

ESTUDIO DESCRIPTIVO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA PANELA

DESCRIPTIVE STUDY ANALYSIS OF MULTI FOOD CHAIN PANELA



Gabriela Inés Leguizamon Sierra¹, Nelson V. Yepes Gonzalez²

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia

¹gleguizamon@uan.edu.co

²neyepes@uan.edu.co

Recibido: 14 /07/2013 • Aprobado: 02/09/2013

RESUMEN

Los diferentes sectores económicos que impulsan el desarrollo de la economía colombiana buscan lograr la competitividad en un ambiente globalizado. Para el caso de la agroindustria en Colombia, el sector panelero es el segundo más importante después del café y es el soporte de desarrollo para diferentes regiones del país. Sin embargo, este sector tiene una cadena productiva dinámica y compuesta por diversos actores privados y públicos, razón por la cual, para lograr la eficiencia y productividad del mismo, es necesario trabajar con diferentes variables y criterios de decisión en condiciones de incertidumbre. El análisis jerárquico de procesos (AHP) se presenta como una metodología apropiada para determinar los factores prioritarios en los que se debe enfocar la agroindustria para mejorar su competitividad.

Palabras clave: *cadena productiva, panela, análisis jerárquico de procesos, competitividad.*

ABSTRACT

The different economic sectors that drive the development of the Colombian economy seek to achieve competitiveness in a globalized environment, for the case of agribusiness in Colombia, the panela sector is the second most important after coffee and development support for different regions from the country. However, this sector has a dynamic supply chain and composed of various private and public actors, thus achieving efficiency and productivity of the sector involves working with different variables and decision rules under uncertainty. Hierarchical Process (AHP) analysis is presented as an appropriate methodology for determining the priority factors that should focus agribusiness to improve their competitiveness.

Keywords: *competitiveness, hierarchical analysis of processes, panela, supply chain.*



I. INTRODUCCIÓN

La producción de panela es una de las principales actividades agrícolas de la economía colombiana, entre otras razones, por su participación significativa en el producto interno bruto (PIB), 7.3% agrícola; por la superficie dedicada al cultivo de la caña (249.384 hectáreas) y por la generación de empleo pues un 12% de la población rural es económicamente activa (cerca de 25 millones de jornales anuales) y porque se genera el equivalente a 120.000 empleos permanentes [1] Los factores que intervienen en la competitividad de la agroindustria de la panela en las actuales condiciones pueden ser explicados mediante un análisis de las condiciones físicas, económicas y políticas y la evolución de los diferentes factores de producción [2].

El análisis de referentes en el entorno competitivo está guiado por tres variables y su objetivo es proporcionar elementos de análisis del entorno organizacional e institucional en el que se desenvuelven los sectores productivos de los países:

Entorno normativo: permite contrastar políticas existentes para fomentar la producción del producto.

Entorno organizacional, cuyo propósito es identificar mecanismos de organización e integración que promueven la competitividad del sector

Entorno productivo, que permite determinar la relevancia que tiene en los ámbitos económico y social y la competitividad en producción y comercialización[3].

La búsqueda de la eficiencia y la productividad de las empresas para los sectores industriales y las regiones está contribuyendo a adoptar metodologías de apoyo en la toma de decisiones en general y en el fomento de la competitividad en particular, con escenarios en los que intervienen múltiples variables o criterios de selección [4].

Estos preceptos constituyen el punto de partida para este estudio, identificando el peso específico

de cada uno de los factores determinantes para el sector panelero y usando metodologías actuales para la toma de decisiones, entre otras, la evaluación multicriterio (MCE). El estudio tiene como objetivo determinar qué alternativas se deben priorizar para fortalecer la competitividad del sector mediante el análisis jerárquico de procesos (AHP) como método de decisión multicriterio.

El análisis jerárquico de procesos (AHP), desarrollado por [5], es una metodología de análisis de decisión multicriterio para ayudar a la toma de decisiones complejas y estratégicas. Desde su creación se ha aplicado con éxito en numerosos estudios, entre ellos, la evaluación de factores de riesgo en la agricultura [6], la evaluación del desempeño en la gestión de activos con AHP [7], la utilidad de los métodos de decisión multicriterio en un entorno de competitividad creciente[4], la utilización del proceso Delphi y el proceso analítico jerárquico (AHP) para evaluar la complejidad de proyectos [8], la administración de los activos de capital intelectual [9] y la evaluación multidimensional del desempeño de la organización: la integración de BSC y AHP [10].

El AHP se desarrolla haciendo uso de comparaciones por pares que conducen a la elaboración de una escala de razón y utilizando un modelo de escala jerárquica para el problema de decisión que consta de un objetivo general, un grupo de alternativas y un grupo de criterios que vinculan las alternativas con la meta [11].

Para el desarrollo del estudio se tuvieron en cuenta referentes como la agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia, los resultados de la encuesta anual panelera 2012 desarrollada por la Federación Nacional de Paneleros (Fedepanela) y entrevistas con actores de la cadena, entre otros, los productores agrícolas, procesadores y comercializadores. La población objeto de estudio fue la Hoya del Río Suárez, uno de los sectores con los mayores volúmenes de producción panelera, región compuesta por trece municipios entre los departamentos de Santander y Boyacá.

TABLA I
 HOYA DEL RÍO SUÁREZ. INCODER 2012

Departamento	Municipio	Área (ha)	% Área
Boyaca	Chitaraque	14738	7,6
Boyaca	Moniquira	21075	10,9
Boyaca	San José de Pare	7348	3,8
Boyaca	Santana	6962	3,6
Boyaca	Togul	10807	5,6
Santander	Barbosa	4505	2,3
Santander	Chipata	9537	4,9
Santander	Guavata	7817	4,0
Santander	Guepsa	2769	1,4
Santander	Puente Nacional	25589	13,2
Santander	San Benito	5411	2,8
Santander	Suaita	27983	14,5
Santander	Velez	48655	25,2
Total general		193198	100,0

El perfil fisiográfico del área de desarrollo rural de la Hoya del Río Suárez está conformado por un paisaje montañoso que cubre un área de 134.551 hectáreas, alrededor del 70% del área de la zona, lo que permite el desarrollo de ciertos cultivos transitorios bajo esquemas semi-intensivos, los cuales se concentran principalmente en los municipios de Moniquirá, Santana, San José de Pare, Chitaraque y Togul [12] (Fig. 1).

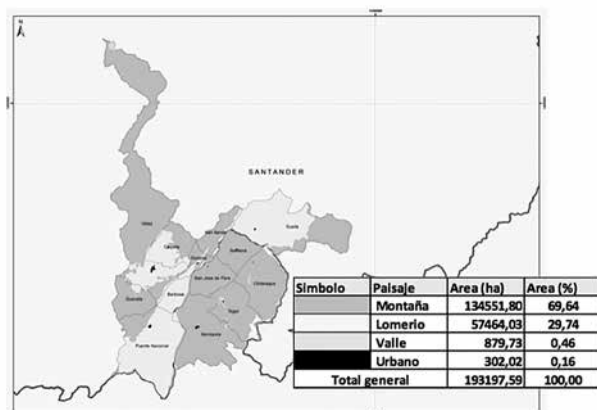


Fig. 1 Fisiografía hoya del río Suárez. Incoder 2012.

En la Hoya del Río Suárez, la producción de bocadillo y panela representa la principal actividad económica de la región. Esta actividad involucra a 13 municipios y ha sido la fuente de

sostenibilidad de muchas familias desde hace más de tres generaciones. Actualmente, hay 128 fábricas de bocadillo y más de 1.276 trapiches (plantas productoras de panela) que le agregan valor a las 14.000 y 46.000 hectáreas de guayaba y caña, respectivamente, sembradas en la región [13].

La elaboración del modelo AHP para la cadena productiva panelera se realizó con la estructuración del modelo jerárquico en el que se representó la identificación de la meta por cumplir y se definieron los criterios, subcriterios y alternativas. Posteriormente, se priorizaron los elementos del proceso jerárquico y se realizaron las comparaciones binarias entre los elementos y la evaluación mediante la asignación de pesos. Con este esquema se estableció el *ranking* de alternativas de acuerdo con los pesos dados para obtener la síntesis de los resultados con su correspondiente análisis de sensibilidad y la determinación del índice de inconsistencia del modelo planteado. Se utilizó la herramienta informática *Expert Choice 8.0* (EC) para eliminar las conjeturas de la toma de decisiones basada en el proceso analítico jerárquico. EC organiza jerárquicamente el pensamiento y la intuición de una manera lógica. Este enfoque jerárquico permite al usuario analizar todas las opciones para una toma de decisiones eficaz, y comparar los factores tangibles con los intangibles; así mismo, permite la revisión para que los individuos y los grupos puedan atacar el problema con todas sus preocupaciones [14].

El artículo está organizado de la siguiente manera: una primera sección que contiene la justificación para elaborar el modelo AHP aplicado a la competitividad del sector panelero; una segunda sección que contiene la aplicación del modelo AHP desde la conformación de la estructura jerárquica hasta el análisis de sensibilidad, presentando una discusión de los resultados numéricos y, una última sección con las conclusiones y discusión sobre futuras investigaciones.

II. JUSTIFICACIÓN

Con la apertura de los mercados internacionales, los sectores industriales y las regiones están obligados a ser competitivos e innovadores. La competitividad se refiere a la capacidad de las empresas para competir y con base en su éxito ganar cuota de mercado, incrementar sus beneficios y crecer [4].

La competitividad no se logra sin la sostenibilidad económica, la sostenibilidad social y la sostenibilidad ambiental. Para la primera, el sector debe ser capaz de generar los ingresos sobre la base de las ventajas comparativas y competitivas de sus productos; la segunda, se refiere a que los ingresos generados por el sector deben ser al menos suficientes para garantizar una vida digna a todos los productores del campo y en cuanto a la ambiental, la actividad agropecuaria debe preservar el medio ambiente[15].

Con la utilización del análisis jerárquico de procesos (AHP) se pretende establecer prioridades para la toma de decisiones. La necesidad de jerarquizar asuntos estratégicos es esencial para desarrollar capacidades gremiales, asignar presupuestos para asuntos prioritarios que requieren inversión y gestionar proyectos complejos. El AHP permite orientar la priorización de los factores claves de competitividad logrando la sostenibilidad económica, social y ambiental para el sector panelero de la región de la Hoya del Río Suárez.

III. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA AHP Y ANP

A. Estructura jerárquica

El método se integra en cuatro etapas: presentación del problema, evaluación de criterios, alternativas de valoración y determinación del índice de inconsistencia del modelo. Para la presentación del problema se realiza la jerarquización del sistema productivo; esta representación es una forma eficiente de organizar estructural y funcionalmente este complejo sistema logístico[16].

Entonces, en primer lugar, se realizó la identificación de la meta que persigue el modelo jerárquico de decisión. Para el caso de este estudio: priorizar las mejores alternativas de decisión para el fortalecimiento de la competitividad del sector panelero.

En segundo lugar, se identificaron los criterios y subcriterios de decisión, así como los subcriterios para lograr la competitividad de la cadena agroindustrial de la panela. Utilizando el método *Go-Cart*[17], se planeó la búsqueda de datos secundarios externos a partir de estudios realizados por expertos, entidades públicas y privadas. En estos estudios secundarios, se encontraron publicaciones como: las cadenas de valor en la agroindustria [18] tendencias en investigación, desarrollo tecnológico y mercado en el agronegocio de la panela[3], zonificación y organización de cluster empresariales para las cadenas de caña panelera y frutales [19], microeconomía de competitividad del cluster de la caña en Colombia [20], bases de acuerdo de desarrollo de la cadena agroindustrial de la panela [21], afectación de la rentabilidad al productor panelero por la implementación de la normatividad sanitaria y ambiental [22], la competitividad de la producción de caña de azúcar [23] y la emperización del sector panelero como factor de desarrollo de la productividad y competitividad [24] y [25].

Resulta evidente la complejidad del sistema y de los actores de la cadena agroindustrial; son numerosos los aspectos que afectan la competitividad, por lo que es preciso considerar un amplio número de indicadores o variables. El *Institute for Management Development* - IMD considera un orden de 331 criterios agrupados en cuatro grandes apartados: desempeño económico, eficiencia del gobierno, eficiencia de las empresas e infraestructura[26], Para este estudio, el análisis decisonal permite identificar seis(6) criterios fundamentales: económico, comercial, productivo, logístico, ambiental y social. En esta cadena agroindustrial participan tres actores: productores (cultivadores de caña panelera mayoristas y minoristas);

procesadores (trapiches grandes, medianos y pequeños) y comercializadores (grandes, medianos y pequeños). Vale aclarar, que el desempeño de los actores clave de estos procesos depende de los intereses de cada uno de ellos.

Se definieron los subcriterios de competitividad para cada uno de los criterios determinados para los tres actores:

1) Productores. *En lo económico:* la financiación para desarrollar actividades agrícolas, el desarrollo de transferencia de tecnología para vincular nuevos procesos productivos en la producción de caña panelera y la planificación productiva como un elemento esencial de la cadena para controlar la sobreoferta de producto.

En lo productivo: La ampliación de mano de obra calificada para las labores agrícolas, disminución de los costos en la cosecha y renovación de cultivos.

En lo comercial: ampliación de los canales de comercialización y mejora de los precios de mercado.

En lo logístico: ampliación de los canales de distribución y mejora de los sistemas de transporte, desde el cultivo hasta la zona de procesamiento.

En lo ambiental: condiciones higiénicas y sanitarias en cumplimiento de la normatividad vigente y el desarrollo de una agricultura orgánica sostenible que no cause impacto sobre el medio.

En lo social: el desarrollo de mano de obra calificada, la asociatividad gremial y el control de prácticas fraudulentas (el uso de caña de azúcar para la producción de panela, cuando el precio del azúcar disminuye).

2) Procesadores (trapiches). *En lo económico:* la financiación, el desarrollo y la transferencia de tecnología y el incremento de la productividad.

En lo comercial: ampliación en la diversificación de productos, disminución de costos de produc-

ción, mejora de los márgenes de comercialización y diversificación de actividades productivas.

En lo productivo: la modernización de los trapiches, incremento de la productividad y cumplimiento de la normatividad.

En lo logístico: la unitarización de la carga, normalización de los empaques y centralización del procesamiento.

En lo ambiental: el cumplimiento de las normas ambientales y la producción de panela orgánica.

En lo social: cumple con las mismas disposiciones de los productores.

3) Comercializadores. *En lo económico:* el control de los precios y la ampliación de la oferta exportable.

En lo comercial: la diferenciación del producto, la mejora de los empaques, ampliación de la oferta, ampliación de los canales de comercialización y sistema de información de mercados para la cadena productiva.

En lo productivo: ampliación de la oferta, mejora de los empaques y centralización de la comercialización.

En lo logístico: mejora de los sistemas de información logística, unitarización de la carga y centralización de la distribución.

En lo ambiental: cumplimiento de la normatividad y comercialización de productos ambientalmente sostenibles.

Definidos los subcriterios, se determinan las alternativas de desarrollo estratégico que han sido formuladas por la agenda de competitividad y desarrollo tecnológico de la cadena:

- Desarrollo de tecnologías limpias para el desarrollo sostenible y competitivo (DTL).

- Mejoramiento de la calidad, presentaciones y usos de la panela (MCP).
- Desarrollo de alternativas de diversificación para el aprovechamiento de la caña panelera (DAD).
- Integración logística y comercial del mercado (ILC).
- Desarrollo de sistemas de información de mercado (DSI).

De esta manera, se estructura el modelo de red jerárquica con las interacciones de los diversos elementos que influyen en el futuro de la cadena productiva.

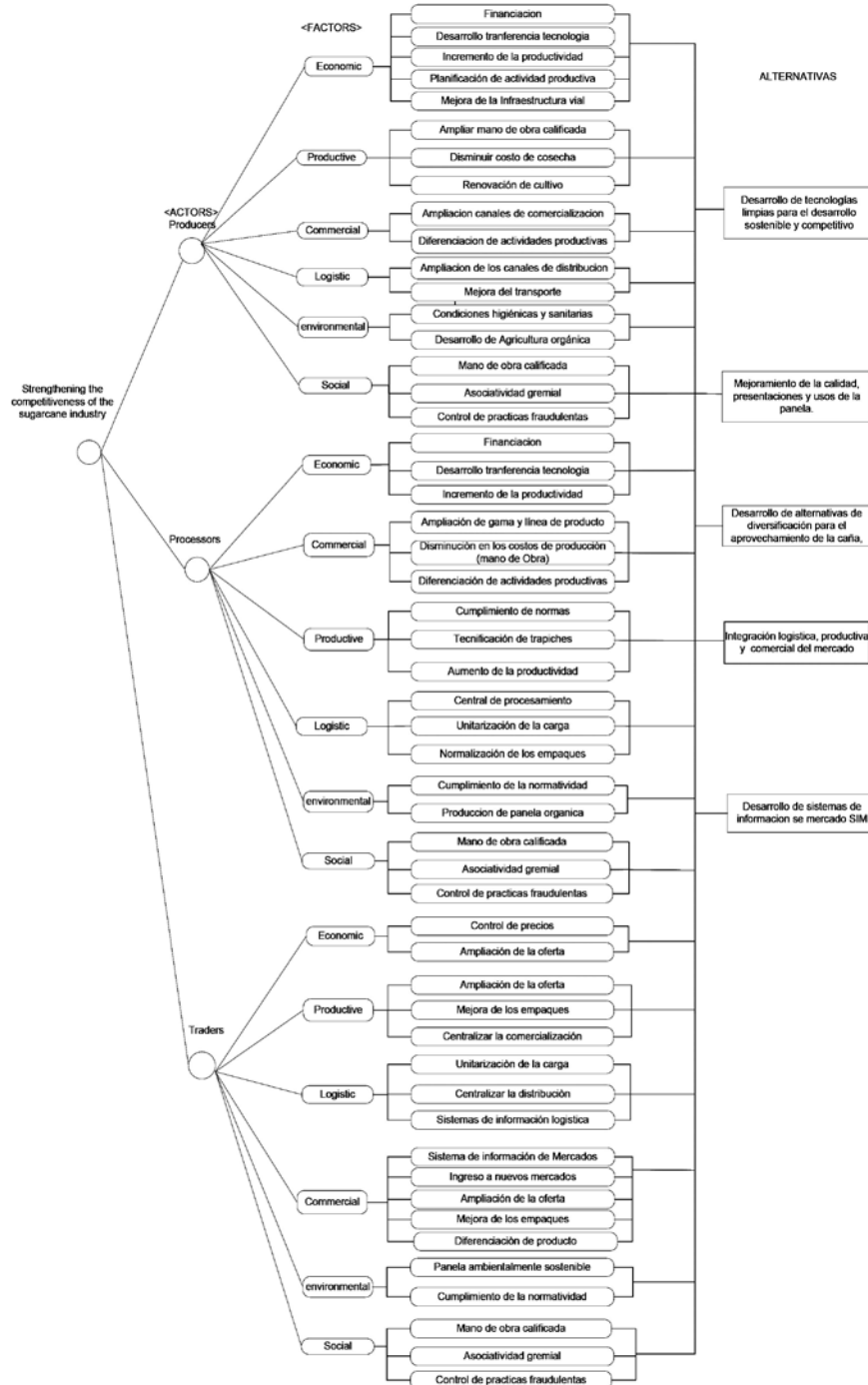


Fig. 1 Red Jerárquica de Procesos.

En la tabla II se presentan los subcriterios de decisión y su importancia dentro de la estructura de la cadena productiva.

TABLA II
 SUBCRITERIOS O FACTORES ESENCIALES Y SU IMPORTANCIA

Factores esenciales	Importancia
Financiación	Afectación de la rentabilidad y sostenibilidad económica de la cadena para acceder a créditos con fines productivos. Un crédito eficiente y al alcance de todos los agentes de la cadena es fundamental en la perspectiva de recuperar la competitividad del sector.
Disminución de costos de producción	El suministro de insumos, tanto en su incidencia en los costos de producción como en la necesidad de promover su uso adecuado y racional, también hace parte de los elementos estructurales que deben enfrentar los paneleros de manera concertada.
Adulteración del producto	Presión de los denominados derretideros de azúcar sobre la oferta de panela en el mercado interno.
Diferenciación de actividades productivas	La diversificación en el uso del producto (panela) en sectores como la cosmética, bebidas energéticas, panela pulverizada, bioetanol.
Variabilidad de productos	Posibilidad de los paneleros de tener otra alternativa para procesar sus cañas.
Mejora del empaque	Mejorar los sistemas de empaque primario y secundario en el producto final hasta llegar al consumidor final.
Mano de obra calificada	Escasez de la mano de obra para las actividades de cosecha y poscosecha
Ampliación de los canales de comercialización, transporte y distribución	Apertura de canales de comercialización, corredores logísticos y sistemas de distribución que permitan minimizar la intermediación del producto.
Integración logística	Integrar a los actores de la cadena desde lo comercial, productivo y logístico.
Infraestructura vial	Mejora de las mallas viales primaria, secundaria y terciaria para el transporte del producto; desarrollo de los corredores logísticos.
Centralizar la distribución	El desarrollo de centros de comercialización y distribución con sistemas eficientes de transporte, almacenamiento y trazabilidad del producto.
Control de precios	Definición y control de precios de referencia basados en estudios econométricos
Producción de panela orgánica	El desarrollo e impulso de la producción de panela orgánica pulverizada para acceder a mercados internacionales (Corea).
Renovación de cultivos	<p>La decisión de renovación de cultivos requiere de aspectos importantes que se deben tener presentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar la edad del cultivo para renovar las cepas en caso de que sean muy viejas, lo que ocasiona que disminuya la producción cosecha tras cosecha. 2. Tomar la decisión de renovar cultivos teniendo en cuenta la resistencia de ciertas variedades en el país a enfermedades como Carbón, <i>Ustilago scitaminea</i> y la Roya, <i>Puccinia melanocephal</i>
Sistemas de información de mercado	Sistemas de información de mercado que permitan el acceso a todos los actores de la cadena, como un conjunto de componentes interrelacionados que reúne (u obtiene), procesa, almacena y distribuye información para apoyar la toma de decisiones y el control en la organización.
Transferencia tecnológica	Transferir conocimiento y tecnologías para toda la cadena productiva

Factores esenciales	Importancia
Cumplimiento de las normatividad	<p>La adecuación de trapiches es importante por cuanto permite mejorar la calidad y la aceptación del producto. La resolución 779 de 2006 del Ministerio de la Protección Social estableció el reglamento técnico que señala los requisitos sanitarios. Adicionalmente, los trapiches deben certificarse en Buenas Prácticas de Manufactura y, además, inscribirse ante el Invima.</p> <p>Se obliga a los trapiches paneleros a cumplir con el manejo del agua, el aire y otros recursos renovables. Decreto 1594 de 1984, Decreto 1791 de 1996 y Decreto 948 de 1995. Dar continuidad y contundencia a la erradicación de prácticas contaminantes como el uso de la leña, las llantas y los químicos que atentan contra la salud humana.</p>
Asociatividad	<p>Los productores están dispersos en casi todos los departamentos del país; no están cohesionados y han tenido históricamente, y casi de manera permanente, unos precios desfavorables con relación a sus costos de producción, derivados de ineficientes sistemas de producción y comercialización.</p>

Se logra estructurar el proceso de decisión a través de una jerarquía. Las diferencias de información en cada uno de los elementos de dicha jerarquía, distorsionan las valoraciones de sus elementos. Según [5], el problema es de disponibilidad de información y no del método.

B. Establecimiento de prioridades

La metodología AHP requiere que quien toma las decisiones señale una preferencia o prioridad respecto de cada alternativa de decisión. Teniendo la información sobre la importancia

relativa y las preferencias, se utiliza el proceso matemático denominado síntesis para resumir la información y para proporcionar una jerarquización de prioridades de las alternativas, en términos de preferencia global. El AHP utiliza una escala de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de ambos elementos.

Para diligenciar la matriz, primero hay que entender el significado de cada valor de la escala de Saaty presentada en la Tabla III:

TABLA III.

ESCALA DE SAATY

Importancia/ preferencia	Intensidad	Significado
1	Igual importancia. Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con otro no hay diferencia entre ellos.
3	Importancia moderada. Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
5	Importancia fuerte. Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
7	Importancia muy fuerte. Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
9	Extrema importancia. de un elemento sobre otro. Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.

La escala establecida por [5] consiste en el desarrollo de estudios de base experimental, utilizando una escala de nueve (9) elementos, en la que se reflejan los distintos grados o niveles en los cuales se puede discriminar la **intensidad de la relación** entre elementos de un conjunto. Es así como se logran las comparaciones y mediciones; por ello, la técnica se ajusta al principio de **homoginización de la teoría de mediciones**, en particular, cuando se trabaja con factores o variables de gran variabilidad y diversidad en el estudio que se está realizando.

En primera instancia, se debe realizar una evaluación de la importancia de los criterios con relación a su contribución en la consecución de la meta y luego respecto de cada criterio se debe determinar cuál es la importancia relativa de los atributos que dependen de él. El proceso de valoración debe proseguir continuar con la apreciación de la importancia de las alternativas respecto de cada uno de los atributos existentes y valorados.

Con el uso del software *AHP-Expert Choice*, se estructura el modelo jerárquico, que parte del planteamiento de la meta, los criterios, subcriterios y las alternativas de decisión.

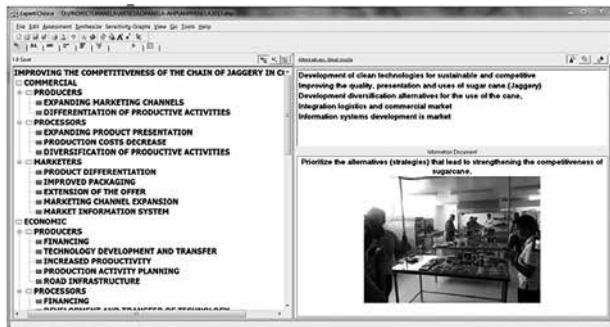


Fig. 2 Introducción del modelo jerárquico. Software Expert Choice.

La matriz de comparación entre los criterios utiliza la escala de Saaty, basada en el principio de comparación por pares, priorizando los criterios respecto de la meta.

Sea Z una matriz de n x n. Sea P_{ij} el elemento (ij) de Z. Para i=1.2.3...n y j=1.2.3...n, se tiene que Z es una matriz de comparaciones pareadas de n

alternativas si P_{ij} es la medida de preferencia de la alternativa en el renglón i cuando se le compara con la alternativa de la columna j. Cuando i=j, el valor de P_{ij}=1, compara la alternativa consigo misma.

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & 1 & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

En este caso, se comparan en el primer nivel los criterios comercial, económico, productivo, logístico, ambiental y social (P_{ij}). Se determina que la comparación entre criterios tiene la misma importancia, exceptuando que los criterios comercial y económico tienen una importancia moderada mayor sobre el criterio productivo, de igual forma, que el criterio ambiental tiene una ponderación moderada mayor al logístico.



Fig. 3 Comparación entre criterios de primer nivel.

Criterios como lo comercial, económico y productivo tendrán una mayor valoración dentro de la cadena productiva en las condiciones actuales de competitividad. Con los costos y precios establecidos para el año 2010 en las regiones, la inversión requerida para implementar la normatividad sanitaria y ambiental hace inviable financieramente la producción de panela en los trapiches [22]. Por ello, la valoración para el criterio ambiental será menor dentro de la actual estructura de la cadena.

Además se cumple que P_{ij}.a_{ij}=1 es decir:

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ 1/P_{12} & 1 & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/P_{1n} & 1/P_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

El AHP sustenta lo anterior mediante el axioma referido a la condición de juicios recíprocos. Si Z es una matriz de comparaciones pareadas, se cumple que $P_{ij}=1/P_{ji}$, donde los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud y mantienen dependencia jerárquica.

Segundo nivel de jerarquizaciones, comparar los actores de la cadena (productores, procesadores y comercializadores) frente a los criterios económico, comercial, productivo, logístico, ambiental y social. El peso que cada actor ejerce sobre los criterios, se ha establecido como una relación recíproca. Por ello, la importancia/preferencia se ha calificado como (1), sin dar mayor preferencia a un actor de la cadena respecto del otro. Para el estudio, todos tendrán la misma importancia jerárquica.



Fig. 4. Comparación de pares entre los actores y los factores.

El tercer nivel de jerarquización será comparar los subfactores de cada actor respecto de los criterios (comercial, económico, productivo, logístico, ambiental y social). Como ejemplo, se presenta la comparación y priorización de los subfactores (diferenciación de producto, mejoramiento de los empaques, extensión de la oferta de producto, expansión de los canales de comercialización e implementación de los sistemas de información de mercado), para los comercializadores en la estructura de competitividad comercial.



Fig 5. Comparación de pares entre los actores y los subfactores para cada factor de competitividad.

C. Priorización de los factores

Una vez que las matrices de comparaciones se diligencian, las prioridades se pueden calcular. El AHP tradicional usa el método de valor propio. Para explicarlo, se parte del caso de una matriz coherente con las prioridades, conocida como p_i . En este caso, la comparación de las alternativas i y j se da por p_i / p_j que multiplicado por el vector de prioridad p resulta en:

$$\begin{matrix} P_1/p_1 & P_1/p_2 & \dots & P/P_n \\ P_2/P_1 & P_2/P_2 & \dots & P_2/P_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_n/P_1 & P_n/P_2 & \dots & P_n/P_n \end{matrix} = n \begin{bmatrix} P1 \\ P2 \\ \dots \\ Pn \end{bmatrix} \quad (3)$$

Si la matriz es bastante consistente, entonces la regla de transitividad (4) se cumple para todas las comparaciones

$$P_{ij} = P_{ik} \cdot P_{kj} \quad (4)$$

Donde P identifica al vector de las prioridades; n corresponde a la dimensión de la matriz y Z a la comparación de la matriz

La ecuación es la formulación de un problema de vector propio. Los cálculos de las prioridades son exactos para una matriz consistente.

$$Zp = np \quad (5)$$

La agregación de los resultados de comparación por pares para efectuar la priorización de los factores, se define en la tabla IV.

Se determinó que el criterio comercial es el más importante para los expertos (0.206). Esto se refleja en los actuales momentos de la agroindustria puesto que la preocupación del productor, del procesador y del comercializador está centrada en el posicionamiento del producto en el mercado. Como estrategia se presenta la integración de cooperativas o asociaciones paneleras que puedan competir con los nuevos productores de panela [27]. Otra justificación que brinda una mayor puntuación al criterio comercial, es la

necesidad de fortalecer la sostenibilidad del sector a partir de una adecuada gestión comercial que permita combatir dos problemas esenciales: la caída en el precio interno del alimento y la disminución del consumo interno [28].

En el segundo nivel de comparación, el peso entre los actores de la cadena (productores, procesadores y comercializadores) es el mismo (0.333). No se podría tener una mayor preferencia por los productores que por los comercializadores o los procesadores. En las condiciones actuales, la estrategia debe ser un ganar-ganar para todos los actores de la cadena.

El tercer nivel de jerarquización compara los pesos de los subcriterios, respecto de los actores. Podemos decir que la diferenciación de actividades productivas (0.833) para los productores (0.333) será más significativa en lo comercial (0.206) al desarrollar y profundizar en investigaciones que permitan obtener diferentes aplicaciones para el uso de la caña panelera diferentes a la producción de panela. Como ejemplo de ello, podemos citar el estudio sobre el uso alternativo de la melaza de la caña de azúcar residual para la síntesis de espuma rígida de poliuretano (ERP) de uso industrial[29], la producción de carne y leche de vacunos o la diversificación de esa agroindustria hacia la industria sucroquímica; esto último podría ser una opción muy interesante pues permitiría hacer frente al agotamiento del petróleo [30]. En las condiciones actuales, la disminución de los costos de producción para los procesadores (0.674) tendrá mayor relevancia en el aspecto comercial (0.206) con el fin de ampliar los márgenes de comercialización de producto. El costo promedio de producción de un kilo de panela pura promedio nacional en los 26 departamentos productores y en 350 municipios, incluyendo la carga social y puesto en la bodega del trapiche es de \$2.200 Kilo; no obstante, se vende por debajo del costo, como por ejemplo, en Cundinamarca, Nariño y Cauca. Actualmente año 2010 el precio está cerca de \$1.400 el kilo [31]. Por otra parte, la ampliación

de la oferta (0.304) tendrá mayor importancia para los comercializadores al poder ingresar a nuevos nichos de mercado, preferiblemente internacionales, poniendo especial énfasis en la orientación sobre los productos derivados de la caña que se comercializan en el mundo; en los perfiles de las empresas que participan en la comercialización; en las presentaciones y precios manejados, importaciones y exportaciones; en la orientación sobre tendencias y nuevos productos elaborados del jugo y panela como insumo de otras industrias; en las principales tendencias de los mercados y en la caracterización de los mercados reales y potenciales para los productos de panela priorizados nacional e internacionalmente[3].

En el segundo nivel de jerarquización, el criterio económico ocupa el segundo lugar (0.184) de importancia. Los productores y procesadores priorizan los esquemas de financiación (0.473 y 0.528). Una opción para la adecuación de la infraestructura panelera a la normatividad sanitaria y ambiental sería el crédito subsidiado, como líneas especiales del ICR (Incentivo de Capitalización Rural); sin embargo, la cantidad de recursos para garantizar la totalidad de la readecuación sería por lo menos de \$0.6 billones si se supone un incentivo del 40% [22].

Para los comercializadores, en lo económico, se prioriza el control de precios para evitar la desestabilización de los mismos dentro de la cadena productiva lo que se genera por la sobreoferta del producto y las prácticas fraudulentas. Ante todo, se debe considerar que la panela y el azúcar son bienes competitivos o sustitutos tanto en la producción como en el consumo por provenir de la misma especie vegetal (caña) y por ser ambos edulcorantes de uso cotidiano.

En el segundo nivel de jerarquización se encuentra el criterio ambiental (0.184). Para los productores son de igual importancia los subfactores relacionados con el mantenimiento de un sistema higiénico y de saneamiento básico en los cultivos (0.500) y el desarrollo de una

agricultura orgánica (0.500); para el procesador, el subcriterio de mayor prioridad es el cumplimiento de la normatividad ambiental (0.857) y para el comercializador, es importante la venta de panela orgánica sostenible con el medio ambiente (0.875). Adoptar buenas prácticas, es la base operativa de los diferentes trapiches, puesto que constituyen una serie de procesos que se deben llevar a cabo durante la elaboración de la panela para evitar riesgos que pongan en peligro la salud del consumidor, reducir los costos que genera una mala calidad ocasionada por mal manejo e incrementar la satisfacción del cliente, que se traduce en aumento en las ventas [32]. La guía ambiental panerelera se convierte en un instrumento de consulta y orientación básica que contiene los elementos metodológicos y procedimientos generales de desarrollo de la actividad panelera, bajo un enfoque de gestión ambiental integral [33].

El tercer nivel de jerarquización lo ocupa el criterio social (0.163). Subfactores como el desarrollo de mano de obra calificada para toda la cadena, la

asociatividad gremial y el control de prácticas fraudulentas presentan el mismo peso (0.333). Para desarrollar la mano de obra calificada, la mesa sectorial de la panela, con sede en Villeta, Cundinamarca, ha contribuido con la elaboración de las *Normas de competencia laboral* y sus titulaciones.

El criterio productivo ocupa el cuarto lugar de jerarquización (0.131). Los productores priorizan la renovación de cultivos (0.577); los procesadores el incremento de la productividad (0.731) y los comercializadores, el centralizar la comercialización (0.758). El gobierno nacional viene impulsando la iniciativa de desarrollar la central de mieles para la Hoya del río Suárez, donde se concentre la producción de caña de la región y se elimine la intermediación. En este mismo nivel, se encuentra el criterio logístico (0.131). Al respecto, los productores se centran en la importancia de la expansión de los canales de comercialización (0.833); los procesadores, en la centralización del procesamiento (0.726) y los comercializadores, en contar con un sistema de información de mercados seguro, disponible y confiable. (0.709).

TABLA IV
PESOS PARA LOS CRITERIOS Y LOS SUBFACTORES O CRITERIOS ESPECÍFICOS POR ACTOR

Criterio	Peso	Actores	Peso	Criterios específicos por actor	Peso	Overall = (1) x (2) x (3)
Nivel (1)		Nivel (2)		Nivel (3)		
1. Comercial	0.206	1.1.Productores	0.333	1.1.1. Expansión de los canales de comercialización.	0.167	0.011
				1.1.2. Diferenciación de actividades productivas.	0.833	0.057
				1.2.Procesadores	0.333	1.2.1. Expansión en la presentación de producto.
		1.2.2. Disminución en los costos de producción.	0.674			0.046
		1.2.3. Diversificación de actividades productivas.	0.101			0.007
		1.3.Comercializadores	0.333	0.333	1.3.1. Diferenciación de producto.	0.235

Criterio	Peso	Actores	Peso	Criterios específicos por actor	Peso	Overall = (1) x (2) x (3)
				1.3.2. Mejoramiento del empaque.	0.280	0.019
				1.3.3. Extensión de la oferta.	0.304	0.021
				1.3.4. Expansión de los canales de mercadotecnia.	0.129	0.009
				1.3.5. Sistemas de información de mercado.	0.052	0.004
2. Económico	0.184	2.1.Productores	0.333	2.1.1. Financiación.	0.473	0.029
				2.1.2. Desarrollo y la transferencia de tecnología.	0.124	0.008
				2.1.3. Incremento de la productividad	0.267	0.016
				2.1.4. Planificación de la producción.	0.041	0.003
				2.1.5. Infraestructura vial	0.095	0.006
		2.2.Procesadores	0.333	2.2.1. Financiación	0.528	0.032
				2.2.2. Desarrollo y la transferencia de tecnología.	0.333	0.020
				2.2.3. Incremento de la productividad.	0.140	0.003
		2.3.Comercializadores	0.333			
				2.3.2. Ampliación de la oferta.	0.143	0.009
3. Productivo	0.131	3.1.Productores	0.333	3.1.1. Ampliación de mano de obra calificada.	0.081	0.004
				3.1.2. Reducción de los costos de cosecha.	0.342	0.015
				3.1.3. Renovación de cultivos.	0.577	0.025
		3.2.Procesadores	0.333	3.2.1. Modernización de las fábricas.	0.188	0.008
				3.2.2. Cumplimiento de las regulaciones.	0.081	0.004
				3.2.3. Incremento de la productividad.	0.731	0.032
		3.3.Comercializadores	0.333	3.3.1. Extensión de la oferta.	0.091	0.004
				3.3.2. Mejoramiento del empaque.	0.151	0.007
				3.3.3. Centralización de la comercialización	0.758	0.033
4.Logístico	0.131	4.1.Productores	0.333	4.1.1. Expansión de los canales de distribución	0.833	0.036

Criterio	Peso	Actores	Peso	Criterios específicos por actor	Peso	Overall = (1) x (2) x (3)
				4.1.2. Mejoramiento de los sistemas de transporte.	0.167	0.007
		4.2.Procesadores	0.333	4.2.1.Centralización del procesamiento.	0.726	0.032
				4.2.2. Unitarización de la carga	0.102	0.004
				4.2.3.Estandarización de los empaques.	0.172	0.008
		4.3.Comercializadores	0.333	4.3.1.Sistemas de información de mercado	0.709	0.031
				4.3.2. Unitarización de la carga.	0.179	0.008
				4.3.3. Centralización de la distribución.	0.113	0.005
5.Ambiental	0.184	5.1.Productores	0.333	5.1.1.Higiene y saneamiento básicos.	0.500	0.031
				5.1.2. Agricultura orgánica.	0.500	0.031
		5.2.Procesadores	0.333	5.2.1. Cumplimiento de las regulaciones.	0.857	0.053
				5.2.2. Producción y exportación de panela orgánica.	0.143	0.053
		5.3.Comercializadores	0.333	5.3.1. Panela orgánicamente sustentable.	0.875	0.054
				5.3.2. Cumplimiento de las regulaciones.	0.125	0.008
6. Social	0.163			6.1. Mano de obra calificada.	0.333	0.054
				6.2. Asociatividad gremial.	0.333	0.054
				6.3. Control de prácticas fraudulentas.	0.333	0.054

D. Síntesis

El último paso consiste en sintetizar las prioridades locales de todos los criterios para determinar la prioridad global. El enfoque histórico AHP (llamado modo tardío distributivo) adopta una agregación aditiva (6) con la normalización de la suma de las prioridades locales a la unidad (Tabla V):

$$P_i = \sum_j^i W_j \cdot L_{ij} \quad (6)$$

Donde P_i : Es la prioridad global de la alternativa i ; L_{ij} es la prioridad local; W_{ij} es el peso del criterio j .

TABLA V
SINTESIS DE LOS RESULTADOS

PiNi- vel	Criterio y subcriterio	Lij					Pi
		DTL	MCP	DAD	ILC	DSI	
2	1. Comercial	0.194	0.175	0.207	0.364	0.060	0.206
3	1.1.Productores	0.154	0.124	0.346	0.332	0.044	0.069
4	1.1.1. Expansión de los canales de comercialización.	0.300	0.111	0.293	0.221	0.076	0.011
4	1.1.2. Diferenciación de actividades productivas.	0.125	0.127	0.356	0.354	0.038	0.057
3	1.2. Procesadores	0.261	0.195	0.101	0.392	0.052	0.069
4	1.2.1. Expansión en la presentación de producto.	0.135	0.427	0.069	0.314	0.054	0.015
4	1.2.2. Disminución en los costos de producción.	0.307	0.115	0.115	0.413	0.050	0.046
4	1.2.3. Diversificación de actividades productivas.	0.233	0.207	0.079	0.426	0.055	0.007
3	1.3. Comercializadores	0.059	0.334	0.042	0.387	0.178	0.069
4	1.3.1. Diferenciación de producto.	0.050	0.189	0.056	0.531	0.174	0.016
4	1.3.2. Mejoramiento del empaque.	0.042	0.591	0.042	0.183	0.142	0.019
4	1.3.3. Extensión de la oferta.	0.074	0.268	0.034	0.451	0.174	0.021
4	1.3.4. Expansión de los canales de mercadotecnia.	0.070	0.276	0.038	0.474	0.142	0.009
4	Sistemas de información de mercado	0.077	0.145	0.034	0.244	0.500	0.004
2	2. Económico	0.203	0.193	0.285	0.202	0.117	0.184
3	2.1. Productores	0.207	0.111	0.453	0.180	0.049	0.109
4	2.1.1. Financiación	0.198	0.108	0.451	0.180	0.063	0.052
4	2.1.2. Desarrollo y la transferencia de tecnología.	0.429	0.250	0.154	0.130	0.036	0.014
4	2.1.3. Incremento de la productividad.	0.132	0.075	0.561	0.192	0.040	0.029
4	2.1.4. Planificación de la producción.	0.268	0.087	0.570	0.050	0.026	0.004
4	2.1.5. Infraestructura vial.	0.144	0.060	0.498	0.265	0.033	0.010
3	2.2. Procesadores	0.233	0.454	0.040	0.210	0.064	0.046
4	2.2.1. Financiación.	0.234	0.505	0.042	0.158	0.060	0.024
4	2.2.2. Desarrollo y transferencia de tecnología.	0.139	0.505	0.035	0.254	0.067	0.015

PiNi- vel	Criterio y subcriterio	Lij					Pi
		DTL	MCP	DAD	ILC	DSI	
4	2.2.3. Incremento de la productividad.	0.449	0.139	0.039	0.303	0.071	0.006
3	2.3. Comercializadores	0.142	0.087	0.038	0.274	0.460	0.029
4	2.3.1. Control de precios.	0.145	0.056	0.038	0.233	0.528	0.025
4	2.3.2. Ampliación de la oferta.	0.124	0.271	0.037	0.517	0.051	0.004
2	3. Productivo	0.172	0.247	0.190	0.280	0.111	0.131
3	3.1. Productores	0.278	0.139	0.485	0.058	0.040	0.044
4	3.1.1. Incremento de mano de obra calificada.	0.248	0.133	0.517	0.067	0.035	0.004
4	3.1.2. Reducción de los costos de cosecha.	0.320	0.125	0.445	0.068	0.042	0.015
4	3.1.3. Renovación de cultivos.	0.258	0.148	0.504	0.051	0.039	0.025
3	3.2. Procesadores	0.148	0.386	0.048	0.348	0.071	0.044
4	3.2.1. Modernización de las fábricas,	0.131	0.272	0.051	0.522	0.024	0.008
4	3.2.2. Cumplimiento de las regulaciones.	0.481	0.300	0.066	0.096	0.057	0.004
4	3.2.3. Incremento de la productividad.	0.115	0.425	0.045	0.331	0.084	0.032
3	3.3. Comercializadores	0.091	0.216	0.037	0.434	0.222	0.044
4	3.3.1. Extensión de la oferta.	0.152	0.495	0.043	0.235	0.075	0.004
4	3.3.2. Mejoramiento del empaque.	0.049	0.506	0.047	0.262	0.136	0.007
4	3.3.3. Centralización de la comercialización.	0.092	0.125	0.034	0.492	0.257	0.033
2	4. Logístico	0.113	0.246	0.066	0.361	0.214	0.131
3	4.1. Productores	0.152	0.221	0.087	0.495	0.045	0.044
4	4.1.1. Expansión de los canales de distribución.	0.155	0.224	0.079	0.499	0.043	0.036
4	4.1.2. Mejoramiento de los sistemas de transporte.	0.138	0.206	0.127	0.471	0.057	0.007
3	4.2. Procesadores	0.101	0.343	0.047	0.388	0.122	0.044
4	4.2.1. Centralización del procesamiento.	0.107	0.371	0.045	0.342	0.135	0.032
4	4.2.2. Unitarización de la carga.	0.111	0.278	0.042	0.529	0.040	0.004
4	4.2.3. Estandarización de los empaques.	0.070	0.259	0.057	0.497	0.116	0.008
3	4.3. Comercializadores	0.085	0.175	0.066	0.200	0.474	0.044
4	4.3.1. Sistemas de información de mercado.	0.085	0.175	0.066	0.200	0.474	0.031
4	4.3.2. Unitarización de la carga.	0.094	0.338	0.076	0.320	0.171	0.008
4	4.3.3. Centralización de la distribución.	0.079	0.094	0.094	0.612	0.120	0.005
2	5. Ambiental	0.405	0.286	0.171	0.080	0.055	0.184
3	5.1. Productores	0.383	0.123	0.397	0.049	0.047	0.061
4	5.1.1. Higiene y saneamiento básico.	0.359	0.072	0.464	0.057	0.047	0.031

PiNi-vel	Criterio y subcriterio	Lij					Pi
		DTL	MCP	DAD	ILC	DSI	
4	5.1.2. Agricultura orgánica.	0.407	0.174	0.330	0.042	0.047	0.031
3	5.2. Procesadores.	0.511	0.264	0.049	0.122	0.054	0.061
4	5.2.1. Cumplimiento de las regulaciones.	0.520	0.254	0.045	0.130	0.051	0.053
4	5.2.2. Producción y exportación de panela orgánica.	0.462	0.323	0.068	0.072	0.075	0.009
3	5.3. Comercializadores	0.320	0.469	0.078	0.068	0.065	0.061
4	5.3.1. Panela orgánicamente sustentable.	0.330	0.462	0.070	0.071	0.068	0.054
4	5.3.2. Cumplimiento de las regulaciones.	0.251	0.524	0.135	0.047	0.043	0.008
2	6. Social	0.289	0.209	0.093	0.308	0.101	0.163
3	6.1. Mano de obra calificada.	0.261	0.189	0.171	0.189	0.189	0.054
3	6.2. Asociatividad gremial.	0.067	0.226	0.069	0.566	0.073	0.054
3	6.3. Control de prácticas fraudulentas.	0.540	0.211	0.039	0.169	0.041	0.054
Prioridad global de cada alternativa Pi		0.229	0.232	0.167	0.262	0.110	1

La priorización global de los resultados presenta como primera alternativa de decisión, optar por la estrategia de integración logística y comercial (ILC) (0.262); en segundo lugar, por la estrategia de mejoramiento de la calidad, presentaciones y usos de la panela (MCP) (0.232); en tercer lugar, por la estrategia de desarrollo de tecnologías limpias para el desarrollo sostenible y competitivo (DTL) (0.229); en cuarto lugar, por la estrategia de desarrollo de alternativas de diversificación para el aprovechamiento de la caña panelera (DAD) (0.167) y en último lugar, por la estrategia de desarrollo para los sistemas de información de mercado (DSI) (0.110).

E. Consistencia

El tercer paso será comprobar la consistencia de los juicios. Si R fuera una matriz completamente consistente, entonces el sería igual a n.

Sin embargo, quien decide cometerá ciertas inconsistencias en sus juicios, razón por la cual resulta conveniente medir el grado de dicha inconsistencia, dado que si no se ha sido cuidadoso con las valoraciones, el vector de prioridades o pesos obtenidos puede ser poco representativo.

La consistencia se puede medir mediante el índice de consistencia (IC), que tiene la siguiente expresión:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

Esta medida puede utilizarse para mejorar la consistencia de los juicios si se le compara con el número apropiado de la Tabla.VI, que recoge el índice de consistencia aleatorio (IA):

TABLA VI.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA ALEATORIO (IA) EN FUNCIÓN DE LA DIMENSIÓN DE LA MATRIZ(N)

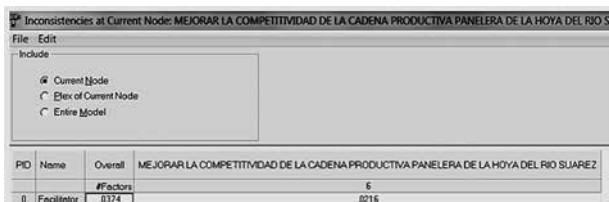
n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.401
n	9	10	11	12	13	14	15	16
RI	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

El índice de consistencia aleatorio (IA) se define como el índice de consistencia aleatorio medio obtenido mediante la simulación de 100.000 matrices recíprocas generadas aleatoriamente utilizando la escala de Saaty.

Si se calcula el cociente entre el índice de consistencia (IC) y el índice de consistencia aleatorio (IA), se obtiene el denominado ratio de consistencia (RC).

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (8)$$

Ahora bien, si $RC = 0$, la matriz es consistente; pero si $RC \leq 0.10$, la matriz R tiene una inconsistencia admisible, lo que significa que se le considera consistente y el vector de pesos obtenidos se admite como válido. Pero si $RC > 0.10$, la inconsistencia es inadmisibles y se aconseja volver a revisar los juicios. Para este estudio, el ratio de inconsistencia está en 0.0216, como se representa en la Fig. 5, lo cual indica que se obtiene una consistencia admisible, por ser el $RC \leq 0.10$



PID	Name	Overall	MEJORAR LA COMPETITIVIDAD DE LA CADENA PRODUCTIVA PANELERA DE LA HOYA DEL RIO SUAREZ
0	Facilitator	.0374	.0216

Fig. 6 Índice de inconsistencia.

F. Análisis de sensibilidad

Un último paso en el desarrollo del AHP, es realizar el análisis de sensibilidad, un procedimiento que confirme que realmente los resultados obtenidos son robustos y no son fruto del azar. El análisis será realizar variaciones en el valor de un peso y observar numérica y gráficamente cómo este cambio afecta al resto de los pesos del problema y a la priorización de alternativas.

Al realizar un análisis de sensibilidad se puede variar las prioridades de los objetivos y observar cómo las prioridades de las alternativas cambiarían. El software *Expert Choice* presenta cinco tipos de

análisis de sensibilidad. El análisis de sensibilidad de ejecución que se presenta en la Fig. 7, se utiliza para cambiar dinámicamente las prioridades de los objetivos o criterios y para determinar cómo estos cambios afectan a las prioridades de las opciones alternativas. Arrastrando las prioridades de los criterios de arriba hacia abajo, se observa cómo cambian estas prioridades.

Al incrementar el criterio económico a una escala de 9 (extrema importancia) se puede observar cómo las alternativas de decisión estratégica varían; en este caso es primordial fomentar la estrategia del desarrollo de tecnologías limpias para el desarrollo sostenible y competitivo de la cadena productiva.

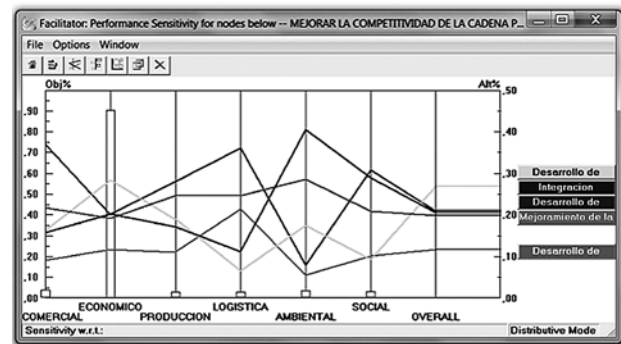


Fig. 7 Análisis de sensibilidad cuando predomina el objetivo económico

Si se opta por darle mayor prioridad al objetivo ambiental (Fig.8), la mejor alternativa será el desarrollo de tecnologías limpias y como segunda alternativa estará el mejoramiento de la calidad, uso y presentaciones del producto.

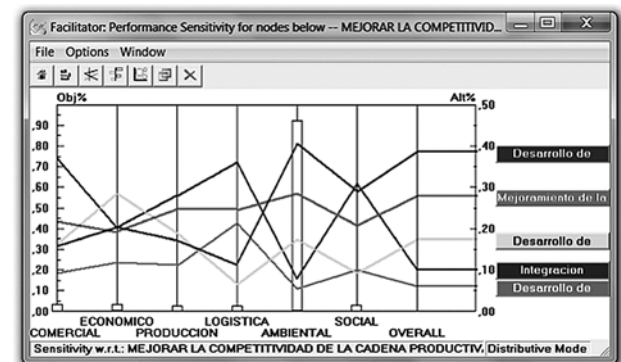


Fig. 8 Análisis de sensibilidad cuando predomina el objetivo ambiental

Cuando predomina el objetivo comercial (Fig. 9) y este toma la mayor valoración en la escala (9), la estrategia de decisión que se prioriza es la de integración logística y comercial, seguida por la del mejoramiento de la calidad, presentación y usos del producto.

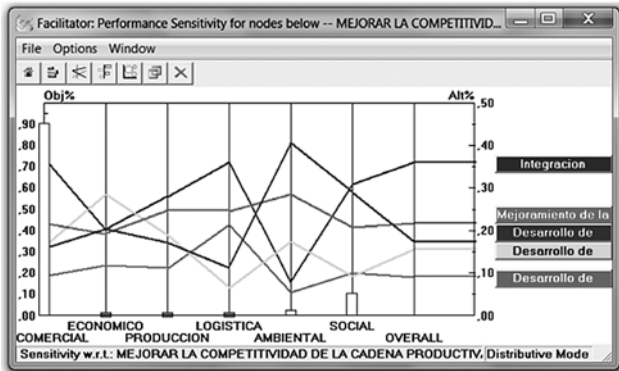


Fig. 9 Análisis de sensibilidad cuando predomina el objetivo comercial

De igual manera, si la prioridad se centra en lo productivo (Fig 10), la estrategia prioritaria será la integración logística y comercial.

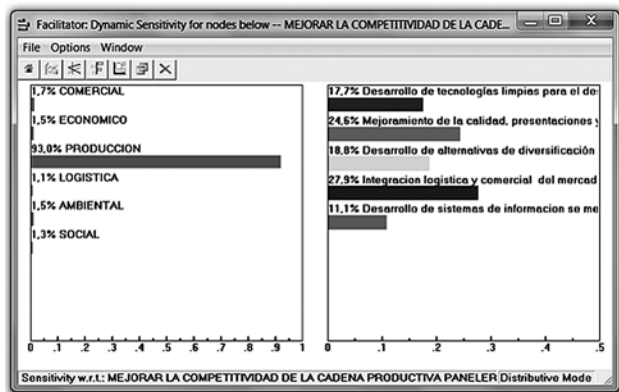


Fig. 10 Análisis de sensibilidad cuando predomina el objetivo productivo

Si se prioriza el objetivo social (Fig. 11), la mayor alternativa de decisión será la estrategia de integración logística y comercial y en segundo lugar el desarrollo de tecnologías limpias.

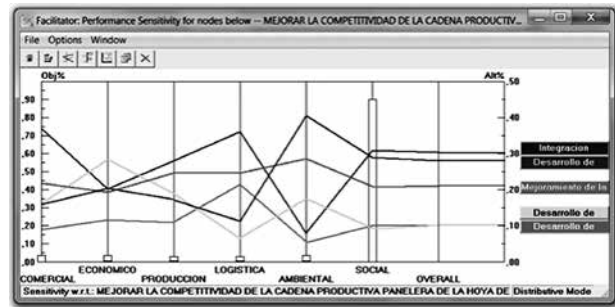


Fig. 11 Análisis de sensibilidad cuando predomina el objetivo social

La integración de los recursos regionales de integración logística es el avance más eficaz para la integración de los recursos regionales; sin embargo, la mayoría de las plataformas de información que se han establecido son respectivamente incompatibles entre las empresas, por lo que cada una es una **isla de la información**, lo que no es propicio para el intercambio de información entre dichas empresas en todas las regiones. La integración de los recursos regionales y de información logística puede hacer que el flujo de información fluya sin problemas a través de las empresas regionales, de manera que la información logística se convierta en uno de los puentes entre estas para así proporcionarles servicios eficaces [34].

Diferentes autores presentan las ventajas competitivas derivadas de la integración en la cadena de suministros; es decir, la relación entre integración externa y los resultados en términos de costo de servicio, costo del transporte, costo del proceso de pedido, roturas en inventarios y tiempo de aprovisionamiento [35]. Los modelos de integración y el rendimiento definido por [36] incluyen una relación entre los niveles de integración interna y externa. Todos ellos encontraron que estos niveles de integración están correlacionados positivamente. Esto sugiere que influyen positivamente entre sí.

Es cada vez más difícil para los territorios rurales responder a los retos de la globalización solo a través de los vínculos verticales. Más allá de la

necesidad de superar las desventajas derivadas del déficit demográfico, el tamaño y el número de las empresas rurales, etc., la presencia de los territorios rurales en la escena global, incluida la política, requiere capacidades de diálogo, intercambios y transferencias con otros territorios [37].

IV CONCLUSIONES

En el análisis de decisión multicriterio se pueden encontrar aspectos positivos. Entre los factores que favorecen su uso se destaca el hecho de que el AHP es una técnica multicriterio que ofrece una teoría axiomática. Así mismo, la participación de los actores que intervienen en la cadena productiva de la panela es de vital importancia; sin embargo, es necesario tener presente que no solo las valoraciones de los actores es fundamental, sino que además es importante tener presente la apreciación de los expertos que intervienen dentro de la cadena. Su valoración no solo sirve para determinar las necesidades *a priori* de los actores, sino que visualiza el mejor escenario de proyección.

Las transformaciones tecnológicas y las nuevas exigencias de los consumidores han modificado los patrones de demanda hacia una mayor diversificación facilitando la aparición de nuevos procesos y productos, de modo tal que la competencia entre empresas agroindustriales ha dejado de basarse únicamente en los precios, pasando a primer plano como factores de competitividad, la calidad, el diseño y la diferenciación de productos [26].

El AHP es una herramienta útil en la toma de decisiones multicriterio, ya que intervienen varios actores. La misma puede ser de gran utilidad para las asociaciones de paneleros y el Estado, en la priorización de proyectos que favorezcan al sector.

El que la estrategia de integración comercial y logística, tenga mayor prioridad para objetivos sociales, comerciales y productivos, se fundamenta en que los escenarios donde se presentan estructuras de consolidación gremial, generan mejores resultados para la estructura competitiva de la cadena. En este aspecto se puede citar, por ejemplo, la agroindustria Doña Panela Ltda, la cual ha logrado integrar todos sus factores de producción y llegar al mercado nacional e internacional con variedad de productos[38].

En diferentes zonas, se debe hacer más énfasis en las medidas de facilitación del transporte y el comercio, para permitir una mayor coordinación y beneficios de la cooperación. El énfasis continuo en los procesos clave en relación con el desarrollo y la armonización de los pasos fronterizos y la regulación de las diversas modalidades de transporte, es de particular importancia. Por otra parte, la agenda para la expansión de la integración productiva y logística intra-regional debe apoyar a las organizaciones nacionales y subnacionales con el fin de alcanzar plenamente las economías de aglomeración necesarias para obtener los mayores beneficios de estas costosas reformas [32]. Se deben fortalecer los procesos de interacción con los actores de la cadena, en los diferentes niveles de toma de decisión de las instituciones, en los cuales las directivas de las instituciones comprometidas en la ejecución de los ejercicios compartan los impactos de los estudios realizados [39].

Futuras investigaciones deben procurar identificar los modelos de integración logística y comercial que contribuyan al fortalecimiento de la cadena productiva, y mediante el uso de los modelos de simulación logística, determinar el mejor modelo de integración logística y comercial para la cadena productiva.

APÉNDICES

A. Apéndice A

Model Name: SUGARCANEPAPER

Compare the relative importance with respect to: MEJORAR LA COMPETITIVIDAD DE LA CADENA PRODUCTIVA PANELERA DE LA HOYA DEL RIO SUAREZ

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	COMERCIAL	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ECONOMICO
2	COMERCIAL	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PRODUCCION
3	COMERCIAL	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LOGISTICA
4	COMERCIAL	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AMBIENTAL
5	COMERCIAL	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SOCIAL
6	ECONOMICO	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PRODUCCION
7	ECONOMICO	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LOGISTICA
8	ECONOMICO	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AMBIENTAL
9	ECONOMICO	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SOCIAL
10	PRODUCCION	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LOGISTICA
11	PRODUCCION	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AMBIENTAL
12	PRODUCCION	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SOCIAL
13	LOGISTICA	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AMBIENTAL
14	LOGISTICA	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SOCIAL
15	AMBIENTAL	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SOCIAL

B. Apéndice B

Model Name: SUGARCANEPAPER

Compare the relative importance with respect to: COMERCIAL (G: ,206)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	PRODUCTORES	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PROCESADORES
2	PRODUCTORES	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	COMERCIALIZADORES
3	PROCESADORES	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	COMERCIALIZADORES

C. Apéndice C

Model Name: SUGARCANEPAPER

Compare the relative importance with respect to: PRODUCTORES (G: ,109)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	FINANCIACION	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESARROLLO Y TRANSFI
2	FINANCIACION	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INCREMENTO DE LA PRC
3	FINANCIACION	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PLANIFICACION ACTIVID
4	FINANCIACION	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INFRAESTRUCTURA VIAL
5	DESARROLLO Y TRANSFI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INCREMENTO DE LA PRC
6	DESARROLLO Y TRANSFI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PLANIFICACION ACTIVID
7	DESARROLLO Y TRANSFI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INFRAESTRUCTURA VIAL
8	INCREMENTO DE LA PRC	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PLANIFICACION ACTIVID
9	INCREMENTO DE LA PRC	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INFRAESTRUCTURA VIAL
10	PLANIFICACION ACTIVIE	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INFRAESTRUCTURA VIAL

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen a expertos, productores, comercializadores y procesadores de la Hoya del Río Suárez, por su colaboración en la investigación; a la Federación Nacional de Paneleros (Fedepanela) por la información suministrada y a la Vicerrectoría de Ciencia, Tecnología e Innovación (VCTI) de la Universidad Antonio Nariño, por la financiación del proyecto de investigación. Los puntos de vista expresados son responsabilidad de los autores.

REFERENCIAS

- [1] Osorio C.G. (2013, Jun 12). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela. Available from: <http://www.fao.org.co/manualpanela.pdf>.
- [2] Zimmermann B. Jürgen Zeddies. (2013, Jun, 15). International competitiveness of sugar production. 13th International Farm Management Congress. Wageningen. The Netherlands. July 7-12. 2002 Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre. Universität Hohenheim. D-70593 Stuttgart. Aviable from:http://www.ifmaonline.org/pdf/congress/Zimmermann_2.pdf.
- [3] Castellanos D.O.. Torres P.L.. Flórez M.D (2013, Jun 10). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia. Available from: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/cadena_productiva_panela.pdf.
- [4] Berumen. S.A.. & Llamazares R.F. "La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente" en *Cuadernos de Administración*. 20(34), 2007, pp. 65-87.
- [5] Saaty T.L "How to make a decision: The analytic hierarchy process Original Research" en *Article European Journal of Operational Research*, vol 48. Issue 1. 5, 1990, pp. 9-26.
- [6] Toledo R. Engler. A y Ahumada. V (2013, Jul 08). Evaluation of Risk Factors in Agriculture: An Application of the Analytical Hierarchical Process (AHP) Methodology. *Chilean J. Agric. Res.* [online]. 2011. vol. 71. n. 1 pp. 114-121. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392011000100014&lng=es&nrm=iso. ISSN 0718-5839. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000100014>.
- [7] Gomes L.F Autran M. Andrade. R M (2012, Mar 08). Performance evaluation in assets management with the AHP. *Pesqui. Oper.*[online]. vol.32. n.1. pp. 31-54. ISSN 0101-7438. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101>.
- [8] Ludovic A V, Marle F. Bocquet J C (2010). *Measuring project complexity using the Analytic Hierarchy Process*. Original Research Article International Journal of Project Management. Volume 29. Issue 6. August 2011. Pages 718-727.
- [9] Calabrese A. Costa R. Menichini T. "Using Fuzzy AHP to manage Intellectual Capital assets: An application to the ICT service industry" .*Original Research Article. Expert Systems with Applications*, vol. 40. Issue 9, 2013, pp. 3747-3755.
- [10] Veronese B A. Carneiro J. Ferreira da Silva J. Kimura H. "Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP Original" *Research Article Journal of Business Research*, vol. 65. Issue 12, 2012, pp. 1790-1799.
- [11] Vidal L.A.. Marle F. Bocquet J.C. (2013, Jun 15).. "Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects" *Original Research Article. Expert Systems with Applications*, vol.38. Issue 5. May 2011. Pages 5388-5405. Available from: http://ac.els-cdn.com/S0957417410011607/1-s2.0-S0957417410011607-main.pdf?_tid=a53b26e0-e035-11e2-ba4d-00000aacb360&acdnat=1372453362_67d4234a4afc6339733e5297ba1c723c.
- [12] Romero C M. (2013, Jul 14). Área de desarrollo rural de la Hoya del río Suarez, componente físico biótico. In *coder 2012*. Available from: <http://www.fao.org.co/manualpanela.pdf>.
- [13] Gomez P E. Silva F A (2011). Proyecto Diseño y Desarrollo de un Plan de Marketing Territorial como estrategia de fortalecimiento del Desarrollo Local en 3 regiones de Colombia (Complejo Cenagoso de la Zapatoza. Hoya del Río Suarez. Zona Norte del Valle del Cauca). Available from: <http://www.adel.org.co/archivos/LBL2HRS.pdf>.
- [14] Expert choice version 8.0. *Computers & Mathematics with Applications*. Volume 25. Issue 8. April 1993. Page 117 . Copyright © 2013 Elsevier Ltd. Available from: http://ac.els-cdn.com/089812219390179Y/1-s2.0-089812219390179Y-main.pdf?_tid=397e7e3e-ee68-11e2-b730-00000aab0f26&acdnat=1374014398_be2f5eca4f7109b4f711fc9123879077 [accessed 10 Juny 2013].
- [15] Leibovich J y Laura E.. (20013, Jun 10).. *Competitividad del sector agropecuario colombiano*. Available from: [http://www.compite.com.co/site/wp-content/uploads/informes/2008-2009/Agropecuario-agricultura\).pdf](http://www.compite.com.co/site/wp-content/uploads/informes/2008-2009/Agropecuario-agricultura).pdf).
- [16] Eraslan E. Dağdeviren M (2010). *A Cognitive Approach for Performance Measurement in Flexible Manufacturing Systems using Cognitive Maps*. Cognitive Maps. Karl Perusich (Ed.). ISBN: 978-953-307-044-5. InTech. Available from: <http://www.intechopen.com/books/cognitive-maps/a-cognitive-approach-for-performance-measurement-in-flexible-manufacturing-systems-using-cognitive-m>.
- [17] Hernandez R. Fernandez C. Baptista P (2013, Jul 13)). *La información secundaria. Metodología de la Investigación*. Mc. Graw Hill. ISBN: 9789701057537 Available from: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448199251.pdf>.
- [18] Bisang R. Anllò G. Campi M. Albornoz I.(2009) *Cadenas de valor en la agroindustria*. Cepal. Cap IV. p 219-272. Available from: www.eclac.org/publicaciones/xml/7/38557/CapituloIV.pdf.
- [19] Abaunza C.A. Forero C A. Garcia G O. Carvajal G H (2012). *Zonificación y organización de clúster empresariales para las cadenas de caña panelera. frutales y papa criolla en Cundinamarca. Colombia*. Corpoica. xx p. ISBN: 978-958-740.

- [20] Dueñas R. Morales A. Nanning C. Noriega S. Ortriz J P, (2013, Jun 05). Microeconomics of competitiveness of the sugar cane cluster in Colombia. Harvard Business School. Boston. Massachusetts Available from: http://www.isc.hbs.edu/pdf/Student_Projects/Colombia_SugarCaneCluster_2007.pdf.
- [21] IICA 2001. "Bases para un acuerdo de desarrollo de la cadena agroindustrial de la panela." *Colección de documentos IICA. Serie Competitividad*. Secretaría Técnica. Fedepanela. Available from: <http://repiica.iica.int/docs/B0126E/B0126E.PDF>.
- [22] Llano M. Duarte S H. Moreno C A (2012). Afectación de la rentabilidad al productor panelero por la implementación de la normatividad sanitaria y ambiental. Contraloría General de la República Available from: http://186.116.129.19/c/document_library/get_file?folderId=75297808&name=DLFE-46852.pdf.
- [23] Emam A A "The Competitiveness of Sugar Cane Production: A Study of Kenana Sugar Company. Sudan." Sudan University of Science and Technology en *Journal of Agricultural Science. Vol. 3. No. 3. ISSN 1916-9752 Faculty of Agricultural Studies Department of Agricultural Economics.*, 2010.
- [24] Perez M T (2011). La empresarización del sector panelero, factor de desarrollo de la productividad y competitividad. Programa de Productividad y Competitividad Agropecuaria del Huila. Available from: <http://huila.gov.co/documentos/agricultura/CADENAS%20PRODUCTIVAS/INFORME%20DE%20GESTION%20CA%20C3%91A-PANELA%202011.pdf>.
- [25] Martinez H J. Ortiz L. Acevedo X (2005). La cadena agroindustrial de la panela en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrociencias Colombia. Documento de Trabajo No. 57. Available from: http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/436/1/2005112163343_caracterizacion_panela.pdf.
- [26] Lopez A M. Méndez J J. Dones M (2009). Factores clave de la Competitividad regional: Innovación e intangibles. Available from: http://www.n-economia.com/presentaciones/pdf/amlopez_jjmendez_mdones_jun09.pdf.
- [27] Delgado L. A. (2009) Propuesta para el redireccionamiento administrativo de la microempresa familiar panelera "caña gecha en el municipio de La Peña (cundinamarca)". Universidad de la Salle. Available from: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/3194/1/T11.08%20D378pr.pdf>.
- [28] Rios J A (2013, Jul 18). Falta de tecnificación pone en aprietos a los paneleros. Available from: http://www.laopinion.com.co/demo/index.php?option=com_content&task=view&id=424804&Itemid=32.
- [29] Vega B J. Delgado M K. Sibaja B M. Alvarado A P. *Uso alternativo de la melaza de la caña de azúcar residual para la síntesis de espuma rígida de poliuretano (ERP) de uso industrial*. Tecnología. Ciencia. Educación, 2007.
- [30] Viniegra G (2007). Alternativas para el uso de la caña de azúcar. Universidad Autónoma Metropolitana.. Iztapalapa. Aviable from: www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/.../dr_viniegra.pdf.
- [31] Ramirez X (2013). La Industria panelera pide al Gobierno precio de sustentación de \$2.200 por kilo. *Diario la República*. Available from: [Http://www.larepublica.co/economia/industria-panelera-pide-al-gobierno-precio-de-sustentaci%c3%b3n-de-2200-por-kilo_38969](http://www.larepublica.co/economia/industria-panelera-pide-al-gobierno-precio-de-sustentaci%c3%b3n-de-2200-por-kilo_38969).
- [32] Guerrero C. Luengas E (2013, Ju 13). Plan de manejo ambiental para el sector panelero en la vereda Melgas. municipio de Chaguaní. Cundinamarca. Universidad Militar Nueva Granada. Available from: http://www.umng.edu.co/documents/10162/745281/V3N2_4.pdf.
- [33] Fonseca S E (2013, Jul 10). Guía ambiental para el subsector panelero. Ministerio del Medio Ambiente. Sociedad Colombiana de agricultores de Colombia (SAC). Federación Nacional de Paneleros (Fedepanela). Available from: <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/guia-ambiental-para-el-subsector-panelero.pdf>.
- [34] Wu H, Shangguann X (2013, Jun 15) "Regional Logistics Information Resources Integration Patterns and Countermeasures Original" *Research Article Physics Procedia*, vol. 25, pp. 1610-1615 Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389212006992>.
- [35] Marques A, Molina X, Vallet T (2013, Jul 15), "Influencia de la integración logística en los resultados logísticos de las organizaciones" en *Cuadernos de Estudios Empresariales*, vol. 19, 175-20, ISSN: 1131-6985 Available from: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3283731>.
- [36] Gimenez C. (2013, Jul 25). Logistics integration processes in the food industry. Research Group in Business Logistics. Institut d'estudis territorials, Universitat Pompeu Fabra. Available from: <http://nir.upf.edu/joomla/images/pdf/publicacions/workingpapers/IET%20working%20paper%20014.pdf>.
- [37] Farrel G (2001). "La competitividad de los territorios rurales a escala global: innovación en el medio rural, en *Cuaderno de la innovación* n° 6 – fascículo 5 observatorio europeo leader .febrero 2001. En línea: <http://ec.europa.eu/agriculture/rur/leader2/rural-es/biblio/local-global/comlocalglobal.pdf>.
- [38] Cadena D, Acuña J (2004) La agroindustria de la panela en la región de la Hoya del Río Suarez, Bajo el enfoque de desarrollo regional y competitividad. Universidad Industrial de Santander (UIS), Available from: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/8377/2/112751.pdf>.
- [39] Uribe C P. Fonseca S L. Bernal G E. Contreras C A .Castellanos O F (2011). Sembrando innovación para la competitividad del sector agropecuario colombiano. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Proyecto Transición de la Agricultura. Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión. Productividad y Competitividad – BioGestión. Disponible en: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/agenda._sembrando_innovacion_para_la_competitividad_del_sector_agropecuario_colombiano.pdf. Pag75.

