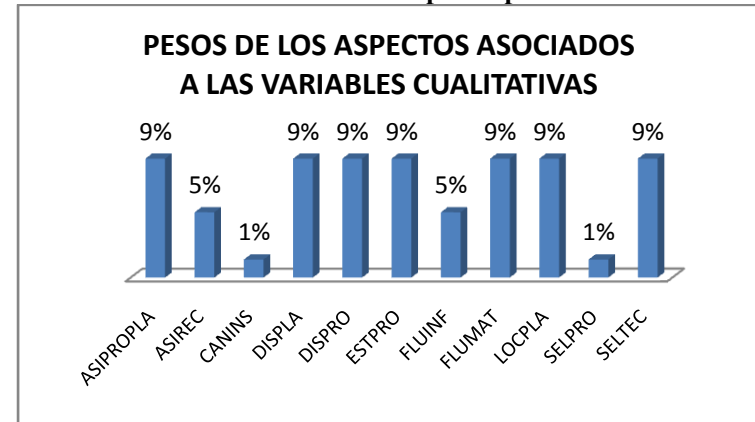
- Características de la planta

Ilustración 30. Esquema jerárquico problema 2



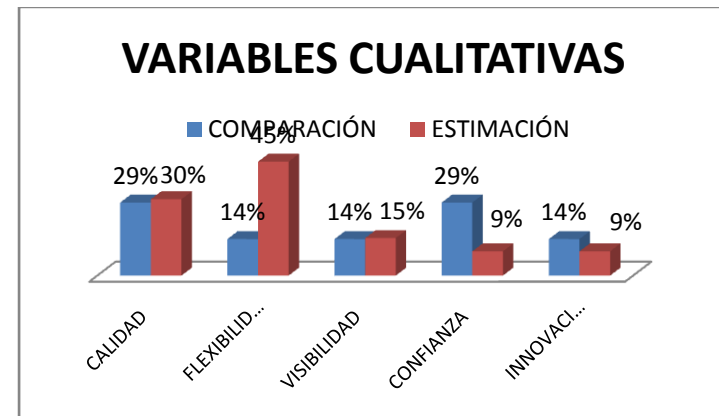
Fuente: Creación autores

Gráfico 3. Pesos de los aspectos problema 2



Fuente: Creación autores

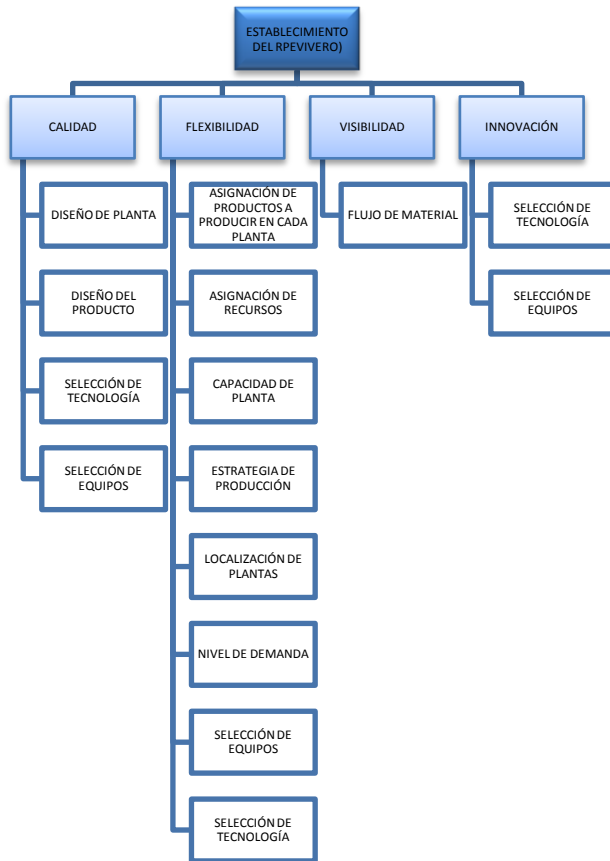
Gráfico 4. Variables cualitativas problema 2



Fuente: Creación autores

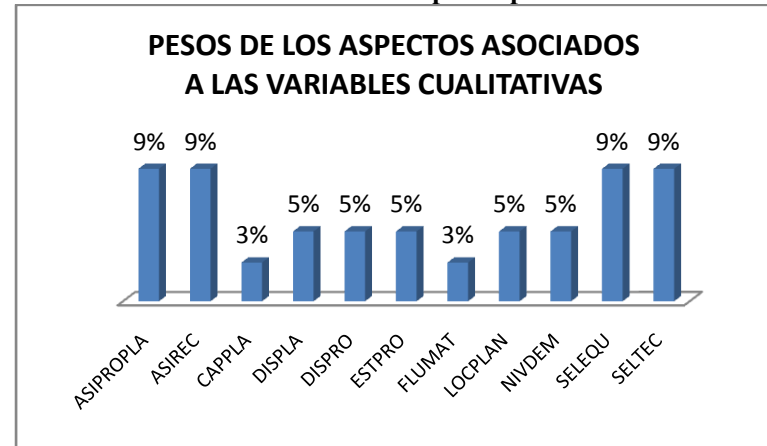
- Establecimiento del previvero

Ilustración 31. Esquema jerárquico problema 3



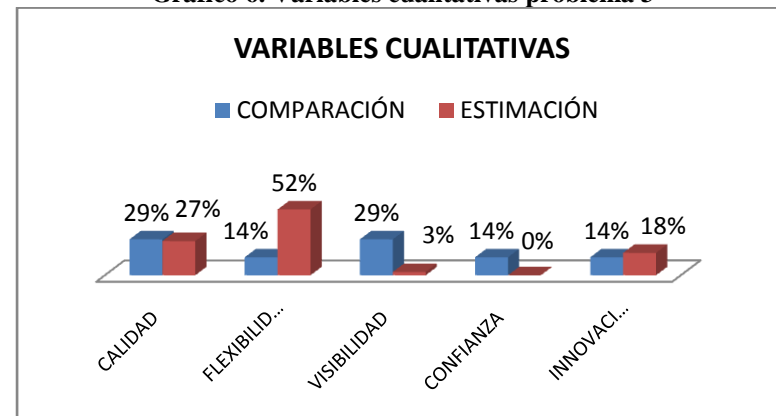
Fuente: Creación autores

Gráfico 5. Pesos de los aspectos problema 3



Fuente: Creación autores

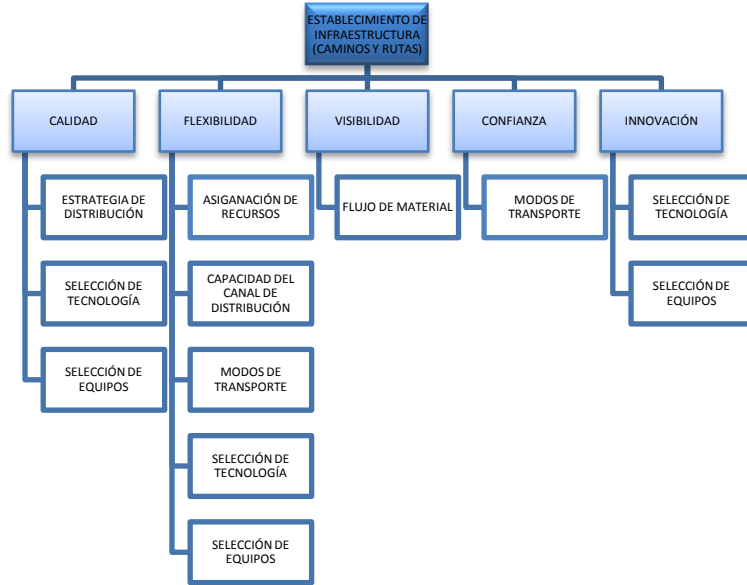
Gráfico 6. Variables cualitativas problema 3



Fuente: Creación autores

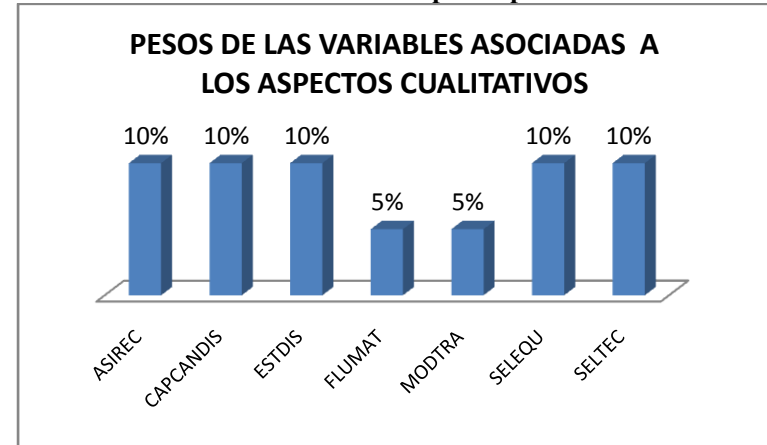
- Establecimiento de la infraestructura (Caminos y rutas)

Ilustración 32. Esquema jerárquico problema 4



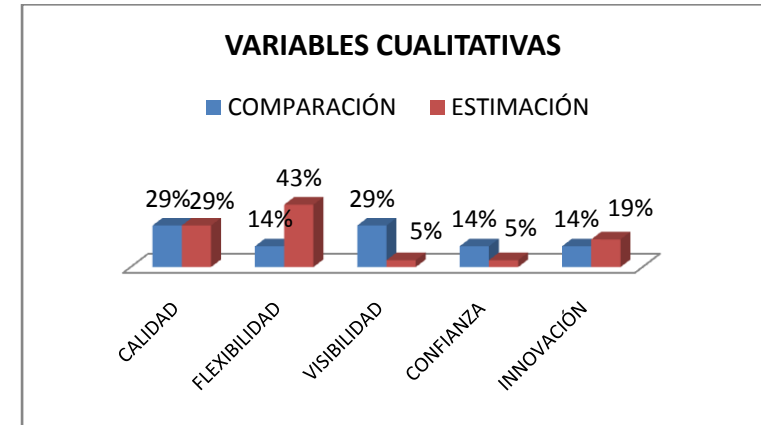
Fuente: Creación autores

Gráfico 7. Pesos de los aspectos problema 4



Fuente: Creación autores

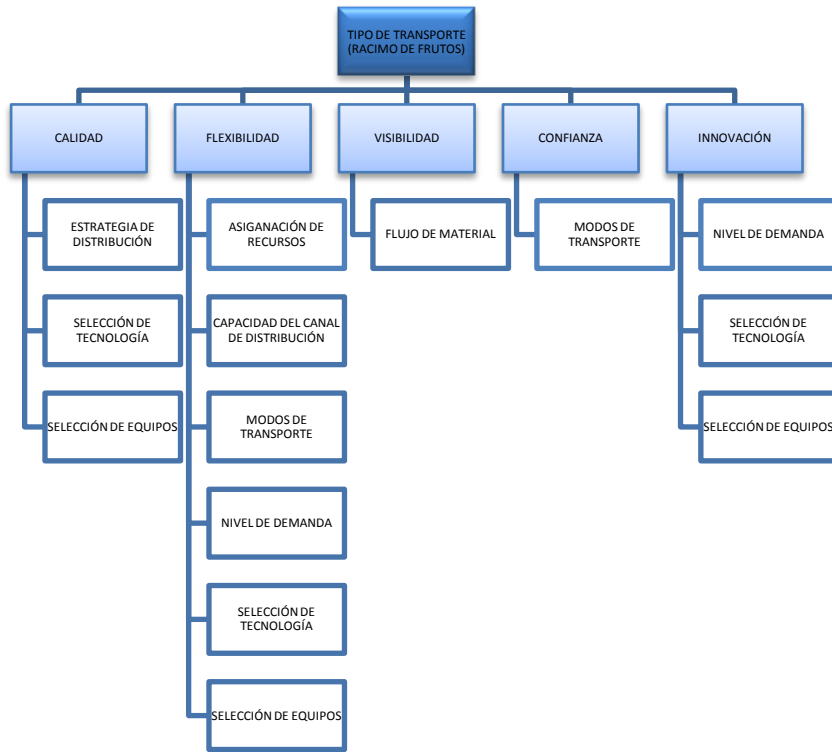
Gráfico 8. Variables cualitativas problema 4



Fuente: Creación autores

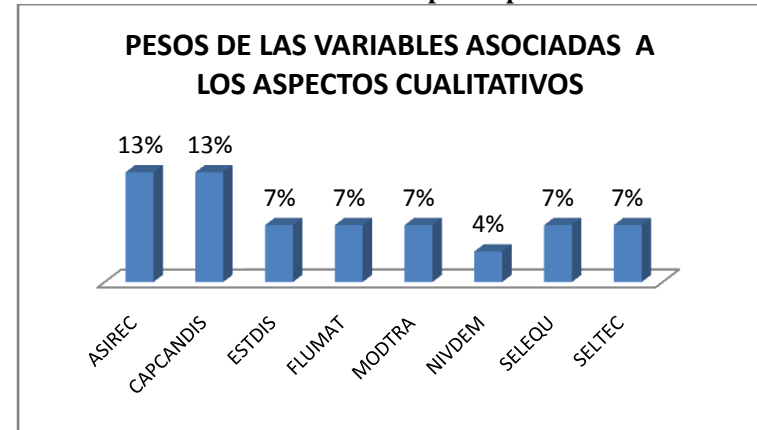
- Tipos de transporte de racimos

Ilustración 33. Esquema jerárquico problema 5



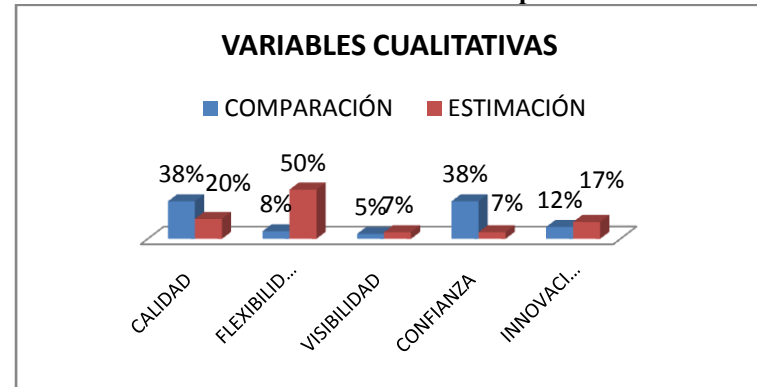
Fuente: Creación autores

Gráfico 9. Pesos de los aspectos problema 5



Fuente: Creación autores

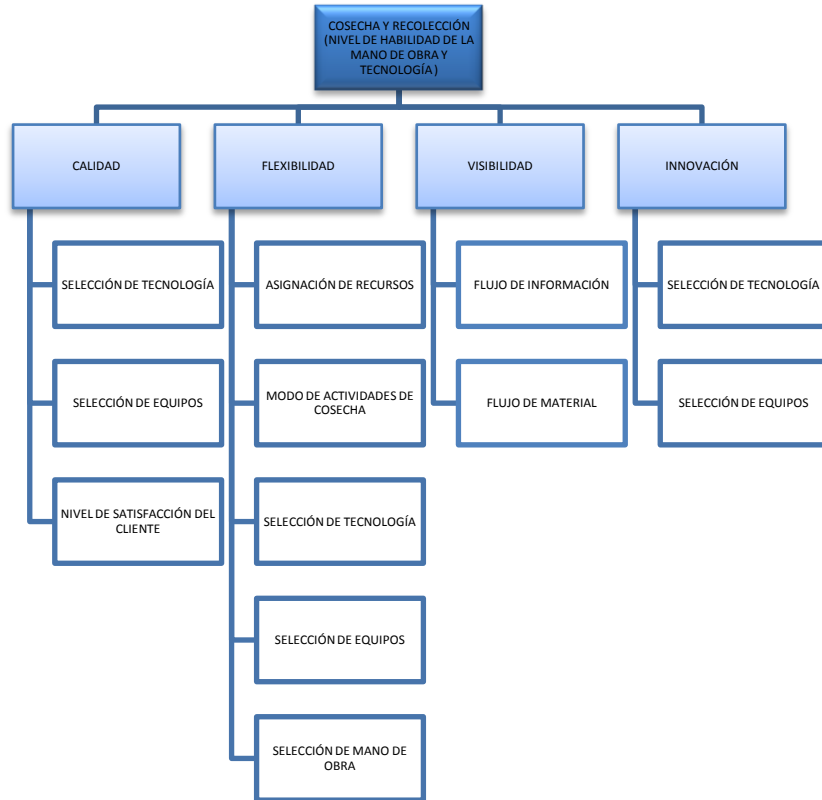
Gráfico 10. Variables cualitativas problema 5



Fuente: Creación autores

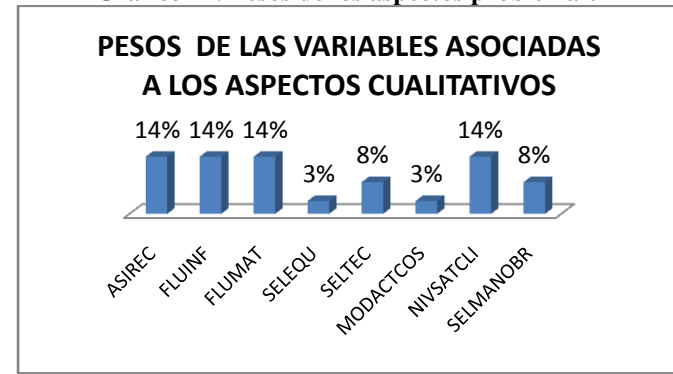
- Cosecha y recolección (Nivel de habilidad de la Mano de Obra y Tecnología)

Ilustración 34. Esquema jerárquico problema 6



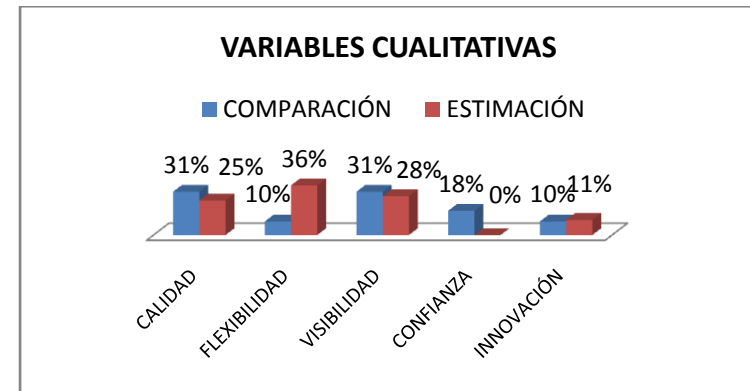
Fuente: Creación autores

Gráfico 11. Pesos de los aspectos problema 6



Fuente: Creación autores

Gráfico 12. Variables cualitativas problema 6



Fuente: Creación autores

9. CONCLUSIONES

- La definición de las variables cualitativas encontrada en la revisión bibliográfica afirma la dificultad que existe para realizar una medición exacta y única de éstas, por lo que se hace necesario asociar a las variables cualitativas aspectos cuantitativos, que permitan darle una medición. Además la escasez de bibliografía asociada a aspectos cualitativos en las cadenas de abastecimiento, dificulta el estudio de las mismas ya que no se tiene un soporte bibliográfico robusto que permita la asociación de los aspectos en general con estas variables cualitativas.
- La bibliografía muestra la importancia del análisis que se le ha dado a las decisiones de tipo estratégico. Lo anterior es corroborado con la cantidad de aspectos de este tipo que son tomados en los desarrollos académicos. Las decisiones operativas no son tan relevantes porque se convierten en decisiones cotidianas, que no hacen necesario un amplio análisis y planeación. Se obtienen estos resultados ya que las decisiones tácticas y operativas están determinadas y ligadas a las decisiones estratégicas tomadas.

Tabla 25. Cantidad de aspectos asociados a los tipos de decisión

	ESTRÁTEGICO	TÁCTICO	OPERATIVO
Cantidad aspectos	27	17	5
% Aspectos	55%	35%	10%

- La mayor cantidad de aspectos se encuentran relacionados al proceso de cultivo, lo cual se puede asociar al hecho que la productividad de la palma se ve afectada por actividades propias del cultivo.

Tabla 26. Cantidad de aspectos asociados al proceso

	CULTIVO	RECOLECCIÓN	TRANSPORTE	ACOPIO
Cantidad aspectos	33	17	15	23
% Aspectos	38%	19%	17%	26%

- La correcta organización del marco conceptual permite estructurar de forma fácil y coherente los aspectos asociados a las variables cualitativas, a la etapa del proceso y al tipo de decisión, permitiendo sintetizar los aspectos relevantes a un problema específico de decisión. De esta manera el marco conceptual puede ser usado por la persona que necesite

relacionar los aspectos asociados a un problema en específico y encontrar de forma fácil la tipificación de los aspectos.

- La realización de una amplia revisión y documentación bibliográfica, permite identificar los problemas críticos asociados a la palma en un contexto global, y por ende los procesos involucrados, al igual que los responsables de estos. No obstante se hace necesario hacer una validación de los problemas en campo ya que no todas las empresas según sus procesos y organización presentan los mismos problemas críticos.
- La herramienta de recolección de información y la forma de medición deben cumplir mínimos parámetros de calidad de la información, en este caso, que se ajusten al método de estimación utilizado, y en la obtención de la menor inconsistencia posible. De esta manera se pudo crear una herramienta de medición que cumpliera con el mismo objetivo que la presentada por Saaty, pero que además, permitió tener una mayor claridad al momento de ser utilizada en el levantamiento de información con los entrevistados
- El Proceso Analítico Jerárquico permite por medio de la comparación de aspectos, priorizarlos de acuerdo al pensamiento subjetivo que tiene cada individuo con respecto a un tema en específico, es decir le agrega el factor cualitativo a un proceso de decisión. El proceso analítico jerárquico fue adaptado a las necesidades específicas y a los objetivos de esta investigación, manteniendo su estructura metodológica, su objetivo de priorización y sus condiciones de funcionamiento.
- Se encuentra que en todas las comparaciones de variables cualitativas realizadas a distintos niveles de jerarquía de la empresa, dan como resultado la prioridad o mayor importancia a la variable calidad. No obstante al estimar estas variables por medio de la comparación de los aspectos asociados a cada uno de los problemas, la variable flexibilidad fue la de mayor importancia. Esto se debe a dos razones: la primera de ellas hace referencia a que casi el 50% de los aspectos tenidos en cuenta, se encuentran relacionados a la variable flexibilidad. Y segundo, la valoración de los aspectos asociados a flexibilidad, tuvieron como resultado una prioridad alta con respecto a otros aspectos. Mirar Anexo 25.

- Al realizar una serie de escenarios con los problemas encontrados en donde la estructura jerárquica tenga para cada una de las variables similar cantidad de aspectos asociados, confirma lo expuesto en el punto anterior en donde la variable flexibilidad se ve afectada positivamente por la cantidad de aspectos que la componen, ya que se encontró que a diferencia de la estimación realizada en donde la flexibilidad fue siempre la de mayor importancia, en los escenarios no siempre esta variable ocupe el primer puesto de importancia. Mirar anexo 30.⁷
- La calidad se encuentra en el “top of mind” de las personas entrevistadas como la variable fundamental en sus procesos, por ser considerado un factor clave de éxito en la competitividad. Bajo el concepto de calidad, la satisfacción del consumidor final y la variación de sus gustos, no ejercen un efecto directo sobre la fase agrícola ya que ésta por ser el primer eslabón de la cadena de abastecimiento, brinda los frutos como la materia prima para los procesos de extracción y refinación, en particular en “Hacienda La Cabaña”, todo lo que se cosecha es recibido por los centros de extracción y simplemente es castigado con el precio de compra, razón por la cual al ser comparados los aspectos asociados a calidad con los asociados a la flexibilidad pueden tener una menor valoración.
- El análisis de los problemas críticos refleja que en este caso en particular, tiene más importancia la flexibilidad por ser una variable que abarca los aspectos de establecimiento de una infraestructura logística, que son la mayoría de los aspectos tomados en cuenta en la fase agrícola.
- Para hacer posible que una variable diferente a flexibilidad obtenga la mayor importancia sería necesario darle una calificación alta a aquellos aspectos asociados únicamente a una sola variable, (es decir a los aspectos que no afectan a más de una variable cualitativa). Esto se debe a que estos aspectos, son los diferenciadores de cada una de las variables y entre mejor sea su calificación la variable obtendrá mejor valoración. En el Anexo 26 se encuentran los aspectos diferenciadores.

⁷ Los escenarios plantean una similitud de en la cantidad de aspectos asociados a cada una de las variables cualitativas, no obstante esto no significa que los aspectos asociados correspondan a estas variables, lo que implica que el resultado de los escenarios es sólo una muestra del comportamiento del modelo mas no de los resultados de éste de acuerdo al levantamiento de información.

10. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos por medio del proceso de estimación se realizan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda el modelo presentado en esta investigación como método de estimación y medición de las variables cualitativas, que permita posteriormente hacer una integración con modelos cuantitativos y poder así realizar una optimización en un enfoque integral que se acerque a la solución de la problemática expuesta en este trabajo.
- Para mirar un resultado más cercano a la realidad de los problemas y de las empresas específicas, se recomienda que los aspectos relevantes sean consecuencia de un procesos de levantamiento de información en campo, en donde los agentes que intervienen en los problemas críticos, planteen cuales son aquellos aspectos importantes a éstos, y posteriormente hacer la inferencia a la estructura de organización del marco conceptual ya creada.
- La empresa Hacienda la Cabaña debe enfatizar sus decisiones que den como resultado, el mejoramiento de la flexibilidad, debido a la gran importancia que tiene esta variable. Así mismo debe darle mayor importancia y buscar el mejoramiento en aspectos relacionados a Calidad.
- Para el problema crítico de Localización, se recomienda que Hacienda la Cabaña se enfoque en los aspectos de asignación de productos a plantas y cultivos, asignación de recursos, diseño del producto el cual se ve afectado por las condiciones climáticas y del suelo, localización de plantas y nivel de demanda, por ser aspectos de suma importancia para el decisor. Así mismo debe dar más importancia a los aspectos selección de proveedores y diseño de planta que repercuten directamente en la variable calidad y confianza.
- Para el problema crítico de Características de la planta, se recomienda que Hacienda la Cabaña centre sus decisiones en asignar los productos a las plantas y cultivos, diseño de la planta y cultivos, diseño del producto, seleccionar la estrategia de producción, flujo de

material, localización de planta y selección de tecnología, por ser aspectos de suma importancia para el decisor. Así mismo debe dar más importancia al aspecto selección de proveedores que repercuten directamente en la variable calidad y confianza.

- Para el problema crítico de Establecimiento del previvero, se recomienda que Hacienda la Cabaña, se enfoque en los aspectos, de asignación de productos a la planta y cultivos, asignación de recursos, selección de equipos y selección de tecnología, por ser aspectos de suma importancia para el decisor. Así mismo debe dar más importancia a los aspectos flujo de material, diseño de planta y diseño de producto que repercuten directamente en las variables visibilidad y calidad.
- Para el problema crítico de Establecimiento de infraestructura, se recomienda que Hacienda la Cabaña, enfoque sus decisiones en asignación de recursos, capacidad del canal de distribución, selección de la estrategia de distribución, selección de equipos y selección de tecnología, por ser aspectos de suma importancia para el decisor. Así mismo debe dar más importancia el aspecto flujo de material que repercuten directamente en la variable visibilidad.
- Para el problema crítico de Tipos de transporte, se recomienda que Hacienda la Cabaña, encamine sus esfuerzos en asignación de recursos y capacidad del canal de distribución, por ser aspectos de suma importancia para el decisor. Así mismo debe dar más importancia a los aspectos modos de transporte, estrategia de distribución, selección de tecnología, y selección de equipos que repercuten directamente en la variable visibilidad y calidad.
- Para el problema crítico de Cosecha y recolección (nivel de habilidad de la mano de obra y tecnología), se recomienda a Hacienda la Cabaña, centrarse en asignación de recursos, flujo de información, flujo de material y nivel de satisfacción del cliente, por ser aspectos de suma importancia para el decisor. Así mismo debe dar más importancia a los aspectos selección de tecnología, y selección de equipos que repercuten directamente en la variable calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrocadenas. “Anuario 2004”. 2004.
- Agrocadenas. “cadena oleaginosas, aceites y grasas”. 2005.
- Agrocadenas. “la industria de aceites y grasas en Colombia” observatorio de competitividad. 2005.
- AHUMADA, O. VILLALOBOS, R “Application of planning models in the agri-food supply chain: A review”/ European Journal of Operational Research 195 (2009) 1–20.
- AIKENS, C.H. “facility location models for distribution planning” European journal of operational Research. 22,263-279, 1985.
- ARNTZEN, B. C., BROWN G., HARRISON P., TRAFTON L. “Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation”. Interface, 1995.
- BALLOU, R. “Business Logistics Management”. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, Third Edition. 1992.
- BALLOU, R., STEPHEN, G., ASHOK, M. “New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities”. Industrial Marketing Management. 2000.
- BEAMON, B “Measuring supply chain Performance” University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio, USA. 1999.
- BEAMON, B. “Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods”. International Journal of Production Economics. Vol. 55, No 3, pp. 281-294. 1998.
- BHATNAGAR R., CHANDRA, P., GOYA, S.K. “Models for multi-plant coordination, European Journal of Operational Research”, 1993.
- BHATNAGAR R., SOHAL A.S.; “Supply chain competitiveness: measuring the impact of location factors, uncertainty and manufacturing practices”; Technovation, vol. 25, 2005.
- BLANCO, R. “Influencia de la legislación en la información medioambiental suministrada por las empresas
- BORSOTTI, CARLOS, “Apuntes sobre los conceptos científicos y su construcción, Borrador para discusión”. Universidad Nacional de Luján, Departamento de Educación, Área metodología de la investigación. 1995.
- BOWEN F, COUSINS P, LAMMING R, FARUK A. “The role of supply management capabilities in green supply”. Production and Operations Management. 2001.
- BREITMAN, R., J. M. LUCAS. PLANETS: A Modeling System for Business Planning. Interfaces, 17, 94-106. 1987.

- CRAMER J. “Responsiveness of industry to eco-efficiency improvements in the product chain: the case of Akzo Nobel”. *Business Strategy and the Environment*, 2000.
- COHEN, M.A., FISHER, M., JAIKUMA, R.”International manufacturing and distribution network: A normative model framework”. Ferdows, ed., *Managing International manufacturing*, North- Holland, Amsterdam 1998.
- COHEN, M., KLEINDORFER, R. “Creating value through operations: The legacy of Elwood S.Buffa.In: Sarin, R.K. (Ed.), *Perspectives in Operations Management (Essays in Honor of Elwood S.Buffa)*. Kluwer Academic Publishers, Boston, pp.3–21. 1993.
- COHEN, M., LEE, L. “Manufacturing Strategy Concepts and Methods, in Kleindorfer, P. R. Ed., *The Management of Productivity and Technology in Manufacturing*, 153- 188” . 1985.
- COHEN, M., LEE, L. “Strategic Analysis of Integrated Production-Distribution Systems: Models and Methods”. *Operations Research*, 36, 2, 216-228. 1988.
- COHEN, M., LEE, L. “Resource Deployment Analysis of Global Manufacturing and Distribution Networks”. *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 81-104. 1989.
- CHRISTOPHER, M. “Logistics and Supply Chain Management, Richard D. Irwin, Inc”. *Financial Times*, New York, NY. 1994.
- CHAN F. “Performance Measurement in a Supply Chain”. Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, University of Hong Kong, Hong Kong, 2003
- COOPER, M., ELLRAM, M. “Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy”. *The International Journal of Logistics Management*, 4, 2, 13-24. 1993.
- CUTTING-DECELLE., YOUNG B., DAS B., CASE K., RAHIMIFARD S., ANUMBA C., BOUCHLAGHEM D., “A review of approaches to supply chain Communications: from manufacturing to constructions”. University of Evry/IUT, France. 2007.
- DEUERMEYER, B., SCHWARZ, B. “A Model for the Analysis of System Service Level in Warehouse/ Retailer Distribution Systems: The Identical Retailer Case, in: L. B. Schwarz (ed.)”, *Studies in Management Sciences*, Vol. 16--Multi-Level Production / Inventory Control Systems, North-Holland, Amsterdam, 163-193. 1981.
- DE BAKKER F, NIJHOF A. “Responsible chain management: a capability assessment framework”. *Business Strategy and the Environment*. 2002.

- FEDEPALMA “Brochure La agroindustria de la palma de aceite en Colombia”. 2006.
- FEDEPALMA “Clúster del aceite de palma en Colombia”. 2004.
- FUMIAF. “Plan de Negocios para el cultivo de la Palma de Aceite en México”. 2005.
- FUNDACIÓN MEXICANA PARA LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL, A.C. “Plan de Negocios para el cultivo de la Palma de Aceite en México”. 2005.
- GARCÍA, R.G., ARÁOZ, J.A., PALACIO, F.”Integral analysis method- IAM”. European Journal of Operational Research In press, 2007.
- GARCÍA, R.G., CARO, M.P., DÍAZ, H. SÁNCHEZ, L.L., CARRILLO, M.H. “Metodología marco de referencia para la localización de instalaciones”. Ingeniería y Universidad 8(2), 139 – 157, 2004.
- GARCÍA, R.G., OLAYA E.S., “Caracterización de la cadena de valor y abastecimiento del sector agroindustrial del café. Cuadernos de administración, 7,12: 209-237, 2006.
- GARCÍA, R.G., MARTÍNEZ, M.E., PALACIO, F. “Tactical and Operative Optimization of the Supply Chain in the Oil Palm Industry. Sometido a Applied Mathematical Modelling, 2007b)
- GIANNAKIS, M., CROOM, S. “Towards the Development of a Supply Chain Management Paradigm: A Conceptual Framework”. The Journal of Supply Chain Management Spring. pp 27- 37. 2004.
- GEOFFRION, A.M., POWER, R.F. “Twenty years of strategic distribution system design: An evolutionary perspective”. (Implementation in OR/MS: An evolutionary view) Interfaces 25(5) 105-128, 1995.
- GEOFFRION, A., GRAVES, G. “Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition”. Management Science, 29, 5, 822-844. 1974.
- GEOFFRION, A., POWERS R. “20 Years of strategic Distribution System Design: An Evolutionary Perspective”, Interfaces. (forthcoming). 1993.
- GOETSCHALCKX, M., VIDAL, C., DOGAN, K. “Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms”. European Journal of Operational Research 143, 1–18. 2000.
- GUMMESSON, E. “Qualitative research in management: addressing complexity, context and persona” Management Decision; 2006.

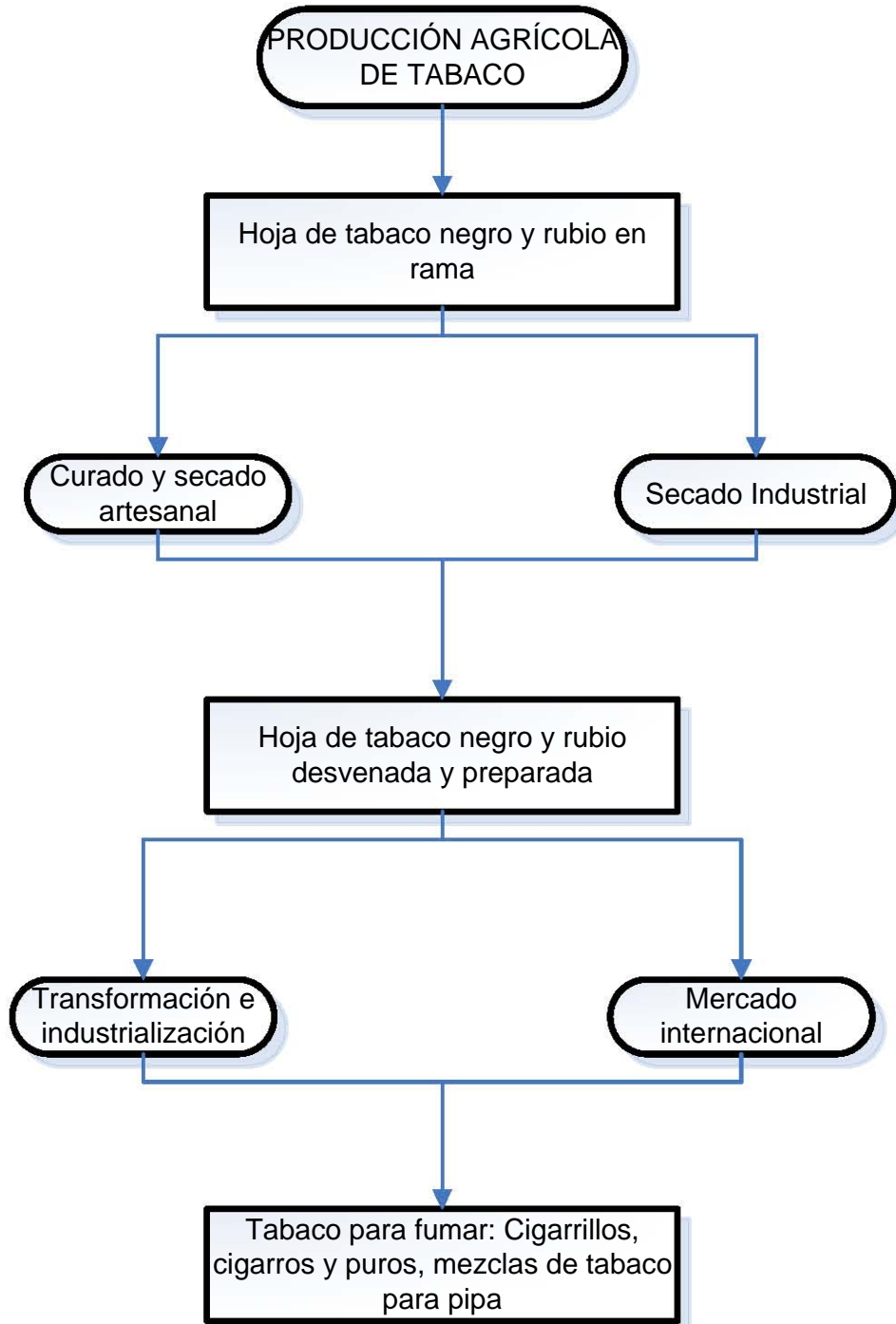
- GUTTMAN, L. “Fundamentos del análisis del escalograma. En C. H Wainerman (comp.), Escalas de medición en ciencias sociales”. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. 1976
- HALLDOORSSON, A. AASTRUP, J. “Quality criteria for qualitative inquiries in logistics” *European Journal of Operational Research* 144 (2003) 321–332
- HARRISON, T. “The practice of supply chain management: where theory and application converge”. Kluwer Academic. 2003.
- HERNÁNDEZ, ROBERTO. Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. 2003.
- HOULHAN, J. “International Supply Chain Management”. *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 15, 1, 22-38. 1985.
- HUCHZERMEIER, A., COHEM, M. “Valuing operational flexibility under exchange rate risk”. *Operations Research* 44 (1), 100–113. 1996.
- JOHNSON, B. SCOTT R. “Making Alliances Work--Using a Computer-Based Management System to Integrate the Supply Chain”, *JPT, Journal of Petroleum Technology*, 47(6): 512-513. 1995.
- Johnson, J.C., Word, D.L., Wardlow, P.R., Murphy, JR. “Contemporary Logistics”. Seventh Edition. New York. Simon and Schuster 1999.
- KINDER, T. “Go with the flow—a conceptual framework for supply relations in the era of the extended enterprise”. University of Edinburgh. 2000.
- KING, A., LENOX, MJ. ”Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance”. *Production and Operations Management*. 2001.
- LEE, H., BILLINGTON, C. “Supply Chain Management: Pitfalls and Opportunities”. *Sloan Management Review*, 33, Spring, 65-73. 1992.
- LEE, H., BILLINGTON, C. “Material Management in Decentralized Supply Chains”. *Operations Research*, 41, 5, 835-847. 1993.
- LIKERT, R. “Una técnica para la medición de actitudes. En C. H Wainerman (comp.), Escalas de medición en ciencias sociales”. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. 1976
- LÓPEZ, MACÍAS Y CASTRILLÓN. “Teoría económica y algunas experiencias latinoamericanas relativas a la agroindustria”. www.eumed.net/libros/2007b/304/. 2007.
- MASTERS, M. “Determination of Near-Optimal Stock Levels for Multi-Echelon Distribution Inventories”. *Journal of Business Logistics*, 14, 2, 165-195. 1993.

- MELO, M.T., NICKEL, S., SALDANHA DA GAMMA, F. “Dynamic multi – commodity capacitated facility location: a mathematical modeling framework for strategic supply chain planning”. *Computers and Operations Research* 33, 181 – 208 (2005)
- MIN, H. ZHOU, G. “Supply chain modeling: past, present and future”. *Computer & industrial Engineering*. 2002.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. “La cadena de oleaginosas, grasas y aceites en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005”, Observatorio Agrocadenas Colombia.
- MONDELO, N., SÁNCHEZ, R., CARRASQUERO, N. “El proceso analítico jerárquico como herramienta para la selección de la mejor Ubicación de un relleno sanitario”. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería. Apartado Postal 47008, Los Chaguaramos, Caracas 1041-A, Venezuela
- NICOLL, D. “Integrating Logistics Strategies”. *Annual International Conference Proceedings - American Production and Inventory Control Society*, 590-594. 1994.
- OSGOOD, C.E, SUCI, G.J, TANNEBAUM, P.H. “The measurement of meaning. Urbana, III. University of Illinois Press”. 1957.
- PAULRAJ, A. “Towards a unified theory in supply chain management: critical constructs and their effect on performance”, doctoral dissertation, Cleveland. Cleveland State University 2002.
- PORTER, MICHAEL. “La ventaja competitiva de las Naciones. Buenos Aires: Javier Vergara. 1991.
- ROBERTS S. “Supply chain specific? Understanding the patchy success of ethical sourcing initiatives”. *Journal of Business Ethics*, 2003.
- SAATY, T. “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process” *European Journal of Operational Research* 48 (1990) 9-26 9, North-Holland. 1990
- SCHWARZ, B. “Introduction in: L. B. Schwarz (ed.), *Studies in Management Sciences*, Vol. 16--Multi-Level Production / Inventory Control Systems”, North-Holland, Amsterdam, 163-193. 1981.
- SEURING, S., MULLER, M. “From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*”. 2008.
- SHAPIRO, J.F. “Modelling the Supply Chain”. Duxbury, Pacific Grove, California. Thomson Learning 2001.

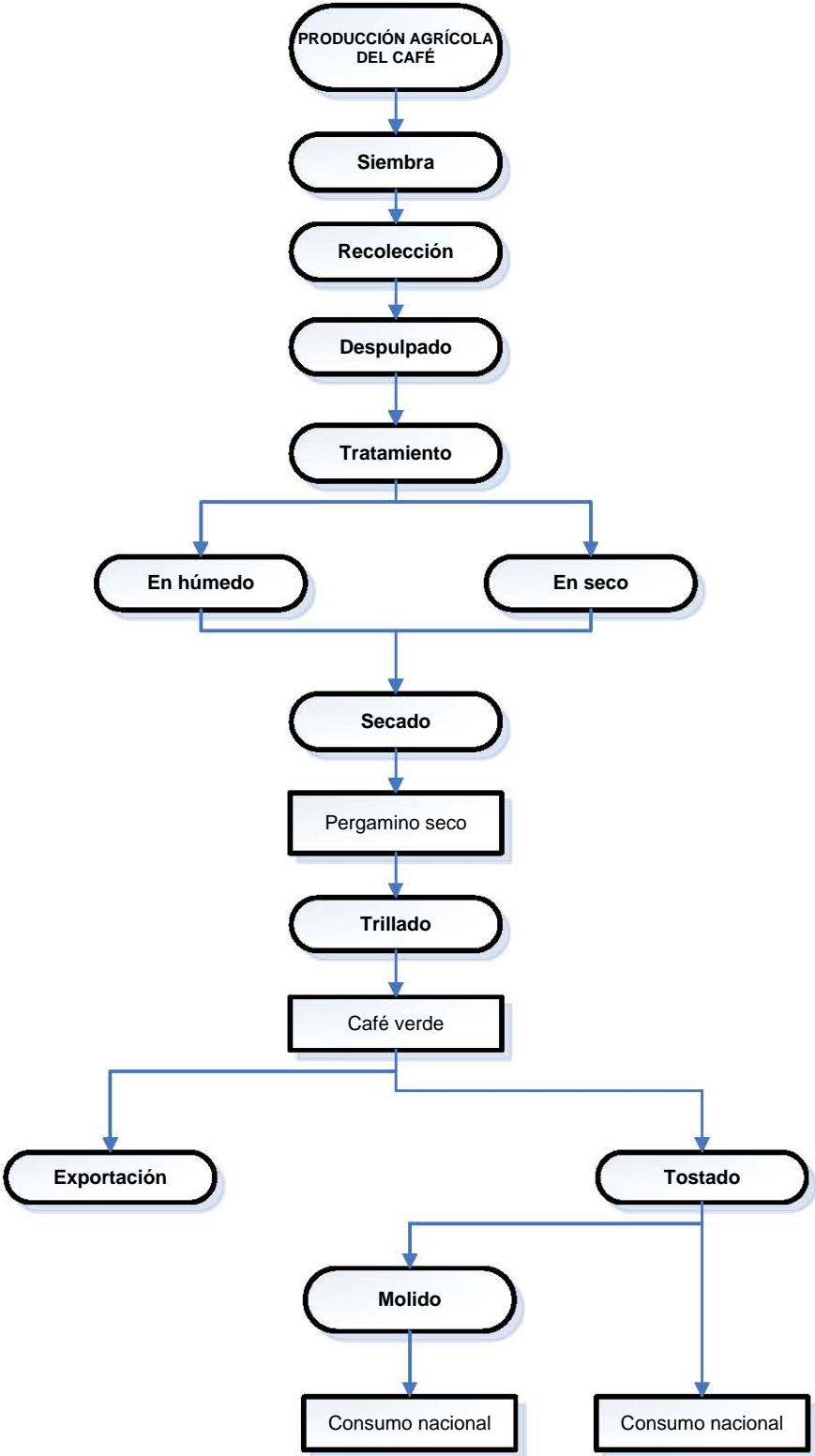
- STENROSS, F. M., SWEET G. “Implementing an Integrated Supply Chain in Annual Conference Proceedings, Oak Brook, Ill” Council of Logistics Management, Vol. 2, 341-351. 1991.
- THOMAS, D., GRIFFIN, M.C. “Coordinate supply chain management: A review, working paper”, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, G.A., 1996.
- TURÓN, A., MORENO, J. “visualización de información en el proceso analítico jerárquico (AHP)”. Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza. Facultad de Económicas, Universidad de Zaragoza. España.
- VIDAL, C.J., GOETSCHALCKX, M. “Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models” European Journal of Operational Research. 98(1) 1-18, 1997.
- VOLLMAN, E., BERRY, L., WHYBARK, D. “Manufacturing Planning and Control Systems”, Irwin, Homewood, IL. 1992.
- www.agrocadenas.gov.co
- www.fedepalma.org

ANEXOS

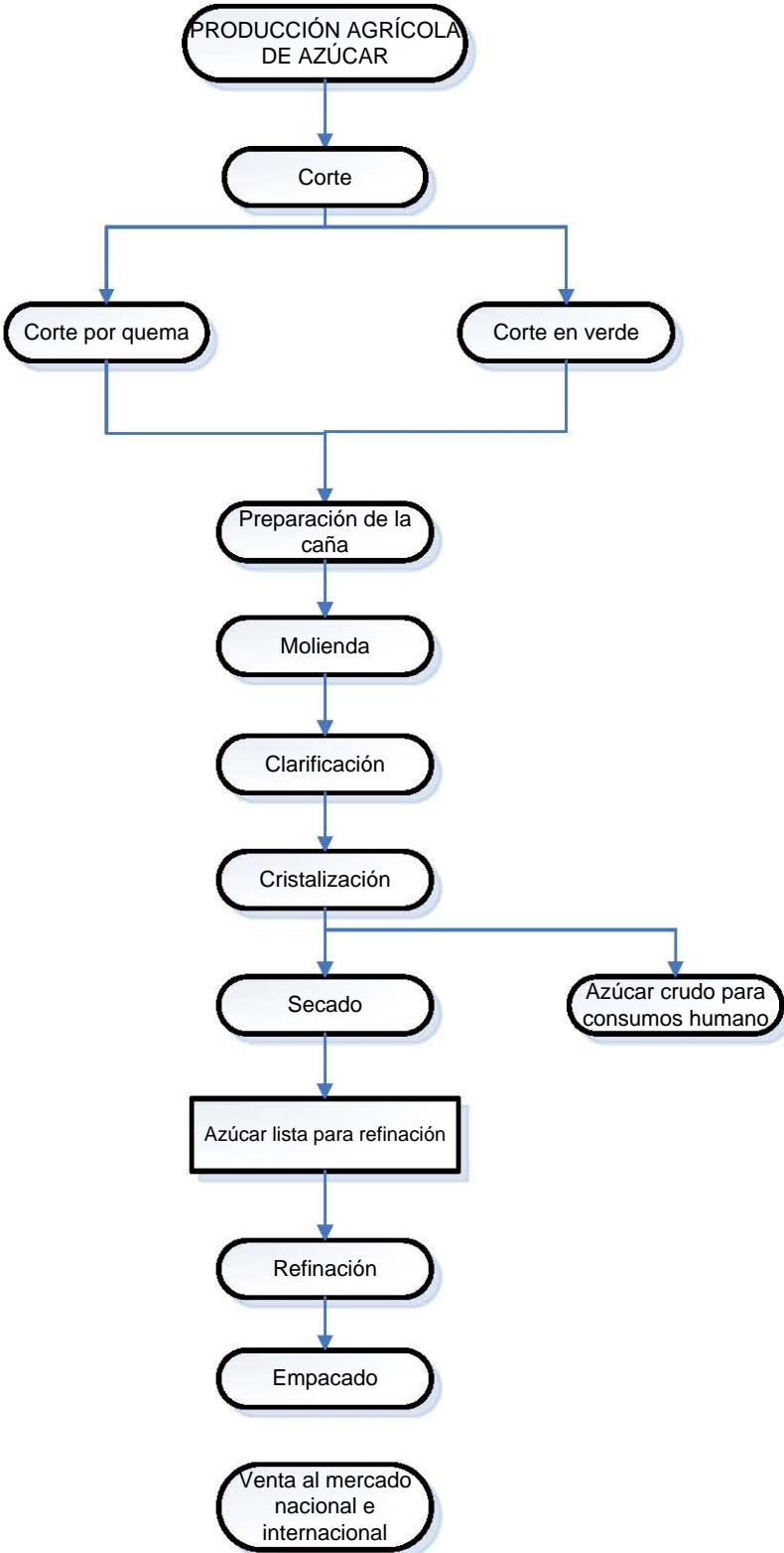
Anexo 1. Cadena agroindustrial del tabaco



Anexo 2. Cadena agroindustrial del café



Anexo 3. Cadena agroindustrial del azúcar



Anexo 4. Prueba piloto persona 1

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/4	1/2	1
BARRIO	4	1	3	4
AÑOS	2	1/3	1	2
COSTO	1	1/4	1/2	1

ω		
TAMAÑO	0,59	0,12
BARRIO	2,63	0,54
AÑOS	1,07	0,22
COSTO	0,59	0,12

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,11	0,90	1,00
BARRIO	0,90	1,00	1,22	0,90
AÑOS	1,11	0,82	1,00	1,11
COSTO	1,00	1,11	0,90	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,90	0,90	1,00	1,00
BARRIO	0,90	1,00	0,82	0,90	0,67
AÑOS	0,90	0,82	1,00	0,90	0,33
COSTO	1,00	0,90	0,90	1,00	0,00

Δ	0,859
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/5	1/5	1
BARRIO	5	1	5	1
AÑOS	5	1/5	1	1
COSTO	1	1	1	1

ω		
TAMAÑO	0,45	0,10
BARRIO	2,24	0,48
AÑOS	1,00	0,21
COSTO	1,00	0,21

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,00	0,45	2,24
BARRIO	1,00	1,00	2,24	0,45
AÑOS	2,24	0,45	1,00	1,00
COSTO	0,45	2,24	1,00	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	1,00	0,45	0,45	1,00
BARRIO	1,00	1,00	0,45	0,45	0,67
AÑOS	0,45	0,45	1,00	1,00	0,33
COSTO	0,45	0,45	1,00	1,00	0,00

Δ	0,447
----------	-------

Anexo 5. Prueba piloto persona 2

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/3	1/4	3
BARRIO	3	1	1/2	5
AÑOS	4	2	1	6
COSTO	1/3	1/5	1/6	1

ω		
TAMAÑO	0,71	0,13
BARRIO	1,65	0,31
AÑOS	2,63	0,49
COSTO	0,32	0,06

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,78	0,93	1,38
BARRIO	1,28	1,00	0,80	0,98
AÑOS	1,07	1,26	1,00	0,74
COSTO	0,73	1,02	1,35	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,78	0,93	0,73	1,00
BARRIO	0,78	1,00	0,80	0,98	0,67
AÑOS	0,93	0,80	1,00	0,74	0,33
COSTO	0,73	0,98	0,74	1,00	0,00

Δ	0,743
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/5	1	1/3
BARRIO	5	1	5	5
AÑOS	1	1/5	1	3
COSTO	3	1/5	1/3	1

ω		
TAMAÑO	0,51	0,09
BARRIO	3,34	0,62
AÑOS	0,88	0,16
COSTO	0,67	0,12

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,32	1,73	0,44
BARRIO	0,76	1,00	1,32	1,00
AÑOS	0,58	0,76	1,00	2,28
COSTO	2,28	1,00	0,44	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,76	0,58	0,44	1,00
BARRIO	0,76	1,00	0,76	1,00	0,67
AÑOS	0,58	0,76	1,00	0,44	0,33
COSTO	0,44	1,00	0,44	1,00	0,00

Δ	0,503
----------	-------

Anexo 6. Prueba piloto persona 3

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	4	1/2	3
BARRIO	1/4	1	1/5	1/2
AÑOS	2	5	1	4
COSTO	1/3	2	1/4	1

ω		
TAMAÑO	1,57	0,31
BARRIO	0,40	0,08
AÑOS	2,51	0,49
COSTO	0,64	0,12

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,02	0,80	1,22
BARRIO	0,98	1,00	1,26	0,80
AÑOS	1,24	0,79	1,00	1,02
COSTO	0,82	1,24	0,98	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,98	0,80	0,82	1,00
BARRIO	0,98	1,00	0,79	0,80	0,67
AÑOS	0,80	0,79	1,00	0,98	0,33
COSTO	0,82	0,80	0,98	1,00	0,00

Δ	0,797
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	6	1/8	4
BARRIO	1/6	1	5	1
AÑOS	8	1/5	1	1/5
COSTO	1/4	1	5	1

ω		
TAMAÑO	1,32	0,26
BARRIO	0,96	0,19
AÑOS	0,75	0,15
COSTO	1,06	0,21

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,52	0,20	1,63
BARRIO	0,66	1,00	31,62	1,61
AÑOS	4,98	0,03	1,00	0,05
COSTO	0,61	0,62	19,68	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,66	0,20	0,61	1,00
BARRIO	0,66	1,00	0,03	0,62	0,67
AÑOS	0,20	0,03	1,00	0,05	0,33
COSTO	0,61	0,62	0,05	1,00	0,00

Δ	0,095
----------	-------

Anexo 7. Prueba piloto persona 4

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/2	3	2
BARRIO	2	1	4	3
AÑOS	1/3	1/4	1	1/2
COSTO	1/2	1/3	2	1

ω	
TAMAÑO	1,32
BARRIO	2,21
AÑOS	0,45
COSTO	0,76

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,84	1,03	1,15
BARRIO	1,19	1,00	0,82	1,03
AÑOS	0,97	1,22	1,00	0,84
COSTO	0,87	0,97	1,19	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,84	0,97	0,87	1,00
BARRIO	0,84	1,00	0,82	0,97	0,67
AÑOS	0,97	0,82	1,00	0,84	0,33
COSTO	0,87	0,97	0,84	1,00	0,00

Δ	0,829
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/9	5	1/9
BARRIO	9	1	9	5
AÑOS	1/5	1/9	1	175
COSTO	9	1/5	0	1

ω	
TAMAÑO	0,50
BARRIO	4,49
AÑOS	1,40
COSTO	0,32

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,00	14,09	0,07
BARRIO	1,00	1,00	2,82	0,35
AÑOS	0,07	0,35	1,00	39,69
COSTO	14,09	2,82	0,03	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	1,00	0,07	0,07	1,00
BARRIO	1,00	1,00	0,35	0,35	0,67
AÑOS	0,07	0,35	1,00	0,03	0,33
COSTO	0,07	0,35	0,03	1,00	0,00

Δ	0,063
----------	-------

Anexo 8. Prueba piloto persona 5

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1	2	3
BARRIO	1	1	2	3
AÑOS	1/2	1/2	1	2
COSTO	1/3	1/3	1/2	1

ω	
TAMAÑO	1,57
BARRIO	1,57
AÑOS	0,84
COSTO	0,49

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,00	1,07	0,93
BARRIO	1,00	1,00	1,07	0,93
AÑOS	0,93	0,93	1,00	1,15
COSTO	1,07	1,07	0,87	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	1,00	0,93	0,93	1,00
BARRIO	1,00	1,00	0,93	0,93	0,67
AÑOS	0,93	0,93	1,00	0,87	0,33
COSTO	0,93	0,93	0,87	1,00	0,00

Δ	0,898
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/9	1/5	1/9
BARRIO	9	1	9	1/3
AÑOS	5	1/9	1	1/9
COSTO	9	3	9	1

ω	
TAMAÑO	0,22
BARRIO	2,28
AÑOS	0,50
COSTO	3,95

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,14	0,45	1,97
BARRIO	0,88	1,00	1,97	0,58
AÑOS	2,24	0,51	1,00	0,88
COSTO	0,51	1,73	1,14	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,88	0,45	0,51	1,00
BARRIO	0,88	1,00	0,51	0,58	0,67
AÑOS	0,45	0,51	1,00	0,88	0,33
COSTO	0,51	0,58	0,88	1,00	0,00

Δ	0,477
----------	-------

Anexo 9. Prueba piloto persona 6

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	2	4	3
BARRIO	1/2	1	3	2
AÑOS	1/4	1/3	1	1/2
COSTO	1/3	1/2	2	1

ω	
TAMAÑO	2,21
BARRIO	1,32
AÑOS	0,45
COSTO	0,76

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,19	0,82	1,03
BARRIO	0,84	1,00	1,03	1,15
AÑOS	1,22	0,97	1,00	0,84
COSTO	0,97	0,87	1,19	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,84	0,82	0,97	1,00
BARRIO	0,84	1,00	0,97	0,87	0,67
AÑOS	0,82	0,97	1,00	0,84	0,33
COSTO	0,97	0,87	0,84	1,00	0,00

Δ	0,829
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/5	5	5
BARRIO	5	1	5	1/5
AÑOS	1/5	1/5	1	1/5
COSTO	1/5	5	5	1

ω	
TAMAÑO	1,50
BARRIO	1,50
AÑOS	0,30
COSTO	1,50

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,12	1,02	1,72
BARRIO	8,41	1,00	1,72	0,12
AÑOS	0,98	0,58	1,00	0,34
COSTO	0,58	8,66	2,97	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,12	0,98	0,58	1,00
BARRIO	0,12	1,00	0,58	0,12	0,67
AÑOS	0,98	0,58	1,00	0,34	0,33
COSTO	0,58	0,12	0,34	1,00	0,00

Δ	0,198
----------	-------

Anexo 10. Prueba piloto persona 7

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/2	3	1/3
BARRIO	2	1	4	1/2
AÑOS	1/3	1/4	1	1/5
COSTO	3	2	5	1

ω		
TAMAÑO	0,84	0,17
BARRIO	1,41	0,29
AÑOS	0,36	0,07
COSTO	2,34	0,47

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,84	1,28	0,93
BARRIO	1,19	1,00	1,02	0,83
AÑOS	0,78	0,98	1,00	1,30
COSTO	1,08	1,21	0,77	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,84	0,78	0,93	1,00
BARRIO	0,84	1,00	0,98	0,83	0,67
AÑOS	0,78	0,98	1,00	0,77	0,33
COSTO	0,93	0,83	0,77	1,00	0,00

Δ	0,785
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1	6	1
BARRIO	1	1	5	1
AÑOS	1/6	1/5	1	1/2
COSTO	1	1	2	1

ω		
TAMAÑO	1,57	0,34
BARRIO	1,50	0,32
AÑOS	0,36	0,08
COSTO	1,19	0,26

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,96	1,38	0,76
BARRIO	1,05	1,00	1,20	0,80
AÑOS	0,73	0,83	1,00	1,65
COSTO	1,32	1,26	0,60	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,96	0,73	0,76	1,00
BARRIO	0,96	1,00	0,83	0,80	0,67
AÑOS	0,73	0,83	1,00	0,60	0,33
COSTO	0,76	0,80	0,60	1,00	0,00

Δ	0,678
----------	-------

Anexo 11. Prueba piloto persona 8

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/2	5	4
BARRIO	2	1	6	5
AÑOS	1/5	1/6	1	1/2
COSTO	1/4	1/5	2	1

ω	
TAMAÑO	1,78
BARRIO	2,78
AÑOS	0,36
COSTO	0,56

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,78	1,01	1,26
BARRIO	1,28	1,00	0,77	1,01
AÑOS	0,99	1,29	1,00	0,78
COSTO	0,79	0,99	1,28	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,78	0,99	0,79	1,00
BARRIO	0,78	1,00	0,77	0,99	0,67
AÑOS	0,99	0,77	1,00	0,78	0,33
COSTO	0,79	0,99	0,78	1,00	0,00

Δ	0,779
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/5	3	1/5
BARRIO	5	1	7	6
AÑOS	1/3	1/7	1	1/4
COSTO	5	1/6	4	1

ω	
TAMAÑO	0,59
BARRIO	3,81
AÑOS	0,33
COSTO	1,35

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,29	1,68	0,46
BARRIO	0,77	1,00	0,61	2,13
AÑOS	0,59	1,65	1,00	1,02
COSTO	2,18	0,47	0,98	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,77	0,59	0,46	1,00
BARRIO	0,77	1,00	0,61	0,47	0,67
AÑOS	0,59	0,61	1,00	0,98	0,33
COSTO	0,46	0,47	0,98	1,00	0,00

Δ	0,492
----------	-------

Anexo 12. Prueba piloto persona 9

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	2	1/2	7
BARRIO	1/2	1	1/3	6
AÑOS	2	3	1	8
COSTO	1/7	1/6	1/8	1

ω	
TAMAÑO	1,63
BARRIO	1,00
AÑOS	2,63
COSTO	0,23

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	1,23	0,81	1,01
BARRIO	0,81	1,00	0,88	1,40
AÑOS	1,24	1,14	1,00	0,71
COSTO	0,99	0,71	1,41	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,81	0,81	0,99	1,00
BARRIO	0,81	1,00	0,88	0,71	0,67
AÑOS	0,81	0,88	1,00	0,71	0,33
COSTO	0,99	0,71	0,71	1,00	0,00

Δ	0,734
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/5	1	7
BARRIO	5	1	9	3
AÑOS	1	1/9	1	3
COSTO	1/7	1/3	1/3	1

ω	
TAMAÑO	1,09
BARRIO	3,41
AÑOS	0,76
COSTO	0,35

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,12	1,62	1,01
BARRIO	8,13	1,00	23,69	0,70
AÑOS	0,62	0,04	1,00	0,27
COSTO	0,99	1,43	3,76	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,12	0,62	0,99	1,00
BARRIO	0,12	1,00	0,04	0,70	0,67
AÑOS	0,62	0,04	1,00	0,27	0,33
COSTO	0,99	0,70	0,27	1,00	0,00

Δ	0,156
----------	-------

Anexo 13. Prueba piloto persona 10

a) Resultado obtenido al utilizar la escala propuesta

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/2	6	2
BARRIO	2	1	7	3
AÑOS	1/6	1/7	1	1/5
COSTO	1/2	1/3	5	1

ω		
TAMAÑO	1,57	0,29
BARRIO	2,55	0,48
AÑOS	0,26	0,05
COSTO	0,96	0,18

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,81	1,01	1,22
BARRIO	1,23	1,00	0,72	1,13
AÑOS	0,99	1,38	1,00	0,73
COSTO	0,82	0,89	1,37	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,81	0,99	0,82	1,00
BARRIO	0,81	1,00	0,72	0,89	0,67
AÑOS	0,99	0,72	1,00	0,73	0,33
COSTO	0,82	0,89	0,73	1,00	0,00

Δ	0,745
----------	-------

b) Resultado obtenido al utilizar la calificación directa de Saaty

	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1	1/5	5	3
BARRIO	5	1	6	2
AÑOS	1/5	1/6	1	1/5
COSTO	1/3	1/2	5	1

ω		
TAMAÑO	1,32	0,25
BARRIO	2,78	0,52
AÑOS	0,29	0,05
COSTO	0,96	0,18

e	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO
TAMAÑO	1,00	0,42	1,09	2,18
BARRIO	2,36	1,00	0,62	0,69
AÑOS	0,92	1,62	1,00	0,67
COSTO	0,46	1,46	1,50	1,00

Δ	TAMAÑO	BARRIO	AÑOS	COSTO	ESCALA
TAMAÑO	1,00	0,42	0,92	0,46	1,00
BARRIO	0,42	1,00	0,62	0,69	0,67
AÑOS	0,92	0,62	1,00	0,67	0,33
COSTO	0,46	0,69	0,67	1,00	0,00

Δ	0,474
----------	-------

Anexo 14. Problema 1

	ASIPROPLA	ASIREC	CANINS	CAPPLA	DISPLA	DISPRO	FLUINF	FLUMAT	LOCPLA	NIVDEM	SELPRO
ASIPROPLA	1	1	3	2	3	1	2	2	1	1	3
ASIREC	1	1	3	2	3	1	2	2	1	1	3
CANINS	1/3	1/3	1	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1
CAPPLA	1/2	1/2	2	1	2	1/2	1	1	1/2	1/2	2
DISPLA	1/3	1/3	1	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1
DISPRO	1	1	3	2	3	1	2	2	1	1	3
FLUINF	1/2	1/2	2	1	2	1/2	1	1	1/2	1/2	2
FLUMAT	1/2	1/2	2	1	2	1/2	1	1	1/2	1/2	2
LOCPLA	1	1	3	2	3	1	2	2	1	1	3
NIVDEM	1	1	3	2	3	1	2	2	1	1	3
SELPRO	1/3	1/3	1	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1

	VECTOR DE PRIORIDADES	CANTIDAD ASPECTOS	VECTOR DE PRIORIDADES*	VECTOR NORMALIZADO	VECTOR DE PRIORIDADES**
ASIPROPROPLA	1,63	1	1,63	0,11	0,11
ASIREC	1,63	1	1,63	0,11	0,11
CANINS	0,50	1	0,50	0,03	0,03
CAPPLA	0,88	1	0,88	0,06	0,06
DISPLA	0,50	1	0,50	0,03	0,03
DISPRO	1,63	1	1,63	0,11	0,11
FLUINF	0,88	1	0,88	0,06	0,06
FLUMAT	0,88	1	0,88	0,06	0,06
LOCPLA	1,63	1	1,63	0,11	0,11
NIVDEM	1,63	2	3,26	0,23	0,11
SELPRO	0,50	2	1,00	0,07	0,03
TOTAL	12,30	13	14,44	1,00	0,85

	CAL	FLE	VIS	CON	INN	TOTAL CAL	TOTAL FLE	TOTAL VIS	TOTAL CON	TOTAL INN
ASIPROPROPLA	1					0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
ASIREC		1				0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
CANINS		1				0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
CAPPLA		1				0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
DISPLA	1					0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
DISPRO	1					0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
FLUINF			1			0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
FLUMAT			1			0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
LOCPLA		1				0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
NIVDEM		1			1	0,00	0,11	0,00	0,00	0,11
SELPRO	1			1		0,03	0,00	0,00	0,03	0,00
TOTAL	3	6	2	1	1	0,18	0,55	0,12	0,03	0,11

ε	ASIPROPLA	ASIREC	CANINS	CAPPLA	DISPLA	DISPRO	FLUINF	FLUMAT	LOCPLA	NIVDEM	SELPRO
ASIPROPLA	1,00	1,00	0,92	1,08	0,92	1,00	1,08	1,08	1,00	1,00	0,92
ASIREC	1,00	1,00	0,92	1,08	0,92	1,00	1,08	1,08	1,00	1,00	0,92
CANINS	1,08	1,08	1,00	0,88	1,00	1,08	0,88	0,88	1,08	1,08	1,00
CAPPLA	0,92	0,92	1,14	1,00	1,14	0,92	1,00	1,00	0,92	0,92	1,14
DISPLA	1,08	1,08	1,00	0,88	1,00	1,08	0,88	0,88	1,08	1,08	1,00
DISPRO	1,00	1,00	0,92	1,08	0,92	1,00	1,08	1,08	1,00	1,00	0,92
FLUINF	0,92	0,92	1,14	1,00	1,14	0,92	1,00	1,00	0,92	0,92	1,14
FLUMAT	0,92	0,92	1,14	1,00	1,14	0,92	1,00	1,00	0,92	0,92	1,14
LOCPLA	1,00	1,00	0,92	1,08	0,92	1,00	1,08	1,08	1,00	1,00	0,92
NIVDEM	1,00	1,00	0,92	1,08	0,92	1,00	1,08	1,08	1,00	1,00	0,92
SELPRO	1,08	1,08	1,00	0,88	1,00	1,08	0,88	0,88	1,08	1,08	1,00

Δ	ASIPROPLA	ASIREC	CANINS	CAPPLA	DISPLA	DISPRO	FLUINF	FLUMAT	LOCPLA	NIVDEM	SELPRO	ESCALA
ASIPROPLA	1,00	1,00	0,92	0,92	0,92	1,00	0,92	0,92	1,00	1,00	0,92	1,00
ASIREC	1,00	1,00	0,92	0,92	0,92	1,00	0,92	0,92	1,00	1,00	0,92	0,90
CANINS	0,92	0,92	1,00	0,88	1,00	0,92	0,88	0,88	0,92	0,92	1,00	0,80
CAPPLA	0,92	0,92	0,88	1,00	0,88	0,92	1,00	1,00	0,92	0,92	0,88	0,70
DISPLA	0,92	0,92	1,00	0,88	1,00	0,92	0,88	0,88	0,92	0,92	1,00	0,60
DISPRO	1,00	1,00	0,92	0,92	0,92	1,00	0,92	0,92	1,00	1,00	0,92	0,50
FLUINF	0,92	0,92	0,88	1,00	0,88	0,92	1,00	1,00	0,92	0,92	0,88	0,40
FLUMAT	0,92	0,92	0,88	1,00	0,88	0,92	1,00	1,00	0,92	0,92	0,88	0,30
LOCPLA	1,00	1,00	0,92	0,92	0,92	1,00	0,92	0,92	1,00	1,00	0,92	0,20
NIVDEM	1,00	1,00	0,92	0,92	0,92	1,00	0,92	0,92	1,00	1,00	0,92	0,10
SELPRO	0,92	0,92	1,00	0,88	1,00	0,92	0,88	0,88	0,92	0,92	1,00	0,00

Δ	0,725
Δ	0,725

Anexo 15. Problema 2

	ASIPROPLA	ASIREC	CANINS	DISPLA	DISPRO	ESTPRO	FLUINF	FLUMAT	LOCPLA	SELPRO	SELTEC
ASIPROPLA	1	2	6	1	1	2	2	1	1	6	1
ASIREC	1/2	1	5	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	5	1/2
CANINS	1/6	1/5	1	1/6	1/6	1/6	1/5	1/6	1/6	1	1/6
DISPLA	1	2	6	1	1	1	2	1	1	6	1
DISPRO	1	2	6	1	1	1	2	1	1	6	1
ESTPRO	1	2	6	1	1	1	2	1	1	6	1
FLUINF	1/2	1	5	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	5	1/2
FLUMAT	1	2	6	1	1	1	2	1	1	6	1
LOCPLA	1	2	6	1	1	1	2	1	1	6	1
SELPRO	1/6	1/5	1	1/6	1/6	1/6	1/5	1/6	1/6	1	1/6
SELTEC	1	2	6	1	1	1	2	1	1	6	1

	VECTOR DE PRIORIDADES	CANTIDAD ASPECTOS	VECTOR DE PRIORIDADES*	VECTOR NORMALIZADO	VECTOR DE PRIORIDADES**
ASIPROPLA	1,57	1	1,57	0,09	0,09
ASIREC	0,86	1	0,86	0,05	0,05
CANINS	0,24	1	0,24	0,01	0,01
DISPLA	1,57	1	1,57	0,09	0,09
DISPRO	1,57	1	1,57	0,09	0,09
ESTPRO	1,57	1	1,57	0,09	0,09
FLUINF	0,86	1	0,86	0,05	0,05
FLUMAT	1,57	1	1,57	0,09	0,09
LOCPLA	1,57	1	1,57	0,09	0,09
SELPRO	0,24	2	0,48	0,03	0,01
SELTEC	1,57	3	4,71	0,28	0,09
TOTAL	13,20	14	16,58	1,00	0,80

	CAL	FLE	VIS	CON	INN	TOTAL CAL	TOTAL FLE	TOTAL VIS	TOTAL CON	TOTAL INN
ASIPROPLA		1				0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
ASIREC		1				0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
CANINS		1				0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
DISPLA	1					0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
DISPRO	1					0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
ESTPRO		1				0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
FLUINF			1			0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
FLUMAT			1			0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
LOCPLA		1				0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
SELPRO	1					0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
SELTEC	1			1	1	0,09	0,09	0,00	0,09	0,09
TOTAL	4	6	2	1	1	0,30	0,45	0,15	0,09	0,09

©	ASIPROPLA	ASIREC	CANINS	DISPLA	DISPRO	ESTPRO	FLUINF	FLUMAT	LOCPLA	SELPRO	SELTEC
ASIPROPLA	1,00	1,10	0,91	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	0,91	1,00
ASIREC	0,91	1,00	1,38	0,91	0,91	0,91	1,00	0,91	0,91	1,38	0,91
CANINS	1,10	0,72	1,00	1,10	1,10	1,10	0,72	1,10	1,10	1,00	1,10
DISPLA	1,00	1,10	0,91	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	0,91	1,00
DISPRO	1,00	1,10	0,91	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	0,91	1,00
ESTPRO	1,00	1,10	0,91	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	0,91	1,00
FLUINF	0,91	1,00	1,38	0,91	0,91	0,91	1,00	0,91	0,91	1,38	0,91
FLUMAT	1,00	1,10	0,91	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	0,91	1,00
LOCPLA	1,00	1,10	0,91	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	0,91	1,00
SELPRO	1,10	0,72	1,00	1,10	1,10	1,10	0,72	1,10	1,10	1,00	1,10
SELTEC	1,00	1,10	0,91	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	0,91	1,00

Δ	ASIPROPLA	ASIREC	CANINS	DISPLA	DISPRO	ESTPRO	FLUINF	FLUMAT	LOCPLA	SELPRO	SELTEC	ESCALA
ASIPROPLA	1,00	0,91	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00
ASIREC	0,91	1,00	0,72	0,91	0,91	0,91	1,00	0,91	0,91	0,72	0,91	0,90
CANINS	0,91	0,72	1,00	0,91	0,91	0,91	0,72	0,91	0,91	1,00	0,91	0,80
DISPLA	1,00	0,91	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91	1,00	0,70
DISPRO	1,00	0,91	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91	1,00	0,60
ESTPRO	1,00	0,91	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91	1,00	0,50
FLUINF	0,91	1,00	0,72	0,91	0,91	0,91	1,00	0,91	0,91	0,72	0,91	0,40
FLUMAT	1,00	0,91	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91	1,00	0,30
LOCPLA	1,00	0,91	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91	1,00	0,20
SELPRO	0,91	0,72	1,00	0,91	0,91	0,91	0,72	0,91	0,91	1,00	0,91	0,10
SELTEC	1,00	0,91	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91	1,00	0,00

Δ	0,701
---	-------

Anexo 16. Problema 3

	ASIPROPLA	ASIREC	CAPPLA	DISPLA	DISPRO	ESTPRO	FLUMAT	LOCPLAN	NIVDEM	SELEQU	SELTEC
ASIPROPLA	1	1	3	2	2	2	3	2	2	1	1
ASIREC	1	1	3	2	2	2	3	2	2	1	1
CAPPLA	1/3	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/3	1/3
DISPLA	1/2	1/2	2	1	1	1	2	1	1	1/2	1/2
DISPRO	1/2	1/2	2	1	1	1	2	1	1	1/2	1/2
ESTPRO	1/2	1/2	2	1	1	1	2	1	1	1/2	1/2
FLUMAT	1/3	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/3	1/3
LOCPLAN	1/2	1/2	2	1	1	1	2	1	1	1/2	1/2
NIVDEM	1/2	1/2	2	1	1	1	2	1	1	1/2	1/2
SELEQU	1	1	3	2	2	2	3	2	2	1	1
SELTEC	1	1	3	2	2	2	3	2	2	1	1

	VECTOR DE PRIORIDADES	CANTIDAD ASPECTOS	VECTOR DE PRIORIDADES*	VECTOR NORMALIZADO	VECTOR DE PRIORIDADES**
ASIPROPLA	1,67	1	1,67	0,09	0,09
ASIREC	1,67	1	1,67	0,09	0,09
CAPPLA	0,49	1	0,49	0,03	0,03
DISPLA	0,88	1	0,88	0,05	0,05
DISPRO	0,88	1	0,88	0,05	0,05
ESTPRO	0,88	1	0,88	0,05	0,05
FLUMAT	0,49	1	0,49	0,03	0,03
LOCPLAN	0,88	1	0,88	0,05	0,05
NIVDEM	0,88	1	0,88	0,05	0,05
SELEQU	1,67	3	5,02	0,27	0,09
SELTEC	1,67	3	5,02	0,27	0,09
TOTAL	12,08	15	18,77	1,00	0,64

	CAL	FLE	VIS	INN	TOTAL CAL	TOTAL FLE	TOTAL VIS	TOTAL INN
ASIPROPLA		1			0,00	0,09	0,00	0,00
ASIREC		1			0,00	0,09	0,00	0,00
CAPPLA		1			0,00	0,03	0,00	0,00
DISPLA	1				0,05	0,00	0,00	0,00
DISPRO	1				0,05	0,00	0,00	0,00
ESTPRO		1			0,00	0,05	0,00	0,00
FLUMAT			1		0,00	0,00	0,03	0,00
LOCPLAN		1			0,00	0,05	0,00	0,00
NIVDEM		1			0,00	0,05	0,00	0,00
SELEQU	1	1		1	0,09	0,09	0,00	0,09
SELTEC	1	1		1	0,09	0,09	0,00	0,09
TOTAL	4	8	1	2	0,27	0,52	0,03	0,18

e	ASIPROPLA	ASIREC	CAPPLA	DISPLA	DISPRO	ESTPRO	FLUMAT	LOCPLAN	NIVDEM	SELEQU	SELTEC
ASIPROPLA	1,00	1,00	0,88	1,05	1,05	1,05	0,88	1,05	1,05	1,00	1,00
ASIREC	1,00	1,00	0,88	1,05	1,05	1,05	0,88	1,05	1,05	1,00	1,00
CAPPLA	1,14	1,14	1,00	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	1,14	1,14
DISPLA	0,95	0,95	1,11	1,00	1,00	1,00	1,11	1,00	1,00	0,95	0,95
DISPRO	0,95	0,95	1,11	1,00	1,00	1,00	1,11	1,00	1,00	0,95	0,95
ESTPRO	0,95	0,95	1,11	1,00	1,00	1,00	1,11	1,00	1,00	0,95	0,95
FLUMAT	1,14	1,14	1,00	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	1,14	1,14
LOCPLAN	0,95	0,95	1,11	1,00	1,00	1,00	1,11	1,00	1,00	0,95	0,95
NIVDEM	0,95	0,95	1,11	1,00	1,00	1,00	1,11	1,00	1,00	0,95	0,95
SELEQU	1,00	1,00	0,88	1,05	1,05	1,05	0,88	1,05	1,05	1,00	1,00
SELTEC	1,00	1,00	0,88	1,05	1,05	1,05	0,88	1,05	1,05	1,00	1,00

Δ	ASIPROPLA	ASIREC	CAPPLA	DISPLA	DISPRO	ESTPRO	FLUMAT	LOCPLAN	NIVDEM	SELEQU	SELTEC	ESCALA
ASIPROPLA	1,00	1,00	0,88	0,95	0,95	0,95	0,88	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00
ASIREC	1,00	1,00	0,88	0,95	0,95	0,95	0,88	0,95	0,95	1,00	1,00	0,90
CAPPLA	0,88	0,88	1,00	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	0,88	0,88	0,80
DISPLA	0,95	0,95	0,90	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	0,95	0,95	0,70
DISPRO	0,95	0,95	0,90	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	0,95	0,95	0,60
ESTPRO	0,95	0,95	0,90	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	0,95	0,95	0,50
FLUMAT	0,88	0,88	1,00	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	0,88	0,88	0,40
LOCPLAN	0,95	0,95	0,90	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	0,95	0,95	0,30
NIVDEM	0,95	0,95	0,90	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	0,95	0,95	0,20
SELEQU	1,00	1,00	0,88	0,95	0,95	0,95	0,88	0,95	0,95	1,00	1,00	0,10
SELTEC	1,00	1,00	0,88	0,95	0,95	0,95	0,88	0,95	0,95	1,00	1,00	0,00

Δ	0,752
---	-------

Anexo 17. Problema 4

	ASIREC	CAPCANDIS	ESTDIS	FLUMAT	MODTRA	SELEQU	SELTEC
ASIREC	1	1	1	2	2	1	1
CAPCANDIS	1	1	1	2	2	1	1
ESTDIS	1	1	1	2	2	1	1
FLUMAT	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2
MODTRA	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2
SELEQU	1	1	1	2	2	1	1
SELTEC	1	1	1	2	2	1	1

	VECTOR DE PRIORIDADES	CANTIDAD ASPECTOS	VECTOR DE PRIORIDADES*	VECTOR NORMALIZADO	VECTOR DE PRIORIDADES**
ASIREC	1,22	1	1,22	0,10	0,10
CAPCANDIS	1,22	1	1,22	0,10	0,10
ESTDIS	1,22	1	1,22	0,10	0,10
FLUMAT	0,61	1	0,61	0,05	0,05
MODTRA	0,61	2	1,22	0,10	0,05
SELEQU	1,22	3	3,66	0,29	0,10
SELTEC	1,22	3	3,66	0,29	0,10
TOTAL	7,31	12	12,80	1,00	0,57

	CAL	FLE	VIS	CON	INN	TOTAL CAL	TOTAL FLE	TOTAL VIS	TOTAL CON	TOTAL INN
ASIREC		1				0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
CAPCANDIS		1				0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
ESTDIS	1					0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
FLUMAT			1			0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
MODTRA		1		1		0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
SELEQU	1	1			1	0,10	0,10	0,00	0,00	0,10
SELTEC	1	1			1	0,10	0,10	0,00	0,00	0,10
TOTAL	3	5	1	1	2	0,29	0,43	0,05	0,05	0,19

e	ASIREC	CAPCANDIS	ESTDIS	FLUMAT	MODTRA	SELEQU	SELTEC
ASIREC	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CAPCANDIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ESTDIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FLUMAT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MODTRA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SELEQU	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SELTEC	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Δ	ASIREC	CAPCANDIS	ESTDIS	FLUMAT	MODTRA	SELEQU	SELTEC	ESCALA
ASIREC	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CAPCANDIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86
ESTDIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71
FLUMAT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,57
MODTRA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,43
SELEQU	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,29
SELTEC	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Δ	1,000
---	-------

Anexo 18. Problema 5

	ASIREC	CAPCANDIS	ESTDIS	FLUMAT	MODTRA	NIVDEM	SELEQU	SELTEC
ASIREC	1	1	2	2	2	3	2	2
CAPCANDIS	1	1	2	2	2	3	2	2
ESTDIS	1/2	1/2	1	1	1	2	1	1
FLUMAT	1/2	1/2	1	1	1	2	1	1
MODTRA	1/2	1/2	1	1	1	2	1	1
NIVDEM	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2
SELEQU	1/2	1/2	1	1	1	2	1	1
SELTEC	1/2	1/2	1	1	1	2	1	1

	VECTOR DE PRIORIDADES	CANTIDAD ASPECTOS	VECTOR DE PRIORIDADES*	VECTOR NORMALIZADO	VECTOR DE PRIORIDADES**
ASIREC	1,77	1	1,77	0,13	0,13
CAPCANDIS	1,77	1	1,77	0,13	0,13
ESTDIS	0,92	1	0,92	0,07	0,07
FLUMAT	0,92	1	0,92	0,07	0,07
MODTRA	0,92	2	1,83	0,13	0,07
NIVDEM	0,49	2	0,99	0,07	0,04
SELEQU	0,92	3	2,75	0,20	0,07
SELTEC	0,92	3	2,75	0,20	0,07
TOTAL	8,62	14	13,69	1,00	0,63

	CAL	FLE	VIS	CON	INN	TOTAL CAL	TOTAL FLE	TOTAL VIS	TOTAL CON	TOTAL INN
ASIREC		1				0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
CAPCANDIS		1				0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
ESTDIS	1					0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
FLUMAT			1			0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
MODTRA		1		1		0,00	0,07	0,00	0,07	0,00
NIVDEM		1			1	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04
SELEQU	1	1			1	0,07	0,07	0,00	0,00	0,07
SELTEC	1	1			1	0,07	0,07	0,00	0,00	0,07
TOTAL	3	6	1	1	3	0,20	0,50	0,07	0,07	0,17

e	ASIREC	CAPCANDIS	ESTDIS	FLUMAT	MODTRA	NIVDEM	SELEQU	SELTEC
ASIREC	1,00	1,00	1,04	1,04	1,04	0,84	1,04	1,04
CAPCANDIS	1,00	1,00	1,04	1,04	1,04	0,84	1,04	1,04
ESTDIS	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,07	1,00	1,00
FLUMAT	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,07	1,00	1,00
MODTRA	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,07	1,00	1,00
NIVDEM	1,20	1,20	0,93	0,93	0,93	1,00	0,93	0,93
SELEQU	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,07	1,00	1,00
SELTEC	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,07	1,00	1,00

Δ	ASIREC	CAPCANDIS	ESTDIS	FLUMAT	MODTRA	NIVDEM	SELEQU	SELTEC	ESCALA
ASIREC	1,00	1,00	0,96	0,96	0,96	0,84	0,96	0,96	1,00
CAPCANDIS	1,00	1,00	0,96	0,96	0,96	0,84	0,96	0,96	0,86
ESTDIS	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,71
FLUMAT	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,57
MODTRA	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,43
NIVDEM	0,84	0,84	0,93	0,93	0,93	1,00	0,93	0,93	0,29
SELEQU	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,14
SELTEC	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,00

Δ	0,874
---	-------

Anexo 19. Problema 6

	ASIREC	FLUINF	FLUMAT	POLOUT	SELEQU	SELTEC	MODACTCOS	NIVSATCLI	SELMANOBR
ASIREC	1	3	6	2	1	2	1	1	1
FLUINF	1/3	1	4	1/2	1/3	1/2	1/3	1/3	1/3
FLUMAT	1/6	1/4	1	1/5	1/6	1/5	1/6	1/6	1/6
POLOUT	1/2	2	5	1	1/2	1	1/2	1/2	1/2
SELEQU	1	3	6	2	1	2	1	1	1
SELTEC	1/2	2	5	1	1/2	1	1/2	1/2	1/2
MODACTCOS	1	3	6	2	1	2	1	1	1
NIVSATCLI	1	3	6	2	1	2	1	1	1
SELMANOBR	1	3	6	2	1	2	1	1	1

	VECTOR DE PRIORIDADES	CANTIDAD ASPECTOS	VECTOR DE PRIORIDADES*	VECTOR NORMALIZADO	VECTOR DE PRIORIDADES**
ASIREC	1,61	1	1,61	0,10	0,10
FLUINF	0,54	1	0,54	0,03	0,03
FLUMAT	0,22	1	0,22	0,01	0,01
POLOUT	0,88	1	0,88	0,06	0,06
SELEQU	1,61	3	4,82	0,31	0,10
SELTEC	0,88	3	2,64	0,17	0,06
MODACTCOS	1,61	1	1,61	0,10	0,10
NIVSATCLI	1,61	1	1,61	0,10	0,10
SELMANOBR	1,61	1	1,61	0,10	0,10
TOTAL	10,56	13	15,54	1,00	0,68

	CAL	FLE	VIS	INN	TOTAL CAL	TOTAL FLE	TOTAL VIS	TOTAL INN
ASIREC		1			0,00	0,10	0,00	0,00
FLUINF			1		0,00	0,00	0,03	0,00
FLUMAT			1		0,00	0,00	0,01	0,00
POLOUT		1			0,00	0,06	0,00	0,00
SELEQU	1	1		1	0,10	0,10	0,00	0,10
SELTEC	1	1		1	0,06	0,06	0,00	0,06
MODACTCOS		1			0,00	0,10	0,00	0,00
NIVSATCLI	1				0,10	0,00	0,00	0,00
SELMANOBR		1			0,00	0,10	0,00	0,00
TOTAL	3	6	2	2	0,26	0,53	0,05	0,16

e	ASIREC	FLUINF	FLUMAT	POLOUT	SELEQU	SELTEC	MODACTCOS	NIVSATCLI	SELMANOBR
ASIREC	1,00	1,01	0,83	1,09	1,00	1,09	1,00	1,00	1,00
FLUINF	0,99	1,00	1,63	0,81	0,99	0,81	0,99	0,99	0,99
FLUMAT	1,21	0,61	1,00	0,79	1,21	0,79	1,21	1,21	1,21
POLOUT	0,92	1,24	1,26	1,00	0,92	1,00	0,92	0,92	0,92
SELEQU	1,00	1,01	0,83	1,09	1,00	1,09	1,00	1,00	1,00
SELTEC	0,92	1,24	1,26	1,00	0,92	1,00	0,92	0,92	0,92
MODACTCOS	1,00	1,01	0,83	1,09	1,00	1,09	1,00	1,00	1,00
NIVSATCLI	1,00	1,01	0,83	1,09	1,00	1,09	1,00	1,00	1,00
SELMANOBR	1,00	1,01	0,83	1,09	1,00	1,09	1,00	1,00	1,00

Δ	ASIREC	FLUINF	FLUMAT	POLOUT	SELEQU	SELTEC	MODACTCOS	NIVSATCLI	SELMANOBR	ESCALA
ASIREC	1,00	0,99	0,83	0,92	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00
FLUINF	0,99	1,00	0,61	0,81	0,99	0,81	0,99	0,99	0,99	0,88
FLUMAT	0,83	0,61	1,00	0,79	0,83	0,79	0,83	0,83	0,83	0,75
POLOUT	0,92	0,81	0,79	1,00	0,92	1,00	0,92	0,92	0,92	0,63
SELEQU	1,00	0,99	0,83	0,92	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,50
SELTEC	0,92	0,81	0,79	1,00	0,92	1,00	0,92	0,92	0,92	0,38
MODACTCOS	1,00	0,99	0,83	0,92	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,25
NIVSATCLI	1,00	0,99	0,83	0,92	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,13
SELMANOBR	1,00	0,99	0,83	0,92	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,00

Δ	0,701
---	-------

Anexo 20. Variables cualitativas problemas 1 y 2

	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1	2	2	1	2
FLE	1/2	1	1	1/2	1
VIS	1/2	1	1	1/2	1
CON	1	2	2	1	2
INN	1/2	1	1	1/2	1

ω		
CAL	1,52	0,29
FLE	0,76	0,14
VIS	0,76	0,14
CON	1,52	0,29
INN	0,76	0,14

e	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FLE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CON	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Δ	CAL	FLE	VIS	CON	INN	ESCALA
CAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FLE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
VIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
CON	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25
INN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Δ	1,000
----------	-------

Anexo 21. Variables cualitativas problemas 3 y 4

	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1	2	1	2	2
FLE	1/2	1	1/2	1	1
VIS	1	2	1	2	2
CON	1/2	1	1/2	1	1
INN	1/2	1	1/2	1	1

ω		
CAL	1,52	0,29
FLE	0,76	0,14
VIS	1,52	0,29
CON	0,76	0,14
INN	0,76	0,14

e	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FLE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CON	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Δ	CAL	FLE	VIS	CON	INN	ESCALA
CAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FLE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
VIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
CON	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25
INN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Δ	1,000
----------	-------

Anexo 22. Variables cualitativas problema 5

	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1	5	6	1	4
FLE	1/5	1	2	1/5	1/2
VIS	1/6	1/2	1	1/6	1/3
CON	1	5	6	1	4
INN	1/4	2	3	1/4	1

ω		
CAL	2,61	0,38
FLE	0,53	0,08
VIS	0,34	0,05
CON	2,61	0,38
INN	0,82	0,12

e	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1,00	1,01	0,79	1,00	1,26
FLE	0,99	1,00	1,30	0,99	0,78
VIS	1,27	0,77	1,00	1,27	0,80
CON	1,00	1,01	0,79	1,00	1,26
INN	0,79	1,28	1,25	0,79	1,00

Δ	CAL	FLE	VIS	CON	INN	ESCALA
CAL	1,00	0,99	0,79	1,00	0,79	1,00
FLE	0,99	1,00	0,77	0,99	0,78	0,75
VIS	0,79	0,77	1,00	0,79	0,80	0,50
CON	1,00	0,99	0,79	1,00	0,79	0,25
INN	0,79	0,78	0,80	0,79	1,00	0,00

Δ	0,713
----------	-------

Anexo 23. Variables cualitativas problema 6

	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1	3	1	2	3
FLE	1/3	1	1/3	1/2	1
VIS	1	3	1	2	3
CON	1/2	2	1/2	1	2
INN	1/3	1	1/3	1/2	1

ω		
CAL	1,78	0,31
FLE	0,56	0,10
VIS	1,78	0,31
CON	1,00	0,18
INN	0,56	0,10

e	CAL	FLE	VIS	CON	INN
CAL	1,00	0,94	1,00	1,12	0,94
FLE	1,06	1,00	1,06	0,89	1,00
VIS	1,00	0,94	1,00	1,12	0,94
CON	0,89	1,12	0,89	1,00	1,12
INN	1,06	1,00	1,06	0,89	1,00

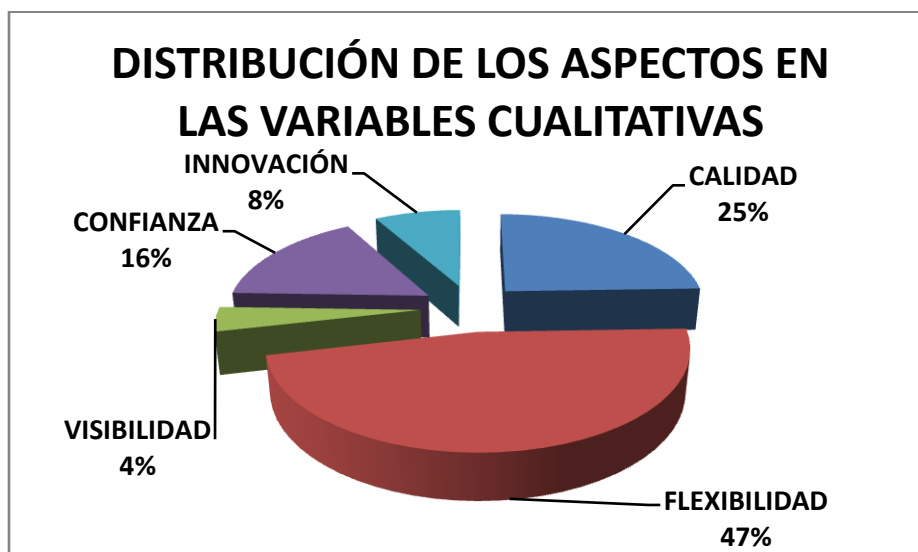
Δ	CAL	FLE	VIS	CON	INN	ESCALA
CAL	1,00	0,94	1,00	0,89	0,94	1,00
FLE	0,94	1,00	0,94	0,89	1,00	0,75
VIS	1,00	0,94	1,00	0,89	0,94	0,50
CON	0,89	0,89	0,89	1,00	0,89	0,25
INN	0,94	1,00	0,94	0,89	1,00	0,00

Δ	0,871
----------	-------

Anexo 24. Glosario de términos usados en el modelo de estimación

ASIPROPLA	Asignación de productos a producir en cada planta
ASIREC	Asignación de recursos
CANINS	Cantidad de instalaciones
CAPCANDIS	Capacidad del canal de distribución
CAPPLA	Capacidad de planta
DISPLA	Diseño de planta
DISPRO	Diseño de producto
ESTDIS	Estrategia de distribución
ESTPRO	Estrategia de producción
FLUINF	Flujo de información
FLUMAT	Flujo de material
LOCPLAN	Localización de plantas
MODACTCOS	Modo de actividad de cosecha
MODTRA	Modo de transporte
NIVDEM	Nivel de la demanda
NIVSATCLI	Nivel de satisfacción del cliente
POLOUT	Políticas de outsourcing
SELEQU	Selección de equipos
SELMANOBR	Selección de la mano de obra
SELPRO	Selección de proveedores
SELTEC	Selección de tecnología

Anexo 25. Porcentaje de Aspectos por Variable cualitativa



Anexo 26. Aspectos diferenciadores

FLEXIBILIDAD	CALIDAD
Asignación de productos a producir en cada planta	Diseño de planta
Asignación de recursos	Diseño de producto
Cantidad de centros de distribución	Estrategia de distribución
Cantidad de instalaciones	Nivel de satisfacción de demanda
Capacidad de los centros de distribución	Nivel de satisfacción del cliente
Capacidad de planta	Políticas de inventario
Capacidad del canal distribución	VISIBILIDAD
Estrategia de producción	Flujo de información
Localización de plantas	Flujo de material
Modo de actividades de cosecha	CONFIANZA
Política de producción	Asignación de proveedores a plantas
Políticas de outsourcing	Capacidad de los proveedores
Selección de insumos	Niveles de producción
Selección de la Mano de obra	INNOVACIÓN
Selección del método de producción	-

Anexo 27. Contactos

Entrevistado	Empresa	Cargo	Años de experiencia	Teléfono contacto
Giovanni Soracá	Hacienda la Cabaña	Ingeniero asistente de campo	5	(8) 6634455 - 56 - 57
Federico Gómez	Hacienda la Cabaña	Director Administrativo - Plantación	2	(8) 6634455 - 56 - 57
Antonio Piñeres	Hacienda la Cabaña	Supervisor de campo	18	(8) 6634455 - 56 - 57
Juan Pablo Sarmiento	Ajceragro Ltda.	Gerente General	18	314 - 3312959
Camilo Colmenares	Hacienda la Cabaña	Gerente General	10	(1) 3100177

Anexo 28. Formato de encuesta prueba piloto

NOMBRE																																																										
		MÉTODO CALIFICACIÓN SAATY																																																								
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																								
TAMAÑO CASA																			BARRIO																																							
TAMAÑO CASA																			AÑOS CASA																																							
TAMAÑO CASA																			COSTO																																							
BARRIO																			AÑOS CASA																																							
BARRIO																			COSTO																																							
AÑOS CASA																			COSTO																																							
		MÉTODO ESCALA IMPORTANCIA																																																								
		<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td colspan="11"></td> </tr> </table>																																					1	2	3	4	5	6	7	8	9											
1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																		

Anexo 29. Formato levantamiento de información en campo

En este anexo se muestran los formatos utilizados para la validación de los aspectos que hacen parte de cada uno de los problemas críticos. Al encuestado se le preguntó si el aspecto de acuerdo a su definición aplicaba para el problema en estudio, en caso que su respuesta fuera afirmativa se colocó una "X" en la columna denominada "¿APLICA?" de lo contrario se escribió N/A.

Localización (condiciones geográficas y climáticas). Las condiciones geográficas de la zona en donde se va a establecer el cultivo de la palma, teniendo en cuenta variables de temperatura, precipitación, humedad relativa, evapotranspiración, presión del vapor de la atmósfera y la reserva de humedad del suelo.

ASPECTO	DEFINICIÓN	¿APLICA?
Asignación de productos a producir en cada planta	Asignar tipo de semilla a un cultivo en específico y frutos a centro de extracción	
Asignación de proveedores a plantas	Asignar proveedores a los cultivos.	
Asignación de recursos	Asignar recursos naturales, mano de obra y maquinaria	
Cantidad de instalaciones	Cantidad o tamaño del cultivo, cantidad de plantas, centros de distribución y de acopio	
Capacidad de los proveedores	Capacidad de respuesta en tiempo y cantidad de los proveedores	
Capacidad de planta	Capacidad de producción de los cultivos	
Diseño de planta	Diseño y adecuación de los cultivos	
Diseño de producto	Diseño genético de las semillas y la adecuación de los recursos para obtener un tipo de producto	
Estrategia de producción	Estrategia en la planeación y mantenimiento del cultivo.	
Flujo de información	Flujo de información a través de toda la cadena	
Flujo de material	Flujo de material a través de la cadena. (Semillas, Palmas y Frutos)	
Localización de plantas	Localización de los cultivos y los centros de extracción	
Nivel de demanda	Nivel de demanda por parte de las plantas extractoras	
Políticas de outsourcing	Políticas de tercerización de los procesos	
Selección de equipos	Selección de equipos en un mismo tipo de tecnología	
Selección de proveedores	Selección de proveedores de semillas, insumos y maquinaria	
Selección de tecnología	Selección de tipo de tecnología (Automatizada, hombre-máquina, hombre)	
Ubicación de los proveedores	Ubicación en distancia y facilidad de las instalaciones de los proveedores	

Características de la palma.

El análisis de las características propias de la planta como la genética del material, conformación fisiológica de la semilla de la palma de aceite, da como resultado requerimientos especiales de humedad, oxígeno y temperatura para acelerar y mejorar su germinación.

ASPECTO	DEFINICIÓN	¿APLICA?
Asignación de productos a producir en cada planta	Asignar tipo de semilla a un cultivo en específico y frutos a centro de extracción	
Asignación de proveedores a plantas	Asignar proveedores a los cultivos.	
Asignación de recursos	Asignar recursos naturales, mano de obra y maquinaria	
Cantidad de instalaciones	Cantidad o tamaño del cultivo, cantidad de plantas, centros de distribución y de acopio	
Capacidad de los proveedores	Capacidad de respuesta en tiempo y cantidad de los proveedores	
Capacidad de planta	Capacidad de producción de los cultivos	
Diseño de planta	Diseño y adecuación de los cultivos	
Diseño de producto	Diseño genético de las semillas y la adecuación de los recursos para obtener un tipo de producto	
Estrategia de producción	Estrategia en la planeación y mantenimiento del cultivo.	
Flujo de información	Flujo de información a través de toda la cadena	
Flujo de material	Flujo de material a través de la cadena. (Semillas, Palmas y Frutos)	
Localización de plantas	Localización de los cultivos y los centros de extracción	
Nivel de demanda	Nivel de demanda por parte de las plantas extractoras	
Políticas de outsourcing	Políticas de tercerización de los procesos	
Selección de equipos	Selección de equipos en un mismo tipo de tecnología	
Selección de proveedores	Selección de proveedores de semillas, insumos y maquinaria	
Selección de tecnología	Selección de tipo de tecnología (Automatizada, hombre-máquina, hombre)	
Ubicación de los proveedores	Ubicación en distancia y facilidad de las instalaciones de los proveedores	

Establecimiento del previvero

Establecer un previvero que permite economizar espacio, se aprovecha mejor el agua y se reducen los costos de mantenimiento. Por otra parte el establecimiento de un previvero supone llevar a cabo una serie de buenas prácticas entre las que se encuentran: adecuado riego, actividad de abono y fertilización y selección de semillas que posean características inadecuadas. El vivero puede establecerse a partir de semillas germinadas o de plántulas provenientes del previvero.

ASPECTO	DEFINICIÓN	¿APLICA?
Asignación de productos a producir en cada planta	Asignar tipo de semilla a un cultivo en específico y frutos a centro de extracción	
Asignación de proveedores a plantas	Asignar proveedores a los cultivos.	
Asignación de recursos	Asignar recursos naturales, mano de obra y maquinaria	
Cantidad de instalaciones	Cantidad o tamaño del cultivo, cantidad de plantas, centros de distribución y de acopio	
Capacidad de los proveedores	Capacidad de respuesta en tiempo y cantidad de los proveedores	
Capacidad de planta	Capacidad de producción de los cultivos	
Diseño de planta	Diseño y adecuación de los cultivos	
Diseño de producto	Diseño genético de las semillas y la adecuación de los recursos para obtener un tipo de producto	
Estrategia de producción	Estrategia en la planeación y mantenimiento del cultivo.	
Flujo de información	Flujo de información a través de toda la cadena	
Flujo de material	Flujo de material a través de la cadena. (Semillas, Palmas y Frutos)	
Localización de plantas	Localización de los cultivos y los centros de extracción	
Nivel de demanda	Nivel de demanda por parte de las plantas extractoras	
Políticas de outsourcing	Políticas de tercerización de los procesos	
Selección de equipos	Selección de equipos en un mismo tipo de tecnología	
Selección de proveedores	Selección de proveedores de semillas, insumos y maquinaria	
Selección de tecnología	Selección de tipo de tecnología (Automatizada, hombre-máquina, hombre)	
Ubicación de los proveedores	Ubicación en distancia y facilidad de las instalaciones de los proveedores	

Establecimiento de instalaciones (caminos y rutas).

Parte de la correcta preparación del sitio en donde se va a realizar la siembra de la palma de aceite consiste en establecer los caminos y rutas, por los cuales se van a transportar los racimos de frutas fresca. Es importante establecer que existen caminos dentro de la plantación que sirven para llevar los racimos a rutas principales en donde son recogidos por medios de transporte animal o mecánicos para ser llevados a centros de acopio o al centro de extracción. Esta adecuación se debe realizar durante el previvero y el vivero.

ASPECTO	DEFINICIÓN	¿APLICA?
Asignación de recursos	Asignar recursos naturales, mano de obra y maquinaria	
Capacidad del canal distribución	Capacidad de los centros de distribución y los modos de transporte	
Estrategia de distribución	Estrategia en la planeación de rutas y capacidades en la distribución de frutos	
Flujo de información	Flujo de información a través de toda la cadena	
Flujo de material	Flujo de material a través de la cadena. (Semillas, Palmas y Frutos)	
Modos de transporte	Modos de transporte(Animal, mecánica, Humana)	
Nivel de demanda	Nivel de demanda por parte de las plantas extractoras	
Políticas de outsourcing	Políticas de tercerización de los procesos	
Selección de equipos	Selección de equipos en un mismo tipo de tecnología	
Selección de tecnología	Selección de tipo de tecnología (Automatizada, hombre-máquina, hombre)	

Tipo de transporte (racimo de frutos).

El tiempo desde el momento en el cual se recogen los racimos de fruta fresca de las palmas hasta el momento en el que ingresan a la fase industrial, es bastante crítico debido a que la madurez del fruto va acompañada por ganancia de acidez que se ve reflejada en una calidad menor del aceite obtenido.

ASPECTO	DEFINICIÓN	¿APLICA?
Asignación de recursos	Asignar recursos naturales, mano de obra y maquinaria	
Capacidad del canal distribución	Capacidad de los centros de distribución y los modos de transporte	
Estrategia de distribución	Estrategia en la planeación de rutas y capacidades en la distribución de frutos	
Flujo de información	Flujo de información a través de toda la cadena	
Flujo de material	Flujo de material a través de la cadena. (Semillas, Palmas y Frutos)	
Modos de transporte	Modos de transporte(Animal, mecánica, Humana)	
Nivel de demanda	Nivel de demanda por parte de las plantas extractoras	
Políticas de outsourcing	Políticas de tercerización de los procesos	
Selección de equipos	Selección de equipos en un mismo tipo de tecnología	
Selección de tecnología	Selección de tipo de tecnología (Automatizada, hombre-máquina, hombre)	

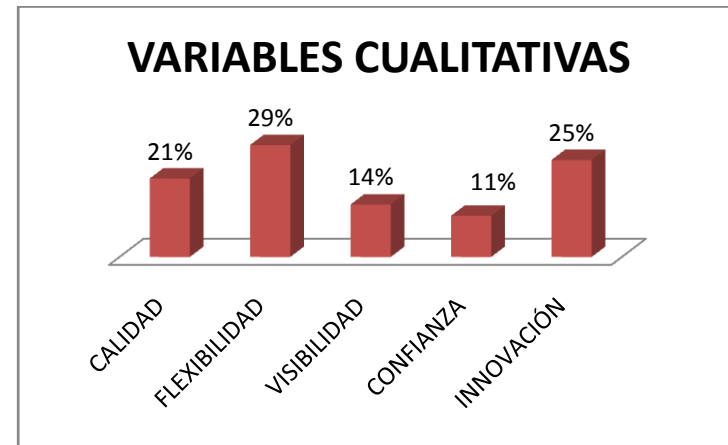
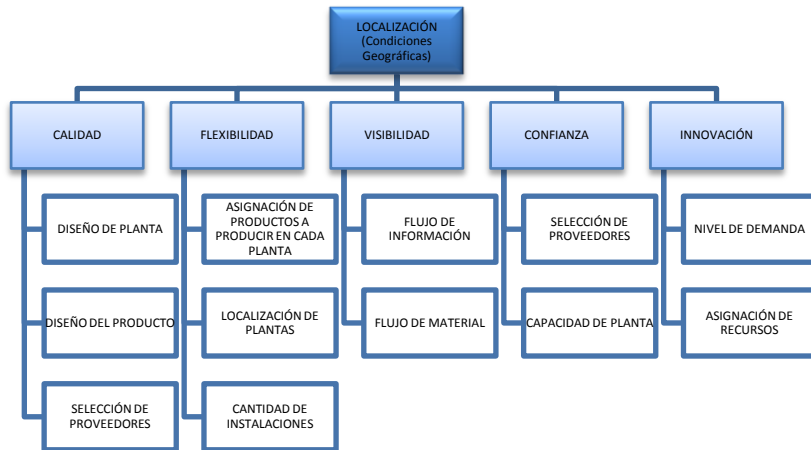
Cosecha y recolección (nivel de habilidad de la mano de obra y tecnología).

La cosecha de los racimos de fruta fresca es realizada de forma manual y requiere de cierto grado de habilidad de la fuerza laboral, ya que debido a la altura que puede alcanzar la palma de aceite dificulta su obtención por lo tanto la manipulación de los mismos aumenta disminuyendo la calidad de los mismos. Por esta razón el proceso de cosecha representa un factor crítico en esta cadena de abastecimiento, criticidad obtenida principalmente por los diferentes niveles de habilidad y amplia gama de conocimientos de la fuerza laboral.

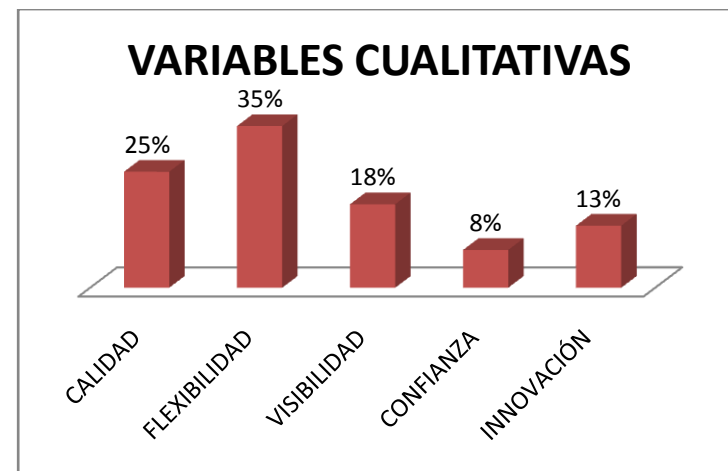
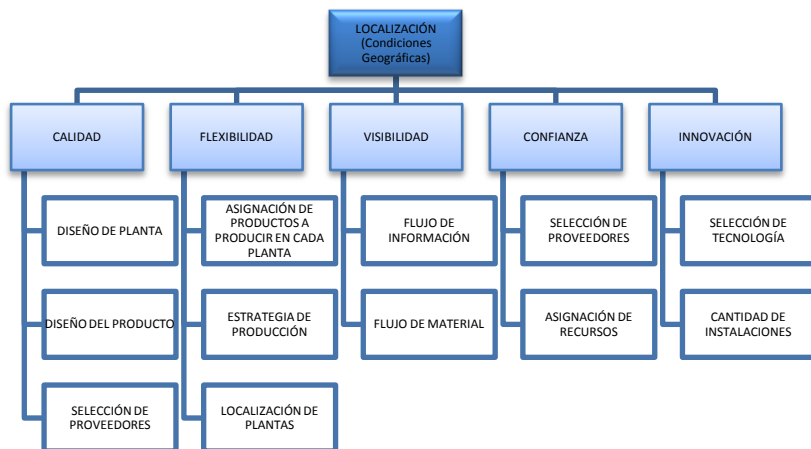
ASPECTO	DEFINICIÓN	¿APLICA?
Asignación de recursos	Asignar recursos naturales, mano de obra y maquinaria	
Flujo de información	Flujo de información a través de toda la cadena	
Flujo de material	Flujo de material a través de la cadena. (Semillas, Palmas y Frutos)	
Políticas de outsourcing	Políticas de tercerización de los procesos	
Selección de equipos	Selección de equipos en un mismo tipo de tecnología	
Selección de tecnología	Selección de tipo de tecnología (Automatizada, hombre-máquina, hombre)	
Modo de actividades de cosecha	Modo de realizar actividades de cosecha (Selección, Recolección)	
Nivel de demanda	Nivel de demanda por parte de las plantas extractoras	
Nivel de satisfacción de demanda	Nivel de satisfacción de la demanda plantas extractoras	
Nivel de satisfacción del cliente	Nivel de satisfacción del cliente (Plantas extractoras)	
Selección de la Mano de obra	Selección del personal (Habilidad, especialización)	

Anexo 30. Escenarios de esquemas

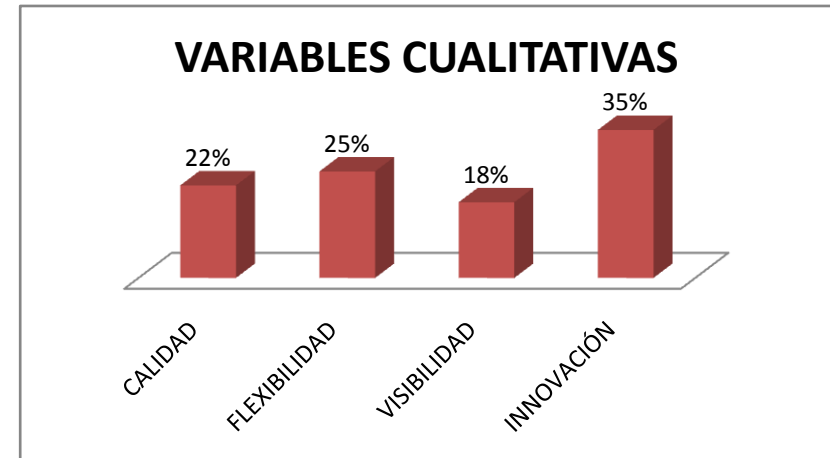
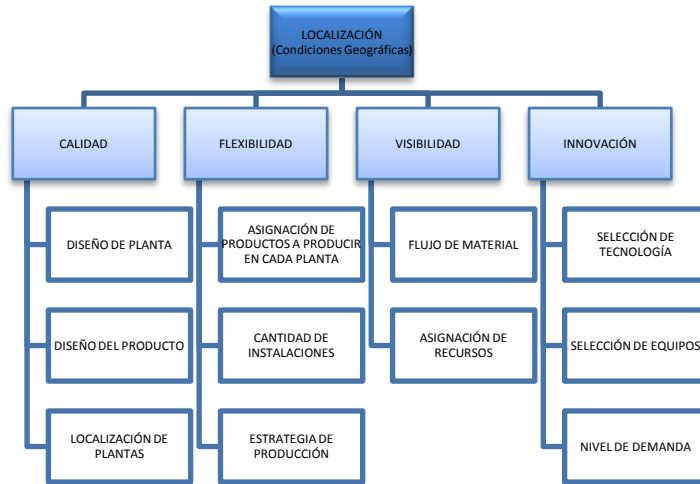
Localización (condiciones geográficas y climáticas).



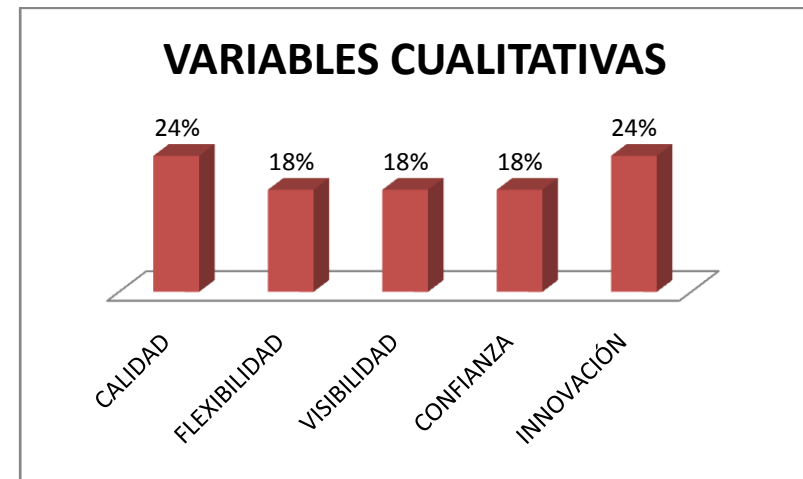
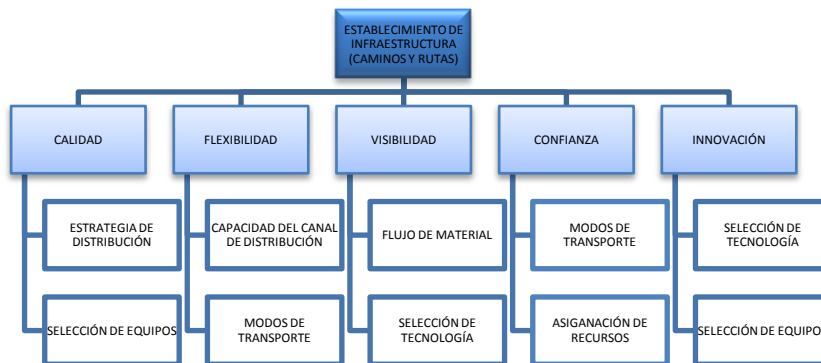
Características de la palma.



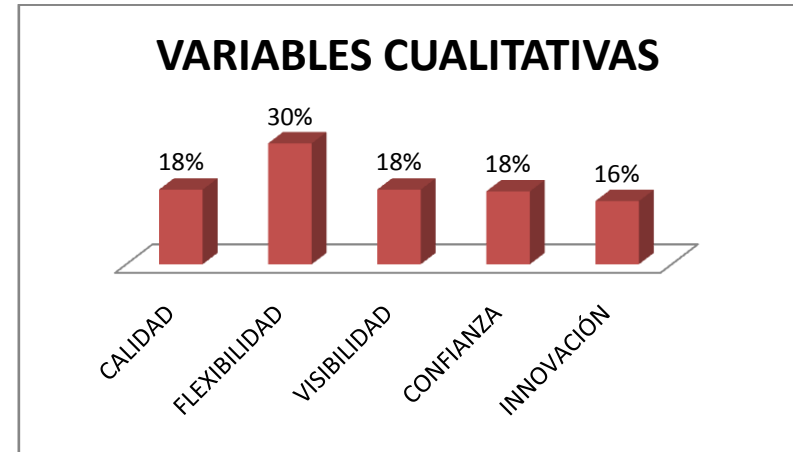
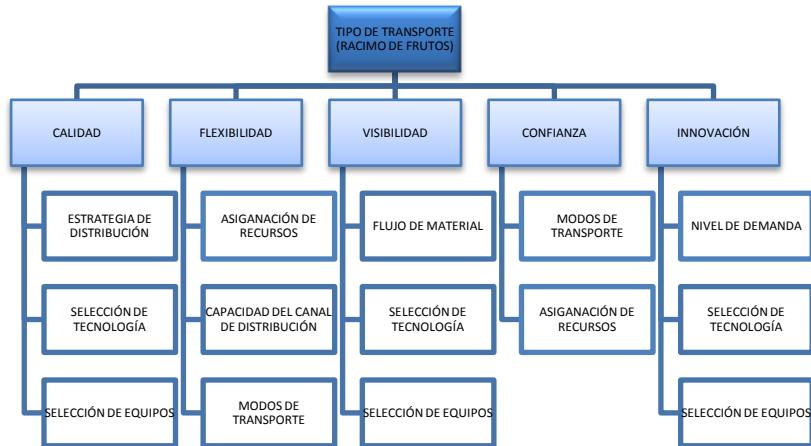
Establecimiento del previero



Establecimiento de instalaciones (caminos y rutas).



Establecimiento del previvero



Establecimiento de instalaciones (caminos y rutas).

