

**Asociación de Cultivadores de la  
Caña de Azúcar de Colombia**

**Guía ambiental para el subsector de  
la caña de azúcar**

**Cali, diciembre 30 de 2010**

## Contenido

	Página
<b>Introducción</b>	10
<b>1. Aspectos socioeconómicos del subsector y sus aportes al desarrollo sostenible</b>	12
1.1. Producción	13
1.2. Mercado	15
1.3. Aportes sociales, ambientales y económicos	15
1.3.1. Aportes sociales	16
1.3.2. Aportes ambientales	18
1.3.3. Aportes económicos	21
<b>2. Consideraciones ambientales del subsector de la caña de azúcar</b>	23
<b>2.1. Análisis del entorno regional</b>	24
2.1.1. Problemática asociada al uso del suelo	28
2.1.2. Problemática asociada al recurso agua	30
2.1.3. Manejo y disposición de aguas residuales	32
2.1.4. Contaminación atmosférica	34
2.1.5. Manejo y disposición de vinazas	35

2.1.6.	Alteración y pérdida de la biodiversidad	36
<b>3.</b>	<b>Descripción de los procesos productivos</b>	<b>37</b>
3.1.	El subsector de la caña de azúcar	38
3.2.	Procesos agrícolas	40
3.2.1.	Agricultura convencional	41
3.2.1.1	Descripción del proceso agrícola – Campo	41#
3.2.1.1.1	Adecuación de tierras	41
3.2.1.1.2	La preparación del suelo	42#
3.2.1.1.3	Selección de la variedad	44
3.2.1.1.4	Siembra	44
3.2.1.1.5	Control de malezas	45
3.2.1.1.6	Control de enfermedades	46
3.2.1.1.7	Control de plagas	46
3.2.1.1.8	Riego	47
3.2.1.1.9	Drenaje	47
3.2.1.1.10	Fertilización y nutrición	48#
<b>3.2.1.2</b>	<b>Descripción del proceso agrícola – Cosecha</b>	<b>49</b>

3.2.1.2.1	Concentración de azúcar en el campo	49
3.2.1.2.2	Precosecha	50
3.2.1.2.3	Corte, alce y transporte	50
3.2.1.2.4	Manejo de residuos de cosecha en el campo	51
3.2.2.	Alternativas planteadas en el subsector hacia el desarrollo de procesos agrícolas sostenibles	52
3.2.3.	Agricultura más limpia	53
3.2.4.	Agricultura Orgánica	57
3.3.	Proceso industrial para la producción de alimentos	60
3.4.	Proceso industrial para la producción de etanol	64
3.4.1.	Pre fermentación o acondicionamiento de la materia prima	66
3.4.2.	Fermentación	66
3.4.3.	Destilación	66
3.4.4.	Despojamiento	67
3.4.5.	Rectificación	67
3.4.6.	Deshidratación	67
3.4.7.	Desnaturalización	68
3.4.8.	Concentración de vinaza	68

3.5. Proceso industrial de cogeneración de energía	68
3.6. Buenas prácticas de manufactura – BPM	70
<b>4. Planificación y gestión ambiental</b>	<b>74</b>
4.1. Rutas para la planificación y gestión ambiental	74
4.2. Marco Jurídico	78
4.3. Selección del modelo agroindustrial azucarero	78
4.3.1. Modelo agrícola para nuevos cultivos de caña	79
4.3.2. Modelo agrícola para un cultivo de caña ya establecido	80
4.4. Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales	81
4.4.1. Modelos de identificación de aspectos e impactos ambientales	81
4.4.1.1. Listas de chequeo, control o verificación	81
4.4.1.2. Métodos matriciales	82
4.4.1.3. Redes	82
4.4.1.4. Matriz causa – efecto	82
4.4.1.5. Modelo de identificación de aspectos e impactos ambientales adoptado por el subsector de la caña de azúcar	83
4.4.2. Modelos de evaluación de impactos ambientales	85
4.4.2.1. Modelo de evaluación de impactos ambientales adoptado por el subsector de la caña de azúcar	87

4.5. Objetivos y metas ambientales del sistema productivo	88
4.6. Seguimiento y monitoreo ambiental	90
4.7. Planes de contingencia	92
4.8. Capacitación, comunicación y divulgación	94#
<b>5. Elementos de participación comunitaria y ciudadana en la gestión ambiental</b>	<b>97</b>
5.1. El enfoque de la participación en el sector azucarero	97
5.1.1. Amplia concepción del Bienestar	98
5.1.2. Alianzas Estratégicas	98
5.1.3. Planteamiento de objetivos y metas comunes	98
5.1.4. Coordinación entre los actores	99
5.2. Niveles de participación comunitaria y ciudadana	99
<b>6. Referencias bibliográficas</b>	<b>102</b>
<b>Glosario</b>	<b>112</b>
<b>Anexos</b>	<b>116</b>
I. Marco Jurídico	
II. Ejemplos de diagramas de entradas y salidas de los procesos productivos del subsector azucarero	

- III. Matrices de Identificación de aspectos e impactos ambientales de los procesos productivos del subsector azucarero
  
- IV. Plan de Contingencia sectorial

## Índice de Cuadros

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Productividad de la caña de azúcar entre 2005 – 2009	14
<b>Cuadro 2.</b> Efecto multiplicador por unidad generada por el subsector azucarero	22
<b>Cuadro 3.</b> Diferencias entre agricultura convencional y agricultura orgánica para caña de azúcar	58
<b>Cuadro 4.</b> Evaluación cualitativa de impactos ambientales según Leopold	86
<b>Cuadro 5.</b> Ejemplo de evaluación de impacto del subproceso de lavado de caña	87
<b>Cuadro 6.</b> Objetivos y acciones ambientales en el subsector de la caña de azúcar	89
<b>Cuadro 7.</b> Seguimiento y monitoreo Fábrica	91

## Índice de Gráficos

	<b>Página</b>
<b>Gráfico 1.</b> Componentes de la cadena productiva del subsector azucarero como agroindustria sostenible	38
<b>Gráfico 2.</b> Proceso industrial de Elaboración de Azúcar	63
<b>Gráfico 3.</b> Proceso industrial, Refinería	63
<b>Gráfico 4.</b> Diagrama esquemático para la producción de alcohol	65
<b>Gráfico 5.</b> Proceso industrial de Cogeneración de energía	70
<b>Gráfico 6.</b> Metodología seguida por Univalle y subsector azucarero en la implementación de BPM y HACCP	71
<b>Gráfico 7.</b> Establecimiento de BPM y HACCP en el subsector azucarero	72
<b>Gráfico 8.</b> Condiciones para el establecimiento de BPM y HACCP en el subsector azucarero#	72
<b>Gráfico 9.</b> Algunos aspectos a considerar en la planificación ambiental	75
<b>Gráfico 10.</b> Componentes de la planificación ambiental en el subsector azucarero	76
<b>Gráfico 11.</b> Principios comprendidos en el sistema de gestión ambiental del subsector azucarero	77
<b>Gráfico 12.</b> Ejemplo de matriz causa efecto. Matriz interactiva de Leopold	83
<b>Gráfico 13.</b> Ejemplos de diagramas de entradas y salidas de subprocesos del proceso agrícola de campo	84
<b>Gráfico 14.</b> Seguimiento y evaluación del sistema de gestión	91
<b>Gráfico 15.</b> Esquema para la construcción de planes participativos en el subsector azucarero	101

## Introducción

Mediante el documento CONPES 3375 de 2005, el Consejo Nacional de Política Económica y Social, estableció la Política Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad de Alimentos para el Sistema de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF), con el objetivo de “Mejorar el estatus sanitario de la producción agroalimentaria del país con el fin de proteger la salud y vida de las personas, los animales y las plantas, preservar la calidad del medio ambiente y al mismo tiempo mejorar la competitividad de la producción nacional a través de su capacidad para obtener la admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales”.

Para alcanzar este objetivo, se identificó la necesidad de fortalecer la estructura del sistema MSF en su capacidad operativa, técnica y científica, en todas las actividades que van desde la evaluación de riesgo hasta las actividades de control y prevención. Dentro de las acciones preventivas estableció que: *“el Ministerio, en acuerdo con el sector privado, es responsable de promover y desarrollar guías ambientales en los sectores agropecuario y alimentario que así lo requieran. Así mismo, es responsable de incentivar y ejecutar las acciones que allí se propongan con el propósito de mejorar la calidad de los recursos naturales”*.

Por otra parte, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en cumplimiento de las funciones establecidas en el Decreto-Ley 216 de 2003, artículo 13, numeral 5, adoptó mediante la Resolución 1023 de 2005, las guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación de los sectores productivos y de consulta y referencia de carácter conceptual y metodológico, tanto para las autoridades ambientales como para el sector regulado, de tal manera que se cuente con criterios unificados para la planeación y el control ambiental de los proyectos, obras o actividades. Posteriormente, en el Documento CONPES 3510 del 31 de marzo de 2008 se establecieron los lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. Dentro de las acciones definidas, se consideró prioritario actualizar la guía ambiental para el subsector de caña de azúcar publicada en el 2002.

En razón de lo anterior, se estableció el Convenio de Asociación, número 44 de octubre 2010, entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar (Asocaña). Dicho convenio permitió la formulación del presente documento con la participación de las autoridades ambientales, los representantes de los departamentos de gestión ambiental de los 13 ingenios azucareros, dentro de los cuales se cuentan los 5 alcoholeros, los jefes y profesionales de los departamentos de campo, cosecha, fábrica de azúcar, plantas de alcohol, refinería y área técnica de cogeneración, como también los jefes y funcionarios de los departamentos de bienestar social y gestión social.

El primer capítulo de este documento presenta los lineamientos socioeconómicos y de desarrollo sostenible del subsector, en los capítulos siguientes (2 al 7) se describe la planificación, gestión y seguimiento ambiental del subsector y los procesos productivos, en donde se incluyen además, las acciones ambientales desarrolladas por el subsector. En el capítulo 8 se detallan los elementos de participación ciudadana en la gestión social y ambiental.

Se espera que este documento sirva de base en la estructuración de nuevos proyectos y de soporte en las acciones de gestión social, ambiental y de sostenibilidad en las que está comprometido el subsector.

# 1. Aspectos socioeconómicos del subsector y sus aportes al desarrollo sostenible



Fuente: Asocaña

El subsector azucarero colombiano es hoy una agroindustria consolidada; que busca mediante la ejecución de acciones estratégicas alineadas a políticas públicas, que están orientadas a generar cambios positivos en el país y en la región, desde el punto de vista económico, social y ambiental.

## **1.1 Producción**

Colombia es un país importante en el mercado azucarero mundial. Según los datos de la Organización Internacional del Azúcar (OIA) 2008, durante el 2007, el país se ubicó en el décimo tercer lugar en el ámbito mundial con una producción de 2,28 millones de toneladas de azúcar y en la décima posición en la lista de principales exportadores con 716 mil toneladas, (Fedesarrollo, 2010). De acuerdo con las estadísticas de Asocaña, presentadas en el Informe Anual 2009-2010, en el 2009 el subsector alcanzó una producción de 2.60 millones de toneladas de azúcar y exportó 1.05 millones de toneladas.

Un indicador de la actividad económica del subsector se puede estimar en función de las toneladas de caña molida, independientemente de los productos finales o intermedios que se generen. En el estudio del subsector azucarero 1998 – 2008, realizado por Gil N. J., *et al.* 2009, el promedio mensual de caña molida fue de 1.600.000 toneladas, con un valor mínimo de 609,228 t registrado en octubre de 2008 y valores máximos cercanos a los 2 millones de toneladas, típicos de los meses de agosto y septiembre correspondientes a la época seca.

En relación con la cantidad de caña molida anual, al analizar los últimos 10 años del subsector, se observa que en el 2001 se presentó una reducción del 9% frente al 2000 -la molienda alcanzó 19.098.794 toneladas-, hecho relacionado con factores rezagados de años anteriores asociados con el clima y la disponibilidad de caña. A partir de 2003 se registró una estabilización de la caña molida por los ingenios, de tal manera que en 2004 se procesaron 22.165.278 toneladas, valor máximo observado entre 2000 - 2007. Así, el subsector incrementó su actividad productiva en aproximadamente un 5,24% en el período considerado y se explica por el aumento promedio del 10% en las toneladas de caña por hectárea (TCH). (Cenicaña, 2001; Fedesarrollo, 2010; Gil N. J., *et al.*, 2009).

Adicionalmente, en el 2009, la caña molida en los ingenios llegó a 23.588.646 toneladas. La productividad en campo, expresada como las toneladas de caña por hectárea (TCH) alcanzó las 120,3, superior al promedio (117,6 TCH) de los últimos diez años (Cenicaña, 2010).

Por su parte, el rendimiento comercial, resultante de dividir la producción de azúcares entre la caña molida fue de 11,97% y la producción de azúcar alcanzó 2.598.496 TMVC - toneladas métricas en su equivalente a volumen de azúcar crudo; incluye el azúcar producido más la sacarosa equivalente en azúcar destinado para la producción de etanol. (Asocaña 2010<sup>(2)</sup>).

La fabricación de alcohol carburante de 324,5 millones de litros en el 2009, registró un incremento de 27% frente al 2008, como resultado de la ampliación del programa de oxigenación de gasolina para cubrir los departamentos de Huila, Tolima, Antioquia y Chocó. La producción del 2009 se convierte así en la mayor producción anual desde que se inició en Colombia el programa de oxigenación de gasolina, a finales del año 2005. En ese entonces la mezcla obligatoria era E10 (90% gasolina y 10% etanol); en 2010, el Gobierno la redujo a E8 con el fin de cubrir un área mayor del territorio nacional (Asocaña2010<sup>(2)</sup>).

En la producción de etanol, se generan entre 0,8 hasta máximo tres litros de vinaza por cada litro de alcohol, la cual se utiliza en plantas de compostaje o como materia prima de fertilizantes líquidos.

Los resultados de productividad, rendimiento comercial y producción de etanol de los últimos cinco años se resumen en el Cuadro 1.

<b>Cuadro 1. Productividad de la caña de azúcar entre 2005 - 2009</b>				
	<b>Toneladas de caña por hectárea (TCH)</b>	<b>Toneladas de azúcares producidos por hectárea (TAH)</b>	<b>Rendimiento comercial (%)</b>	<b>Litros de etanol (miles de L) <sup>(1)</sup></b>
<b>2005</b>	<b>119.60</b>	<b>14.10</b>	<b>11.86</b>	<b>27.034</b>
<b>2006</b>	<b>118.40</b>	<b>14.00</b>	<b>11.85</b>	<b>265.684</b>
<b>2007</b>	<b>113.90</b>	<b>13.20</b>	<b>11.70</b>	<b>271.773</b>
<b>2008</b>	<b>120.90</b>	<b>13.90</b>	<b>11.58</b>	<b>255.584</b>
<b>2009</b>	<b>120.30 ≅</b>	<b>14.20 ↑</b>	<b>11.97 ↑</b>	<b>324.563</b>

<sup>(1)</sup> Producción destinada exclusivamente para mezcla con gasolina; representa más del 98% de la producción total de etanol. Fuente CENICAÑA, ASOCAÑA2010<sup>(2)</sup>

## **1.2 Mercado**

El balance azucarero mundial muestra una dinámica creciente. Entre 1990 y 2008 la producción se incrementó en más de 46% y el consumo en 51%. Esto significa que se produjeron 52 millones de toneladas de azúcar adicionales en este periodo. De igual manera, el consumo se incrementó en más de 55 millones de toneladas. En el lapso analizado el crecimiento fue del 2.2% anual promedio para el caso de la oferta y del 2.3% anual promedio para la demanda. (Asocaña, 2010<sup>(3)</sup>)

Sin embargo, debido a que la demanda ha crecido a un ritmo superior al de la oferta, el excedente azucarero mundial ha tendido a disminuir; esto implica que los efectos climáticos en los principales productores influyen cada vez más en los mercados, lo que genera volatilidad y periodos de precios altos y bajos. Este escenario ha impulsado una mayor concentración de la oferta en los países productores más competitivos del mundo; en algunos de los cuales, han entrado nuevos y distintos productores con intereses tanto en el mercado azucarero como en el energético.

En el 2009, la recesión económica mundial y los problemas comerciales y políticos con Ecuador y Venezuela generaron una disminución tanto de la demanda externa como de los flujos de inversión. Las exportaciones descendieron un 13% frente al año anterior, luego de haber crecido a un ritmo promedio superior al 20% anual entre 2002 y 2008; las ventas más afectadas fueron las de los tres principales socios comerciales de Colombia: Estados Unidos, Venezuela y Ecuador, que se redujeron en un 16%. De igual manera, los flujos de inversión extranjera a Colombia disminuyeron en 32% frente al 2008, luego de haber crecido a un ritmo promedio anual de 31% entre 2002 y 2008. (Asocaña2010<sup>(2)</sup>)

El mayor efecto de ésta desaceleración económica se evidenció en la disminución del consumo aparente –suma de las ventas de azúcar de producción nacional y las importaciones– en 3,7% frente a 2008. (Asocaña 2010<sup>(2)</sup>).

## **1.3 Aportes sociales, ambientales y económicos**

A continuación se describen de manera general, las políticas más destacadas de desarrollo sostenible del subsector azucarero, enmarcadas en sus tres áreas: económica, ambiental y social.

El compromiso del subsector azucarero va más allá del cumplimiento de las normas legales; éste radica en la verdadera conciencia y respeto por el ser humano, la naturaleza y los beneficios que le aporta a la sociedad. En este contexto, trabaja en la incorporación de los diez principios del Pacto Global en sus actividades productivas y empresariales buscando adoptar acciones responsables, tendientes a construir confianza y capital social, y al mismo tiempo contribuir al desarrollo de mercados sustentables.

Es así como este subsector, se concentra en tres aspectos fundamentales: el primero de ellos es apoyar acciones para la consolidación del individuo y su desarrollo como parte integral de la comunidad y como eje de la sociedad. El segundo aspecto, es la preservación y conservación del ambiente y, el tercer aspecto es la generación de alianzas en el marco de la política pública, como un potencial para el fortalecimiento del tejido social y el desarrollo territorial.

El subsector azucarero concibe la responsabilidad social con base en la ética y la conducta; considera que es corresponsable de las acciones de los miembros de la cadena con la sociedad, la empresa y el entorno en general.

En cuanto al cuidado del entorno, el subsector cubre no sólo el control de los aspectos ambientales para disminuir o mitigar los impactos generados; también proyecta y promueve hacia el futuro, el cuidado de los recursos naturales como el agua, el suelo y el aire.

### **1.3.1 Aportes sociales**

Para el subsector azucarero colombiano, la responsabilidad social empresarial está enmarcada en una visión integral de la sociedad y del desarrollo, la cual considera que el crecimiento económico y la productividad, están asociados con el mejoramiento en la calidad de vida de la gente, de su entorno y con la libertad y los derechos de las personas.

Las acciones del subsector en este campo se han fundamentado en procesos reflexivos de sensibilización, participación, y formación ciudadana que abordan factores de vulnerabilidad y buscan mejorar las relaciones intrafamiliares, la convivencia equitativa y armónica, el ejercicio de la corresponsabilidad, la equidad de género, la aplicabilidad de los derechos sexuales y reproductivos, la habitabilidad y ambientes saludables.

Los niños, niñas y adolescentes, así como el fortalecimiento de la familia son parte fundamental de la agenda del subsector. La recuperación de valores, el respeto de los derechos con el cumplimiento de los correspondientes deberes, son elementos considerados en forma transversal en todas las acciones estratégicas.

Dentro del fortalecimiento del individuo, la educación se considera como un factor primordial en los programas estratégicos y prioritarios, tanto para el desarrollo humano como para el bienestar del país. A partir de estas consideraciones, el subsector azucarero concentra esfuerzos en materia educativa, a través de alianzas publico-privadas, que han permitido el establecimiento de programas que atienden diferentes públicos desde la enseñanza básica primaria hasta programas técnicos y tecnológicos. Actualmente se cuenta con una red educativa compuesta por once colegios y escuelas que ofrecen educación de calidad y que benefician a cerca de doce mil personas anualmente. El 86% de los profesores de estos planteles educativos son profesionales, algunos con postgrados y los demás tienen estudios tecnológicos. (Asocaña<sup>(2)</sup>, 2010).

Por otra parte, el análisis social realizado por Fedesarrollo (2010) donde se compara el Índice de Calidad de Vida ICV de los municipios del área de influencia del subsector azucarero, frente a los demás municipios del país señala que *“éste es en promedio más alto en los municipios cañicultores que en el resto de municipios agrícolas”*; hecho que sugiere que en los municipios con presencia del cultivo de caña de azúcar la población tiene, en promedio, mejores características de vivienda, mayor acceso a servicios públicos, más años de educación, mejor asistencia escolar y menor hacinamiento habitacional.

De igual manera, el indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) de los municipios cañicultores aparece en promedio más bajo, lo cual indica que en los municipios con presencia de la actividad azucarera las necesidades básicas tienen mayor cubrimiento que en aquellos donde existe principalmente otro tipo de cultivos (Fedesarrollo, 2009). El estudio también encontró que los municipios cañicultores presentan en promedio mejores condiciones relativas en términos educativos (mayor tasa de alfabetismo, de asistencia escolar y más años promedio de escolaridad) y de salud (menores tasas de mortalidad y morbilidad).

El subsector azucarero inició, desde agosto de 2009, en compañía del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) un programa, a través del cual el Instituto atiende a una población de 9.850 niños, niñas y adolescentes que hacen parte de 5.276 familias de la región. Con ellos se desarrollan actividades que promueven la convivencia, la prevención de la violencia intrafamiliar, el mejoramiento de las condiciones de vivienda y la habitabilidad, la adquisición de hábitos de vida saludable, entre otros.

### **1.3.2 Aportes ambientales**

En materia ambiental, vale la pena destacar que una de las Ocho Metas del Milenio es el aseguramiento de un medio ambiente sostenible; línea por la que avanza el subsector azucarero.

El subsector, consciente que el agua es un recurso que cada día es más escaso y que debe ser protegido y conservado, ha establecido acciones para el inmediato y largo plazo que propendan por la conservación y preservación del agua.

Para ello, se han definido acciones en dos frentes. Uno dirigido al uso racional del agua en las actividades productivas tanto agrícolas como industriales, y el otro dirigido a la conservación y manejo de las cuencas hidrográficas, acorde con los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCH.

Para el primer frente, se ha conformado la Mesa del Agua, constituida por profesionales de la industria azucarera, representantes de cultivadores de caña e ingenios, investigadores del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña), Asocaña y Tecnicaña con los objetivos de: 1) Establecer las mejores prácticas, procesos y desarrollos que promuevan el uso racional y sostenible del recurso hídrico; 2) Articular estrategias que contribuyan con información oportuna y de calidad para una mejor programación de los riegos -aplicación en el momento indicado y la cantidad estrictamente necesaria-, adopción de variedades que demanden un menor consumo de agua; 3) Establecer campañas de sensibilización, capacitación y formación para los colaboradores que trabajan directa o indirectamente en actividades que utilizan este recurso.

Hacia finales de 2010 ante la crítica situación ocasionada por el invierno, la Mesa del Agua se ha visto en la necesidad de incluir, dentro de sus objetivos, el análisis de las medidas necesarias para el manejo de los excesos de agua.

De igual manera, se trabaja arduamente en transferir y aumentar el nivel de adopción de sistemas de riego con menor consumo de agua en los campos cultivados en caña, tales como riego con ventanas, politubulares, riego por surco alterno, riego asistido por computador, caudal reducido, riego por goteo. La adopción del balance hídrico en la totalidad de los predios y la instalación de sistemas de medición del consumo de agua, es también parte fundamental de la agenda.

En el segundo frente, Asocaña se ha comprometido con el proyecto Agua por la Vida y la Sostenibilidad, que se constituye en el programa de conservación de cuencas hidrográficas más importante del país, en el cual benefician cerca de un millón de habitantes de la región. Agua por la Vida y la Sostenibilidad, cuenta con el apoyo de The Nature Conservancy, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), las asociaciones de usuarios de los ríos, cultivadores de caña, Vallenpaz, Ecopetrol y campesinos de la zona. Este programa tiene como objetivo contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la región preservando las cuencas de los ríos que presentan las condiciones más críticas, es decir que presentan mayores problemas ambientales y sociales que limitan la sostenibilidad del recurso. (Asocaña, 2010<sup>(2)</sup>).

El proyecto contempla una estrategia de compensaciones o pagos por servicios ambientales de los usuarios que están localizados estratégicamente en zonas prestadoras de servicios tales como retención de sedimentos, provisión y regulación de agua, y calidad de agua. Adicionalmente busca identificar áreas prestadoras de servicios de conservación de biodiversidad para usuarios en el ámbito regional, nacional e internacional.

Agua por la Vida y la Sostenibilidad, busca fortalecer las acciones que vienen desarrollando los ingenios y cultivadores, desde la década del noventa, a través de quince asociaciones de usuarios de los ríos, quienes desarrollan proyectos tendientes a la conservación y mejoramiento integral de las cuencas hidrográficas, gracias a la unión de recursos técnicos, económicos y humanos.

Dentro de las acciones adelantadas en el 2009, se aprobaron cinco proyectos presentados por las asociaciones de usuarios:

1. ASOQUABAS, “Conservación y restauración de ecosistemas estratégicos de la microcuenca de Lulos en la cuenca del río Guabas”.

2. ASOAMAIME, “Desarrollo de programas de gestión ambiental comunitaria rural para el establecimiento de aislamientos para protección de microcuencas que drenan al río Amaime”.

3. ASOBOLO, “Mejoramiento ambiental de la Subcuenca Aguaclara - cuenca río Bolo”.

4. ASOFRAYLE, “Contribuir al mejoramiento de las condiciones ambientales de 5 comunidades, preservando sus recursos naturales, y estabilizando áreas degradadas por el uso inadecuado, coadyuvando a la regulación de la oferta hídrica de la Cuenca del Rio Frayle”.

5. CORPOPALO, “Mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores del Resguardo Indígena de Tacueyo, municipio de Toribio, a través del establecimiento de sistemas de ganadería sostenible y el programa de reforestación y aislamientos en la microcuenca del río López, tributario del río Palo”.

De otra parte, en materia ambiental, es evidente que existe una gran preocupación a escala mundial respecto al aumento progresivo de la temperatura del planeta y los efectos que se han venido presentando en distintas regiones de la tierra. Esta inquietud no es ajena a países en desarrollo y sectores agrícolas e industriales ubicados en estas regiones, en donde, una gran mayoría, han adoptado políticas y medidas a fin de reducir sus emisiones y de alguna manera atenuar los efectos del calentamiento global.

Así las cosas y teniendo en cuenta que el modelo energético actual basado en la energía nuclear y en la quema de combustibles fósiles aporta a esta condición insostenible, el subsector azucarero colombiano, ha venido articulando acciones en torno al tema, considerando un modelo energético basado en la eficiencia energética y en las energías renovables especialmente a partir de biomasa.

Un caso particular se evidencia en la generación de energía térmica y eléctrica a partir de sistemas de cogeneración, utilizando combustibles renovables tales como el bagazo de caña y en menor proporción residuos de cosecha de caña de azúcar.

En la misma línea de las energías alternativas, el subsector azucarero desde finales del año 2005, inició la producción de alcohol carburante (etanol anhidro) a partir de biomasa, diversificando su oferta de productos y aportando acciones para que el país disminuya su dependencia de los combustibles fósiles y sobre todo, contribuir a la obtención de una mejor calidad del aire. Es de resaltar que la adición de etanol a las gasolinas disminuye las emisiones de Monóxido, Dióxido de Carbono así como de Hidrocarburos, dado que logra una mejor combustión en los motores de los vehículos.

Dicha producción obtenida con tecnología de punta, amigable con el medio ambiente, se caracteriza por la no-utilización de productos químicos para su deshidratación, dado que se exige que el alcohol esté libre de agua para que se mezcle perfectamente con la gasolina, así mismo, con esta tecnología se obtiene un menor consumo de agua, menor producción de residuos, producción de bioabonos y fertilizantes potásicos concentrados (compost y vinaza concentrada enriquecida) obtenidos partir de vinaza y cachaza.

Finalmente, el subsector azucarero ha replanteado su manera de actuar frente a la responsabilidad social y ambiental y reenfocado sus acciones bajo el criterio de que *una buena conducta y un buen proceder en espacios articulados y estratégicos, son perdurables en el tiempo, para contribuir con sociedades justas y sostenibles*. Sólo así se podrá evolucionar hacia unas mejores condiciones para las futuras generaciones. (Asocaña, 2010<sup>(2)</sup>).

### **1.3.3 Aportes económicos**

Según el estudio del impacto socioeconómico del subsector azucarero realizado por Fedesarrollo (2010), se encontró que este subsector es un dinamizador de la actividad económica nacional; en el Cuadro 1 se muestra el efecto del subsector sobre diferentes aspectos sociales y económicos del país.

El crecimiento del subsector azucarero colombiano en el 2009 fue de 15,1%, y contribuyó con 0,14 puntos porcentuales al crecimiento económico nacional, teniendo en cuenta que su participación en el PIB total es de 0,54%. (Dane, 2002. EN: Fedesarrollo 2010).

**Cuadro 2. Efecto multiplicador por unidad generada por el subsector azucarero /<sup>(1)</sup>**

	<b>Unidad generada</b>	<b>Impacto sobre la economía nacional</b>
Generación de empleo	Por 1 empleo generado por ingenios	28.4
Producción intermedia	Por 1 \$ generado por ingenios	10.5
Inversión	Por 1 \$ invertido en bienes de capital por ingenios	2.3
Salarios	Por 1 \$ pagado de salarios por ingenios	6.8
PIB (valor agregado)	Por 1 \$ valor agregado generado por ingenios	3.9
Impuestos	Por 1 \$ de impuestos pagado por ingenios	10.3

<sup>(1)</sup> *Número de veces que se magnifica una variable en el total de la economía por cada unidad de esa variable que aporta la actividad del subsector azucarero*

Fuente: Fedesarrollo, 2010.

## 2 Consideraciones ambientales del subsector de la caña de azúcar



Fuente: Asocaña

En este capítulo se revisa el entorno natural de la región de influencia del subsector azucarero, la identificación de las problemáticas ambientales más comunes existentes y que de alguna manera se relacionan con la actividad productiva y el desempeño de la agroindustria.

## **2.1 Análisis del entorno regional**

El presente análisis se desarrolla teniendo como referencia los planes de gestión ambiental de las Corporaciones Regionales Ambientales correspondientes al área de influencia del subsector azucarero: Corporación Regional Ambiental del Cauca, CRC, 2002; Corporación Regional Ambiental del Valle, CVC, 2004; Corporación Regional Ambiental de Risaralda, CARDER, 2007 y Corporación Regional Ambiental de Caldas, CORPOCALDAS, 2007, por ser el resultado de trabajos colectivos en el que participaron distintos actores de las regiones y la descripción de Caldas y Valle del Cauca por parte de la Gobernación de los respectivos departamentos.

El subsector azucarero colombiano se encuentra ubicado a lo largo del valle geográfico del río Cauca; se extiende desde el norte del departamento del Cauca hasta el sur de Risaralda y sur occidente del departamento de Caldas, pasando por la zona central del departamento del Valle del Cauca.

El departamento del Cauca, se enmarca dentro de las cinco grandes cuencas hidrográficas definidas por la CRC: Cauca, Patía, Pacífico, Alto Magdalena y Alto Caquetá; se caracteriza por ser un territorio de pequeñas cabeceras municipales donde Popayán, Santander de Quilichao, Puerto Tejada y El Bordo se agrupan como centros urbanos dominantes. Como fortalezas del departamento sobresalen la diversidad biológica, étnica y sociocultural representadas en la riqueza de los ecosistemas y en las diversas formas de conocimiento, adaptación, uso y apropiación del territorio.

La cuenca hidrográfica del río Cauca, zona de influencia del subsector azucarero, limita jurisdiccionalmente con el Departamento del Valle del Cauca; se encuentra localizada entre la margen occidental de la cordillera central y la margen oriental de la cordillera occidental, comprende un área de 739.480 Ha (34), la cual representa el 24.2% del área del Departamento del Cauca. Según CRC 2002, la población proyectada en el 2002, equivale al 61% del total del Departamento, de los cuales el 49.9% están localizados en los 22 centros urbanos de la cuenca.

Hacia las estribaciones de la cordillera central, donde se encuentran los ecosistemas estratégicos de bosque alto andino, vegetación de páramos y humedales importantes para la regulación hídrica, están asentadas las poblaciones de etnias indígenas como los Paeces, Totoróes, KoKonuKos y Guambianos; mientras que en las laderas de montaña, se ubica la población campesina dedicada a las labores agropecuarias tradicionales o con aplicación de tecnologías productivas medias e incipientes. Es de destacar que esta economía campesina aporta a la seguridad alimentaria y genera excedentes que contribuyen al mejoramiento de las condiciones de vida de la población.

Por otra parte, la población negra asentada en su mayoría, en la parte baja de la cuenca donde inicia el valle geográfico del río Cauca, participa de la producción agrícola, con mayor grado de tecnificación; y la población mestiza, ubicada en los centros poblados, se dedica a sectores como el comercial, institucional, industrial y de servicios.

En general, en el departamento del Cauca, las principales actividades son las agropecuarias en sus diferentes grados de tecnificación (de subsistencia, tradicional, semi-tecnificado y altamente tecnificado), donde predominan los cultivos de papa, café, flores, caña panelera, espárragos, yuca, caña de azúcar, arroz y frutales.

A raíz de la promulgación de la Ley 218 de 1994 o Ley Páez se impulsó el desarrollo de la zona norte de la cuenca del río Cauca, donde la industria ocupa un papel importante dentro de la economía; se destacan la agroindustria del azúcar de caña, la producción de papel y de alimentos.

La ganadería juega también un papel importante en todos los pisos térmicos con un mayor grado de tecnificación en la meseta de Popayán y en la zona plana al norte de la cuenca.

Pasando del norte del Cauca, hacia el departamento del Valle del Cauca, región donde se se identifican cuatro unidades fisiográficas, denominadas la llanura del Pacífico, la cordillera Occidental, el valle del río Cauca y el flanco occidental de la cordillera Central.

*En la llanura del Pacífico se encuentra una faja costera o andén aluvial, cubierta de mangle y cruzada por un laberinto de esteros, caños y bocanas. Después de esta faja litoral comienza la llanura selvática, que se extiende hasta las estribaciones cordilleranas. En la cordillera Occidental se encuentran los principales accidentes orográficos entre los que se destacan los Farallones de Cali, y la vertiente del Pacífico y la del valle del Cauca; ésta última con agricultura y ganadería establecidas.*

*El valle del río Cauca está formado por depósitos de origen aluvial, con suelos profundos y superficies de alta fertilidad. En esta zona se encuentra la mayor extensión del cultivo de la caña de azúcar,*

*La vertiente occidental de la cordillera Central comprende la vertiente del valle del río Cauca y el macizo central o área de páramos, área de bosque, la cual corresponde en mayor extensión al cinturón cafetero (Gobernación del Valle del Cauca, et. al., 2006).*

En el Valle existen cuatro grupos étnicos indígenas -Páez, Wounaan, Emberá-Chamí, Emberá- Eperara-, distribuidos en 14 resguardos, y 34 grupos de etnias afrodescendientes organizados en Consejos Comunitarios, en Buenaventura y uno en La Paila (CVC 2004).

En el departamento, los pilares de la economía son: el sector terciario (servicios públicos domiciliarios, transporte, educación, salud, recreación, comercio, restaurantes, hoteles y administración pública), que representa el 65.7% del PIB regional; el sector secundario (industria y construcción), el 22.2%; y el agropecuario el 9.4% (CVC, Univalle, 2004).

Hacia el norte del Valle del Cauca se encuentra el departamento de Risaralda, ubicado en la parte central de la región Andina, al centro occidente del país en la zona definida como el “Triángulo de oro”, por su gran importancia en el desarrollo socioeconómico de Colombia. Su extensión es de 3.592 Km<sup>2</sup> y representa, aproximadamente, el 0.3% del área total del país. Limita por el norte con los departamentos de Antioquia y Caldas, al oriente con Caldas y Tolima, al sur con Quindío y Valle del cauca y al occidente con territorios del Pacífico Biogeográfico. Está conformado por 14 municipios con una población de 1’025.539 habitantes (DANE, censo 2005).

Risaralda forma parte del Eje Cafetero y está estructurado por tres corredores ambientales así: 1). de la Cordillera Central, 2). de la Cordillera Occidental, y 3).el corredor ambiental del río Cauca. Este último se constituye en un gran eje fluvial en el que tienen asiento varias poblaciones debido a la fertilidad de sus suelos.

Por otra parte, según la sectorización hídrica realizada por la CARDER 2007, el departamento de Risaralda está distribuido en 2 grandes cuencas, 7 cuencas, 42 sub-cuencas y 326 micro-cuencas (100 son micro-cuencas de 3er orden y 226 restantes son franjas hidrográficas).

Las dos grandes cuencas recogen la estructura hidrográfica del departamento; la primera corresponde al río Cauca y la segunda pertenece a la parte alta de la cuenca del río San Juan. Además se identifican 3 subregiones naturales que presentan entre sí diferencias significativas de carácter biofísico, socioeconómico y cultural: la subregión I: vertiente oriental del río Cauca; II: vertiente occidental del río Cauca y III: vertiente del pacífico risaraldense..

En relación con grupos étnicos, la CARDER, 2007, identifica en el departamento de Risaralda al grupo indígena Embera, el cual cuenta con un territorio de propiedad colectiva, ubicado dentro del Área de Manejo Especial en las cuencas de los ríos Agüita y Mistrató, con un área de 32.381,93 ha. De igual manera, las comunidades negras, tienen un territorio de propiedad colectiva de 4803 ha, el cual se ubica dentro del Área de Manejo Especial de Alto Amurrapá.

En el departamento de Risaralda se desarrolla una importante actividad agropecuaria con énfasis en la caficultura y el proceso de industrialización de la caña es de gran importancia desde el punto de vista económico para la región.

El subsector azucarero colombiano termina en el sur occidente del departamento de Caldas, el cual se encuentra localizado en el centro occidente de la región andina y cuenta con una superficie de 7.888 km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.69 % del territorio nacional.

El departamento está dividido en 27 municipios y su relieve pertenece al sistema andino entre las cordilleras Occidental y Central, región en la que se identifican cuatro unidades morfológicas constituidas así: 1) Los valles de los ríos Cauca y Risaralda; 2) La cordillera Occidental -la más baja del sistema andino-; 3) la cordillera Central cuya mayor elevación corresponde al volcán nevado del Ruiz, con 5.432 m sobre el nivel del mar y 4) el valle del río Magdalena, ubicado en el oriente del departamento. El 32% del total del departamento es cálido, mientras que el 36% es templado, el 23% frío y el 9% restante corresponde al piso bioclimático de páramo. (Gobernación de Caldas *et al.*, 2006)

En la parte sur de la vertiente occidental del río Cauca se sitúan Belalcázar, San José, Risaralda y Anserma, mientras que Viterbo se encuentra en el valle del río Risaralda. Estos municipios conforman el denominado "Bajo Occidente" caldense cuya actividad agrícola está constituida por el café y la caña de azúcar.

De acuerdo con los datos del último censo realizado en 2005, el 71.5% de la población del departamento de Caldas se concentra en las cabeceras municipales y el 28.5% en las demás áreas. Se distribuyen en tres grupos étnicos: blanco, indígena y negro; siendo el último, el menos difundido y habita en el cañón del Cauca. Por su parte, la comunidad indígena se distribuye en resguardos y asentamientos bajo la coordinación del Comité Regional indígena de Caldas –CRIDEC.

El renglón principal de la economía del departamento de Caldas lo constituye la prestación de servicios como el comercio, la banca, el transporte y las comunicaciones.

En segundo lugar se encuentran las actividades agropecuarias; las cuales ocupan el 81.6% del área (CORPOCALDAS, 2006), De las 137.081 ha., destinadas a la agricultura, el 90% corresponde a cultivos permanentes como el café -es el segundo productor a nivel nacional-, y la caña panelera. También se cultivan papa, cacao, maíz y algunas hortalizas y frutas.

### **2.1.1 Problemática asociada al uso del suelo.**

En cada uno de los departamentos, entre los que se encuentra distribuido el subsector azucarero, existe diferente problemática en el uso y manejo del suelo. Se revisa la situación particular en cada uno de ellos.

En la zona norte del departamento del Cauca, específicamente en la cuenca hidrográfica del Cauca, existe una problemática grave de degradación de los suelos, lo cual se convierte en el factor principal de pérdida de productividad de la región.

Según CRC, el análisis de los datos registrados por la CVC en 1.992 frente a los reportados por la imagen satelital Landsat TM ocho años después, presenta un índice alarmante de tasa de aumento en la erosión severa, superior a los 4.000 ha. por año. El deterioro del suelo se relaciona principalmente con la pérdida de cobertura boscosa natural densa y su transformación a sistemas productivos misceláneos y de café y con las explotaciones mineras no tecnificadas, que impactan severamente los recursos naturales.

Adicional a lo anterior, la falta de planeación en el uso del suelo ha ocasionado el crecimiento o multiplicación de negocios, ventas ambulantes, comercio informal, asentamientos en zonas de riesgo y la expansión del perímetro urbano, entre otros.

En lo que respecta al Valle del Cauca, éste departamento posee diversos tipos de suelos, aptos para la actividad agrícola o agropecuaria. Sin embargo, por conflictos en el uso del suelo, éstos han perdido sus características físicas y químicas ocasionando como problemas principales: la salinidad, el mal drenaje y la erosión.

En el departamento del Valle, se han identificado 299.226 hectáreas de las tierras dedicadas a la agricultura en el valle geográfico del río Cauca con problemas de degradación del suelo asociados con el manejo inadecuado del agua y la reutilización de aguas superficiales salinas; y 85.000 hectáreas afectadas por salinidad y mal drenaje. Se presentan además, prácticas inadecuadas de siembra y la fertilidad de las tierras es baja. (CVC, 2004).

En cuanto a la cuenca del río Cauca, la CRC (2004), identificó que el 54% de su área se encuentra afectado por la erosión, distribuida en diferentes grados de severidad de la siguiente manera: el 2% con erosión muy severa, el 8.3% erosión severa y el 23.4% con erosión moderada. Esta situación se atribuye a que el 31%, de la superficie de la cuenca del río Cauca está dedicada a la ganadería extensiva y esta práctica no es apta para las zonas de ladera. Si se compara el uso potencial del suelo con el uso actual, se constata que en la actualidad el 25.9% está dedicado al pastoreo mientras que las tierras aptas para este actividad solo llegan al 1.28%.

El área de bosques plantados sólo representa el 1.05% frente a una potencialidad de cobertura del 5.8% del área, condición que demuestra el cambio en el uso potencial del suelo por la dedicación de estas zonas a pastos naturales y ganadería extensiva. Otra causa del aumento del deterioro del suelo es el cambio de uso de estas tierras: se pasa de café con sombra a pastos para ganadería (CVC, 2004).

Según el Plan de Acción Trienal 2007-2009 de la CARDER, al analizar el uso del suelo en el 2006 frente a 1997, en el departamento de Risaralda se observan cambios importantes: un incremento superior a las 15.200 ha. en el área de bosque y un aumento mayor a las 14.400 ha. en las áreas cultivadas en pastos, en reemplazo de los cultivos semipermanentes y permanentes, los cuales se redujeron en más de 26.000 ha.

En la vertiente occidental del río Cauca de este departamento, la CARDER (2007) evidenció además, una sobreutilización del suelo en agricultura y ganadería que afecta su aptitud forestal, los procesos del cultivo del café y de colonización ejercen presión sobre los bosques, produciendo deforestación, fragmentación o simplificación de ecosistemas y conflictos de ocupación en zonas de resguardos indígenas.

En cuanto al uso del suelo, en el año 2005, en el departamento de Risaralda se estimó que más del 36% del departamento se encontraba sin conflicto, alrededor del 32% presentaba conflicto moderado, más del 30% era leve y el 1.2% severo. (CARDER, 2007)

### **2.1.2 Problemática asociada al recurso agua.**

Teniendo como referencia que valores inferiores a 2000 m<sup>3</sup>/habitante/año indican limitaciones en la disponibilidad de agua para actividades de tipo doméstico, comercial, industrial y agrícola y pueden restringir el desarrollo económico de una región con sus consecuentes incrementos en los costos de producción, la CRC (2002) adelantó un estudio, en el departamento del Cauca, sobre la disponibilidad del agua para el consumo humano y actividades productivas, con base en los registros hidro-climatológicos y de población.

Aunque la cuenca del río Cauca cuenta con 12 subcuencas, a pesar de la oferta hídrica, los resultados sobre la disponibilidad de agua en la zona no fueron los mejores. Al proyectar el crecimiento poblacional a 2020 con la misma oferta de agua, el análisis muestra que 6 sub-cuencas pueden llegar a presentar valores menores a 1000 m<sup>3</sup>/habitante/año lo cual comprueba que existen serias limitaciones para su desarrollo económico desde el punto de disponibilidad del recurso. Esta situación se encuentra agravada por diferentes causas como la desaparición de la cobertura vegetal reguladora de caudales hídricos, la alta demanda sobre el recurso por implementación de obras de captación inadecuadas, la subvaloración en el uso del recurso, la ausencia de mecanismos de regulación y control en el consumo de agua.

Lo anterior evidencia que son más las prácticas que atentan sobre el recurso, que las acciones desarrolladas buscando su compensación, corrección o recuperación.

De acuerdo con la CVC, 2004, el conflicto sobre los usos de agua en el Valle del Cauca se fundamenta en dos variables: la demanda y el despilfarro. Los consumos evidencian que el 86.4% del agua subterránea se destina a las labores agrícolas. En relación con el despilfarro, el consumo desmedido e inadecuado del recurso podría aumentar el desequilibrio temporal en la cuenca hidrográfica del río Cauca, entre los periodos de lluvias y sequía de la región.

En cuanto a la calidad del recurso hídrico del valle geográfico del río Cauca, relacionado con la línea base obtenida por la CVC (2006), mediante el programa de monitoreo establecido a lo largo de los 450 km del río Cauca, iniciando en el municipio de Suárez en el departamento del Cauca, y finalizando en La Virginia, Risaralda, se observa que:

- En solo 6 de las 19 estaciones de monitoreo, el índice de calidad para consumo humano (CETESB), medido en dos períodos de 2005, cumplió con las especificaciones de buena calidad pero en ninguno de los casos calificó como excelente.
- El comportamiento del índice de calidad de agua para ser destinada a riego (DINIUS), medido durante los mismos períodos, mostró en las 19 estaciones del estudio, que puede ser utilizable para riego en la mayoría de los cultivos.

En el departamento de Risaralda, no se cuenta con censos que permitan conocer la demanda real de aguas superficiales. Sin embargo, con base en datos históricos de las concesiones otorgadas por la CARDER, se estima que el consumo de agua superficial es de 19.428 L/s, es decir 6.127 millones de metros cúbicos al año. La cuenca del río Otún cubre el 68,90% de la demanda, seguida por las cuencas de los ríos Campoalegre con el 16,7%, Risaralda con 6,7% y La Vieja suple el 1,5%.

En cuanto a la calidad y cantidad del recurso, este se ve afectado por el establecimiento de cultivos como el café por su demanda de importantes cantidades de agua en el proceso del beneficiadero y el alto uso de plaguicidas; como también por el proceso de industrialización de la caña, el cual requiere de agua para riegos y el establecimiento de drenajes en zonas con niveles freáticos altos. (CARDER, 2007).

Sin embargo, mediante el establecimiento de convenios de producción más limpia entre la CARDER y los sectores productivos: avícola, porcícola y azucarero, se ha reducido el consumo de agua. *Sobresale el caso del subsector azucarero que redujo la concesión de agua al 50% gracias a la implementación de recirculación de agua en los procesos industriales.*

En el departamento de Caldas, la distribución de los recursos hídricos en dos grandes cuencas, está determinada por la presencia de las cordilleras Occidental y Central. La cuenca del río Magdalena, en el límite oriental, capta las aguas de los ríos que nacen en la cordillera Central y que corren por la vertiente oriental, como los ríos Samaná y La Miel entre los principales. Por su parte, la cuenca del Cauca recibe los ríos que drenan la vertiente occidental de la cordillera Central y la vertiente oriental de la cordillera Central, como el Arma, Pozo, Tareas, San Francisco, Chinchiná, Risaralda y Supía.

Generalmente las cuencas de los ríos tienen una cobertura vegetal deficiente, alta carga contaminante generada por procesos erosivos, la aplicación de agroquímicos y por aguas mieles de café en las épocas de cosecha. Sin embargo, las condiciones de calidad del agua son aceptables para múltiples usos excepto en aquellos tramos donde las aguas superficiales reciben las aguas residuales domésticas municipales.

Durante 2004-2006, CORPOCALDAS trabajó en la recuperación y conservación de coberturas vegetales e identificó, codificó y clasificó las fuentes de agua con el fin de conocer la oferta del recurso y determinar su uso.

### **2.1.3 Manejo y disposición de aguas residuales**

De igual manera que en los temas anteriores, el análisis del manejo y disposición de las aguas residuales se describe para aquellas zonas del valle geográfico del río Cauca donde se encuentra localizado el subsector azucarero, con base en los planes ambientales de las Corporaciones.

Respecto al manejo de las aguas residuales domésticas y agroindustriales, en el departamento del Cauca existen grandes deficiencias, lo que ocasiona contaminación de las corrientes superficiales, pérdida de diversidad íctica y limnológica, deterioro del paisaje, y mayores costos en la potabilización.

Siete de las poblaciones más grandes, entre ellas: Popayán, Santander de Quilichao, Puerto Tejada, El Bordo y Villarica, no cuentan en la actualidad con sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, y las aguas lluvias no se separan y aprovechan sino que se transportan conjuntamente con las residuales causando problemas por inundaciones y enfermedades.

En relación con la cuenca del Cauca, según datos de la CRC (2002), en el 2000 ésta cuenca recibía diariamente alrededor de 31.440 Kg de DBO, de la cual el 60.1 % corresponde a contaminación de origen doméstico.

Las sub-cuencas compartidas entre los departamentos del Cauca y Valle del Cauca, presentan problemas de distinta índole; un caso ejemplo es la sub-cuenca del río Desbaratado donde se observa contaminación por vertimientos de residuos por procesamiento de cultivos ilícitos; problemas de disminución crítica del caudal en épocas de verano; conflictos por uso del agua en las zonas plana de la cuenca.

En el Valle del Cauca, los asentamientos humanos y las actividades industriales son las causas principales de contaminación de las fuentes superficiales encontrando que las aguas residuales industriales y domésticas drenan, sin un adecuado tratamiento, en sus dos grandes vertientes hidrográficas: la Pacífica y del río Cauca.

*Las consecuencias, en las dos vertientes, son la pérdida de biodiversidad, la contaminación de acuíferos, disminución de la oferta de agua y daños a la salud. (CVC, 2004).*

Vale la pena destacar las acciones adelantadas por la CARDER con el establecimiento de objetivos de calidad para las corrientes, tramos de corrientes o cuerpos de agua receptores de vertimientos, conforme a su uso, en los municipios de su jurisdicción. El propósito es alcanzar estos objetivos de calidad en un término de 10 años, como una medida tendiente a la recuperación ambiental de los cuerpos de agua y por ende de las zonas aledañas.

En el departamento de Caldas, todos los municipios cuentan con redes de acueducto y alcantarillado y plantas de tratamiento de agua para consumo humano. En el área rural, se cuenta con sistemas de abastecimiento de agua; sin embargo, no cuentan con sistemas de potabilización.

Los vertimientos generados, tanto en las cabeceras municipales como en las poblaciones rurales o en las comunidades indígenas, descargan directamente en las corrientes superficiales ocasionando su contaminación. Sólo en dos municipios: Victoria y Norcasia se tratan parcialmente las aguas residuales y en otros dos: Guarinicito y La Dorada disponen de plantas de tratamiento.

Dada esta situación, en el 2006, CORPOCALDAS adelantó un estudio pormenorizado sobre la cantidad y calidad de las fuentes receptoras de los vertimientos, en 22 municipios del departamento. Se obtuvo como resultado que: en el sitio de monitoreo localizado aguas abajo del punto de recepción de los vertimientos municipales, en cuatro 4 de los municipios la calidad del agua era regular y en dos de ellos calificó como mala, frente al índice de referencia ICA –CETESB.

#### **2.1.4 Contaminación atmosférica.**

En el departamento del Cauca, se ha identificado que los problemas más significativos en la calidad del aire se ubican en los centros urbanos, ocasionados principalmente por la densidad poblacional, el tráfico vehicular, la discordancia en el uso del suelo y en menor grado, por las industrias asentadas en ellos. Según monitoreos realizados en Popayán, por la subdirección de la CRC se identificó que las actividades desarrolladas por las pequeñas industrias son el factor crítico predominante en el impacto sobre la calidad de vida de las poblaciones aledañas.

De acuerdo con CARDER (2007), los resultados de calidad del aire obtenidos en los monitoreos realizados en diferentes subsectores del departamento -comprendidos entre el área metropolitana, estaciones de Dosquebradas, Santa Rosa y La Virginia-, registraron la presencia de material particulado menor a 10 micras como el contaminante más crítico.

Adicionalmente, en el departamento de Caldas, las actividades industriales, comerciales y de transporte son las principales causas de las emisiones que contribuyen a la contaminación atmosférica. Una de las zonas más afectadas se localiza en Manizales, donde se concentra la producción industrial y el tráfico automotor.

En el área de influencia del subsector azucarero, la quema de la caña de azúcar previa a la cosecha es una de las prácticas agrícolas establecidas con el propósito de disminuir el material vegetal del cultivo, controlar las plagas existentes y facilitar las labores al personal de campo.

Para reducir la molestia sobre las poblaciones, ocasionada por la pavesa generada en las quemadas controladas, se usan herramientas con tecnología avanzada como son los sensores portátiles de viento y la red meteorológica automatizada constituida por 34 estaciones; se cuenta además con el soporte de profesionales, personal de campo y veeduría que apoyan la programación de las quemadas y se rigen por el Manual de Quemadas establecido en el subsector.

Lo anterior se complementa con el seguimiento y monitoreo del material particulado, PM<sub>10</sub>, -partículas con tamaño menor de 10 micras- para verificar el cumplimiento de la norma ambiental establecida, la cual especifica como límites diarios 100  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  y promedios anuales de 50  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , los cuales no se han excedido en ninguno de los puntos de la red de estaciones de PM<sub>10</sub>.

#### **2.1.5 Manejo y disposición de vinazas.**

La producción de etanol genera residuos que si no se manejan adecuadamente, pueden producir alteraciones negativas en el ambiente. Entre estos residuos se encuentran las vinazas, las cuales después de concentradas o tratadas en plantas de compostaje pueden generar efectos benéficos sobre los suelos y reducir los impactos negativos potenciales sobre las aguas subterráneas.

La vinaza concentrada varía en su contenido de sólidos desde 25 hasta 60%. Por su contenido de materia orgánica, elementos menores y especialmente potasio, puede ser usada como abono potásico, el cual es dosificado según su concentración en la vinaza y el nivel nutricional del suelo al que se va a aplicar.

La vinaza, en conjunto con la cachaza, cenizas obtenidas de la combustión del bagazo y residuos de cosecha, se usa en la elaboración de compost y de otros abonos orgánicos enriquecidos con nitrógeno, los cuales reemplazan parcialmente el uso de los fertilizantes tradicionales y tienen un efecto benéfico adicional sobre las propiedades físicas del suelo. (Cenicaña, 2009). La vinaza también se usa como insumo para la producción de fertilizantes líquidos. Por medio de convenios de cooperación celebrados con la CVC y actividades de investigación realizadas con Cenicaña (Quintero Durán, R.; Arcila, J. 2008; Quintero, R., 2008), se han determinado las mejores prácticas y dosis de aplicación para cada tipo y orden de suelo, e identificado otros usos buscando con ello la sostenibilidad de los recursos suelo y aguas subterráneas en el valle geográfico del río Cauca.

Según estudios realizados por Girón T., M.A., 2010, el uso de la vinaza contribuye a la recuperación de suelos salinos y sódicos y al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo por lavado de sales, sodio y magnesio.

Actualmente se adelantan investigaciones a mediano plazo, sobre el uso de vinazas en otros tipos de suelos y bajo otras condiciones geomorfológicas, con el propósito de analizar el impacto positivo o negativo en los suelos o en el acuífero.

#### **2.1.6 Alteración y pérdida de la biodiversidad.**

Según estudios realizados por CRC sobre la transformación de la cobertura boscosa en la cuenca hidrográfica del Cauca durante el período -1985 - 1999-, se evidenció un balance muy negativo por la pérdida de cobertura boscosa natural densa y su transformación a sistemas productivos misceláneos y de café. En estos 15 años, se estimó una pérdida de 10.546 Ha del área total en bosques, 88.908 ha. -densos (primarios) no intervenidos y abiertos (secundarios)- que significan el 12.05% del área de la cuenca, y equivalen a más de 700 ha. por año.

Por otra parte, las Corporaciones regionales del Cauca y Valle del Cauca, CRC y CVC, al adelantar evaluaciones conjuntas en las sub-cuencas compartidas por los departamentos del Cauca y Valle del Cauca, identificaron diferentes tipos de problemas como el irrespeto de las franjas protectoras obligatorias a lo largo del recorrido del río, y en la sub-cuenca del río Desbaratado, la degradación de la parte alta por ocupación de las zonas de Páramo; disminución y pérdida del recurso bosque por indiscriminada tala; mal manejo y uso de suelos en zonas de ladera, en especial por la ganadería extensiva, los cultivos tradicionales y en los últimos años por cultivos ilícitos. (CRC, 2002)

Risaralda se identifica por una diversidad de climas, ecosistemas, fauna y flora característicos de un gradiente de altura sobre el nivel del mar que va desde 350 msnm, en la cuenca del río San Juan, hasta 5000 msnm, en el Parque Nacional Natural Los Nevados. En el 2006, se estimó que el 46,2% del territorio departamental está cubierto por bosques -incluyendo plantaciones forestales-, lo que representó un incremento en la cobertura vegetal del 10,10%, frente al 1997, equivalente a un aumento promedio anual de 1.691 ha.

Según estudios realizados por el Sistema de Información Ambiental de CORPOCALDAS, en el departamento se encuentra un área de 75.724 ha., de vegetación nativa correspondiente a bosques primarios, secundarios y guaduales naturales, donde se encuentran múltiples especies de flora neotropical. Una de las especies más significativas de la región es la guadua; cultivo de fácil crecimiento y que ambientalmente actúa como regulador del agua, controla la erosión, contribuye a la materia orgánica del suelo y es un hábitat de fauna y flora. Sin embargo, su propagación es amenazada por la sobreexplotación y mal manejo como también por la ampliación de la frontera agrícola.

El departamento de Caldas cuenta con una gran diversidad biológica debido a que en su territorio se encuentran dos grandes cuencas hidrográficas y presenta un rango amplio altitudinal comprendido desde los 200 hasta 5.432 m.s.n.m. Su riqueza natural y biodiversidad se ven afectadas por la extracción de flora y fauna, razón por la cual se han adelantado campañas de educación y sensibilización para proteger y valorar estos bienes ambientales.

### **3 Descripción de los procesos productivos**

Con el fin de proporcionar un marco de referencia de los procesos establecidos en el valle geográfico del río Cauca, este capítulo describe las diferentes alternativas agrícolas usadas para el levantamiento del cultivo, la tecnología actualmente utilizada y los procesos industriales de elaboración de azúcar, producción de etanol (alcohol carburante) y la cogeneración de energía.

El subsector azucarero colombiano es mucho más que azúcar; es una agroindustria que produce bioenergía y biocombustibles y aprovecha de manera integral todos sus subproductos dentro de la misma cadena. El Gráfico 1 muestra los diferentes componentes de la agroindustria sobre los cuales se fundamenta su sostenibilidad.

## Un cultivo sostenible

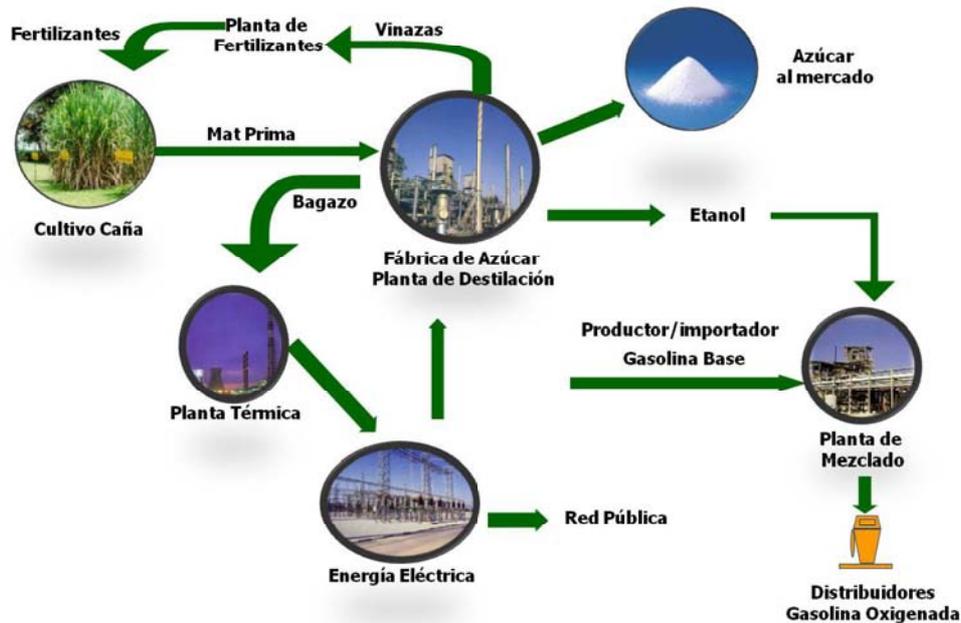


Gráfico 1. Componentes de la cadena productiva del subsector azucarero como agroindustria sostenible. (Calero C.X., 2005)

### 3.1 El subsector de la caña de azúcar

En Colombia se viene hablando de la necesidad de fortalecer la industria y la economía a partir del trabajo en cadenas productivas (entendidas como el conjunto de actividades económicas de un mismo subsector que se integran para lograr objetivos comunes). En el campo agrícola existen alrededor de 26 cadenas productivas y en la industria son más de 60 en todo el país.

En el ámbito regional, en el Valle del Cauca, se pueden mencionar dos ejemplos de encadenamiento productivo dentro de los cuales se encuentra la industria de la caña, siendo el segundo la producción del cuero (El País, 20 de octubre de 2010).

La cadena de la caña hace relación al “cluster del azúcar” en Colombia, el cual se refiere a “concentraciones geográficas de compañías e instituciones interconectadas en un campo particular”, tal como Michael Porter lo define. De este “cluster” hacen parte más de 1.700 cañicultores, 13 Ingenios, de los cuales cinco tienen plantas de producción de alcohol carburante vinculadas a las fábricas de azúcar, siete refinerías y 12 cogeneran energía.

La investigación desarrollada por Cenicaña, ha contribuido al incremento de la productividad del subsector y al fortalecimiento de encadenamientos asociados al proceso de los ingenios con otras empresas como son: un productor de Papel, una empresa Sucroquímica, más de 40 empresas de Alimentos, tres de Gaseosas, ocho de vinos y licores y más de 50 proveedores especializados. El resultado de ese encadenamiento representó el 0.545% del PIB nacional en el 2007, generando 260.000 empleos directos e indirectos.

Otro de los retos en los que se ha comprometido el subsector azucarero es la cogeneración de energía a partir de combustibles renovables; además de ser una gran oportunidad para diversificar la oferta energética del país, es un proceso amigable con el medio ambiente. Ocho de los trece ingenios azucareros de Colombia, invirtieron recientemente en el aumento la capacidad de cogeneración de energía a través de la quema de bagazo y residuos de materia extraña vegetal en sus calderas. De esta forma, generan la energía térmica necesaria para la operación de sus plantas de producción y al mismo tiempo obtienen excedentes de energía eléctrica para comercializar a través de la red de interconexión eléctrica nacional.

Con una inversión de más de US\$ 324 millones, el subsector proyecta el incremento de la capacidad de cogeneración de energía eléctrica instalada, de 160 MW en el 2009 a 264 MW en el 2013. (Asocaña, 2010<sup>(2)</sup>)

Adicionalmente, el subsector azucarero colombiano produce etanol anhidro para el programa nacional de oxigenación de las gasolinas; éste es un producto 100% renovable que mejora el proceso de oxidación de los hidrocarburos y reduce las emisiones de monóxido de carbono, compuestos aromáticos y compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera. (Casanova, 2002).

### 3.2 Procesos agrícolas

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es uno de los cultivos más antiguos del mundo. Tiene su origen genético en Nueva Guinea; pertenece a la familia de las gramíneas –pastos-. La caña es una planta C 4 con alta eficiencia fotosintética (la cuota oscila entre 150 y 200% sobre la media de otras plantas). Dependiendo de la variedad y las condiciones locales, la planta puede alcanzar una población de 10 a 12 tallos por metro lineal y crecer hasta una altura de 3m dependiendo de las condiciones de desarrollo, suministro de agua y nutrición. El contenido de sacarosa oscila entre 11 y 15%.

De acuerdo con Ramos O.G. 1995 y Mora C.J. 1998, la caña de azúcar se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales de la tierra; en Colombia, se cultiva en forma productiva desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 2.000 metros en las más variadas condiciones de temperatura, luminosidad, precipitación y calidad de suelos.

La agroindustria azucarera colombiana se localiza en su totalidad en la zona plana interandina conocida como valle geográfico del río Cauca, el cual se extiende desde el municipio de Santander de Quilichao (Cauca) en el sur, cruza el departamento del Valle del Cauca y finaliza en el norte en los municipios de La Virginia (Risaralda) y Belalcázar (Caldas). Las prácticas agrícolas convencionales para el cultivo de caña de azúcar comprenden dos procesos productivos: campo y cosecha.

Aunque la cosecha de la planta se realiza aproximadamente cada año (en las regiones cálidas), su rápida capacidad de rebrote permite varias cosechas sucesivas a partir de la siembra inicial. En nuestro país las renovaciones del cultivo se realizan entre cada cuatro y ocho años y es común encontrar en las zonas paneleras cultivos con más de 20 años de establecimiento.

En los procesos productivos agrícolas se pueden presentar tres escenarios: el desarrollo de una agricultura convencional, agricultura orgánica y agricultura más limpia. A continuación se describen las prácticas agrícolas para el cultivo de la caña de azúcar bajo estos tres sistemas de producción.

### 3.2.1 Agricultura convencional

Según Pretty, 2001 y Shiva, 2000, citados por Cáceres Daniel (2003), la agricultura convencional se refiere a *un tipo de producción agropecuaria de alto rendimiento, basada en el uso intensivo de capital (tractores y maquinarias de alta productividad) e insumos externos (semillas de alto potencial de rinde, fertilizantes y pesticidas sintéticos)*. Este enfoque de la producción agropecuaria también se conoce como agricultura “de la Revolución Verde”, “de altos rendimientos”, “de altos insumos externos” o “moderna”.

El proceso productivo convencional de la caña de azúcar comprende labores de adecuación y/o preparación del terreno seguidas por la siembra de la caña y prácticas de mantenimiento del cultivo. Una vez madura la planta, se procede al corte, la caña, se apila o “enchorra” en el campo, de donde se recoge y transporta al ingenio, para la elaboración de azúcar.

A continuación se describen las labores de los procesos agrícolas de Campo y Cosecha.

**3.2.1.1 Descripción del proceso agrícola – Campo.** En esta sección se incluyen todas las actividades de campo desarrolladas tanto por cultivadores independientes (proveedores), como por los ingenios en las tierras de administración directa.

**3.2.1.1.1 Adecuación de tierras.** La adecuación de tierras consiste en brindar las condiciones óptimas para el mejor aprovechamiento de los recursos de suelo, agua, maquinaria y mano de obra, con el propósito de mejorar la productividad para que la actividad agrícola sea sostenible y brinde beneficios económicos, sociales y ambientales (Cruz, R. 2008).

Entre las prácticas y procedimientos que se utilizan en la adecuación de tierras para caña de azúcar o en la renovación del cultivo, se incluyen: estudios básicos, diseño de campos, nivelación del terreno.



Fuente: Cenicaña

- a) Los *estudios básicos* incluyen estudios de suelos y topográficos, de oferta del recurso hídrico y demanda de agua, selección de sistemas de riego y drenaje e infraestructura.
- b) *Diseño de campos*: se define como el trazado y distribución de suertes y tablones, callejones, surcos, canales de riego, drenaje y demás infraestructura hidráulica, con el objeto de facilitar las labores de cultivo, riego, drenaje y cosecha.
- c) *Nivelación del terreno*: se refiere a la modificación del relieve superficial mediante cortes y rellenos, hasta conseguir pendientes uniformes que faciliten las labores de riego, drenajes superficiales y la ejecución de otras labores culturales necesarias para el desarrollo y cosecha del cultivo. Fuente

**3.2.1.1.2 La preparación del suelo.** Se refiere a las operaciones de campo requeridas para garantizar la germinación de la semilla y el mejor desarrollo del cultivo. Ésta comprende las siguientes labores: descepada, subsolado, arado, rastrillada, surcada.



Fuente: Cenicaña

- a) *Descepada*: Consiste en la destrucción e incorporación al suelo de los residuos de cultivos anteriores. Cuando los lotes son nuevos, generalmente estos residuos son de pastos y cultivos estacionales, y cuando son de cultivo de caña están formados por trozos de cepas y residuos vegetales de la cosecha (Rodríguez, C.A., Daza O.H., 1995).
- b) *Subsolado*: Se realiza después de la nivelación. Consiste en descompactar el suelo hasta una profundidad de 60 cm, con el propósito de destruir las capas impermeables, mejorar la estructura del suelo y garantizar el movimiento del agua y el aire.
- c) *Arado cincel*: Se realiza después del subsolado para fracturar y remover el suelo hasta una profundidad entre 30 y 40 cm, con el fin distribuir los agregados.
- d) *Rastrillado*: Tiene como objetivo destruir los terrones grandes resultantes de la ejecución de las labores anteriores, y favorecer el buen contacto entre la semilla y el suelo.

- e) *Surcado*: Esta práctica consiste en hacer surcos o camas con determinada profundidad y distancia entre ellos donde se coloca la semilla o material vegetativo de siembra.

**3.2.1.1.3 Selección de la variedad.** Consiste en escoger la variedad de caña que presente las mejores características de adaptabilidad y productividad para una determinada zona y que sea al mismo tiempo resistente a las enfermedades.



Fuente: Asocaña

*Tratamiento de semilla.* Para obtener semillas sanas, se realiza el tratamiento térmico para el establecimiento de semilleros, sumergiéndola en un baño de agua a 51°C durante una hora para controlar el raquitismo de la soca.

Antes de la siembra y durante el corte de la semilla, se desinfectan las puntas de las semillas y los machetes con solución de fungicidas con el fin de evitar infección con patógenos.

**3.2.1.1.4 Siembra.** Existen dos tipos de semilla: los esquejes y las plántulas. Los primeros son trozos de caña entre 40 cm y 60 cm, aptos para siembras comerciales. Las plántulas se utilizan para lotes de multiplicación de material vegetativo. Cualquiera que se utilice, se coloca en trozos a una profundidad de 5 a 10 cm. Se mantienen húmedas para evitar la deshidratación.



Fuente: Cenicaña

Mantenimiento del cultivo. Además de las labores mecánicas de preparación de suelos, dentro de las prácticas de mantenimiento del cultivo se identifican el control de malezas pre y post emergentes, el control de enfermedades y de plagas, el riego, el drenaje y la fertilización.

**3.2.1.1.5 Control de malezas.** Consiste en eliminar toda planta que crece fuera de su sitio e invade el cultivo de caña en el cual causa más perjuicio que beneficio. En las prácticas de agricultura más limpia se realiza el manejo integrado de arvenses.

Se utilizan tres métodos para el control de malezas: manual, mecánico y químico. En lotes de áreas pequeñas se utiliza el control manual o químico con bombas espalderas. el segundo y el tercero para cultivos extensos de caña.



Fuente: Cenicaña

**3.2.1.1.6 Control de enfermedades.** No se usan insumos químicos por estar difundido el uso de variedades resistentes obtenidas por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña) del subsector y el uso de semilla sana, previamente tratada con agua caliente, según método probado y difundido por Cenicaña.

En el caso de roya, se controla su efecto con la aplicación de fertilizantes nitrogenados que compensan el daño en el cultivo.

El control de enfermedades contemplado en las prácticas de la agricultura convencional evolucionó en su concepto hacia el manejo integrado de enfermedades dentro la agricultura más limpia.

**3.2.1.1.7 Control de plagas.** Consiste en eliminar y controlar las plagas que inciden sobre la caña de azúcar. Es generalizado el uso del control biológico mediante insectos criados directamente en laboratorios especializados o de trampas de caña miel según sea el caso.

Igual que en los casos de control de malezas y enfermedades contemplados en la agricultura convencional, el control de plagas avanzó hacia el manejo integrado de plagas establecido en la agricultura más limpia.



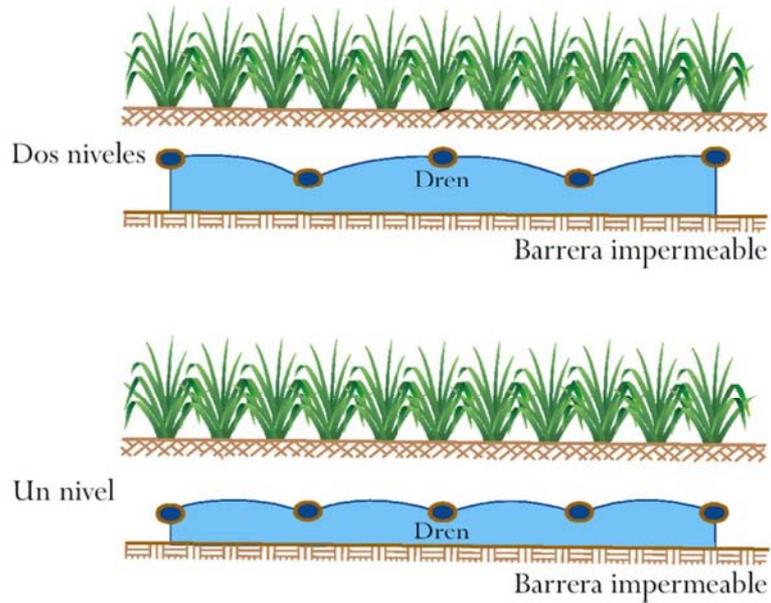
Fuente: Asocaña

**3.2.1.1.8 Riego.** Consiste en la aplicación de láminas de agua en el momento oportuno y en la cantidad requerida para el crecimiento del cultivo. Los requerimientos de agua de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca, por ciclo de cultivo de 13 meses, oscila entre 1000 y 1250 mm. (Torres J., 1995).



Fuente: Cenicaña

**3.2.1.1.9 Drenaje.** El drenaje agrícola se define como la extracción del exceso de agua existente en el suelo. En el cultivo de caña de azúcar, el drenaje es tan importante como el riego porque el exceso de humedad en el suelo reduce el contenido de oxígeno y por consiguiente retarda el desarrollo vegetativo, disminuye la mineralización del nitrógeno y la absorción de agua y nutrientes llegando a disminuir hasta en 40% la producción.



Fuente: Cenicaña

**3.2.1.1.10 Fertilización y nutrición.** La fertilización consiste en la aplicación al suelo de los nutrientes necesarios para el buen desarrollo del cultivo. Se cuenta con una variedad de procedimientos para realizar esta labor pero la más utilizada emplea un implemento abonador que posee brazos roturadores, a través de los cuales incorpora el abono al suelo.



Fuente: Cenicaña

**3.2.1.2 Descripción del proceso agrícola - Cosecha.** Aunque algunos ingenios consideran la concentración de azúcar como una actividad del proceso de campo, se describe esta etapa como punto de partida del proceso de cosecha.



Fuente: Asocaña

**3.2.1.2.1 Concentración de azúcar en el campo,** mejor conocida como etapa de maduración de la caña, asociada con la concentración de sacarosa en los tallos.

Cuando las condiciones naturales no son favorables para la maduración de la caña, ésta se induce por medio de la aplicación de productos químicos. Los madurantes o maduradores son productos químicos, en su mayoría herbicidas del grupo de los reguladores del crecimiento, que favorecen la acumulación de azúcar inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la fotosíntesis.

*Aplicación de madurador:* Consiste en la aplicación, unos dos meses antes del corte, de agentes para disminuir el ritmo de crecimiento, acortar el período vegetativo de la planta y a la vez acelerar la concentración de sacarosa en la caña. Esta práctica se realiza por medio de aplicación aérea, utilizando agentes maduradores siendo los más comunes el glifosato, agentes hormonales y productos bióticos. La aplicación aérea se realiza respetando las franjas de protección establecidas por las autoridades competentes.

**3.2.1.2.2 Precosecha.** En el contexto del proceso de cosecha se entiende como precosecha a la práctica de la quema, que se realiza antes del corte y no al análisis que ejecutan los ingenios sobre la concentración natural de la sacarosa de la caña en el campo para evaluar el índice de maduración, con el fin de establecer el momento del corte.

La quema se realiza en forma programada cuando el contenido de sacarosa es óptimo en la caña, utilizando quemadores manuales o con tractor (lanza - llamas). En los dos sistemas se utiliza como combustible la mezcla de ACPM y gasolina.

Las quemas se realizan en las suertes, las cuales se dividen en tablones (áreas de cultivo entre tres y seis hectáreas), separados por callejones de unos 8 metros de ancho, que sirven como corredores cortafuegos y permiten la circulación de la maquinaria. El área máxima permitida por evento de quema es de 6 Ha y la quema tiene una duración aproximada de 15 a 30 minutos en condiciones meteorológicas apropiadas (dirección y velocidad del viento). Por lo general una suerte se quema el mismo día.

Esta práctica se realiza para facilitar el corte de la caña eliminando materia extraña, y riesgos biológicos ocasionados por picaduras de insectos, mordeduras de roedores y serpientes, minimizando así el riesgo de accidentalidad laboral.

### **3.2.1.2.3 Corte, alce y transporte.**

*Corte:* Existen dos tipos de corte: manual y mecánico.

- a) *Corte manual* puede ser: quemado y en verde. El corte de caña quemado se hace por parte de corteros que utilizan dos pases, uno para cortar la base de la caña y otro para cortar el cogollo. La caña es luego colocada en chorras o montones alineados para que luego sea alzada con uñas mecánicas. Un cortero en promedio puede cortar del orden de 5 a 6 ton / día.
- b) *Corte de caña en verde* puede ser sucio o limpio. El corte verde sucio utiliza tres pases, el pase adicional quita algo de hojas. Se arruma de igual forma a la caña quemada. El corte verde limpio, tiene por lo menos dos pases de limpieza para asegurar que se remuevan todas las hojas. Por el trabajo adicional que requiere, el rendimiento del corte se reduce a 2 o 3 t/día.

- c) *Corte mecánico* se puede realizar para caña en verde o caña quemada. Las máquinas cosechadoras cortan un surco por pasada, pican la caña y mediante ventiladores, por diferencia de densidad, la separan de las hojas. El rendimiento está entre 20 y 30 ton / hora. Las hojas quedan esparcidas uniformemente sobre el campo. La cosechadora entrega la caña directamente a vagones, que la reciben picada para transportarla a fábrica.

*Alce y transporte.* La caña cortada manualmente se carga en vagones transportadores utilizando alzadoras mecánicas. Entre menor sea el tiempo que transcurre entre quema, o corte, y fábrica se logra mayor eficiencia en el proceso. Lo ideal es que este tiempo no sea mayor de 36 horas para evitar pérdidas de sacarosa en la planta.

**3.2.1.2.4 Manejo de residuos de cosecha en el campo.** Esta práctica se realiza cuando la caña se corta sin quemar. Aunque la cosecha en verde no está contemplada dentro de la agricultura convencional, se difunde cada vez más como respuesta a los requerimientos legales de no quema.

La alta productividad del cultivo de la caña en Colombia, se refleja en la cantidad de residuos de materia vegetal que quedan esparcidos en el campo después de la cosecha, los cuales alcanzan cifras entre 50 a 100 t/ha.

Para evitar los efectos negativos que estos residuos pueden causar sobre las socas, Cenicaña ha evaluado diferentes alternativas de “arreglo” en el campo. En las dos semanas siguientes al corte, el material vegetal se acomoda o “enchorra” al 2x1, 5x1 o 6x1, dependiendo de la cantidad de residuos. Por ejemplo, un arreglo 2x1 significa que por cada dos entresurcos libres de residuos le sigue un entresurco con los residuos de la cosecha.

Otra opción para el manejo de los residuos en el campo consiste en picarlos e incorporarlos al suelo, con los subsecuentes beneficios sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

### **3.2.2 Alternativas planteadas en el subsector hacia el desarrollo de procesos agrícolas sostenibles.**

Un criterio agronómico que está siendo adoptado en el subsector azucarero colombiano es el de agricultura específica por sitio -AEPS-. Se refiere al uso de paquetes tecnológicos específicos requeridos para el establecimiento, desarrollo y obtención del máximo rendimiento del cultivo de caña de azúcar en función de las características agroecológicas de la zona donde se desea establecer el cultivo. De acuerdo con Isaacs *et. al.*, 2009, *“desde el punto de vista agrícola, la estrategia es promover una cultura de desarrollo específico por sitio que contribuya a acercar la producción real de cada unidad productiva a su potencial”*.

En este contexto, Cenicaña caracteriza las condiciones de las zonas de cultivo, considerando los factores agrológicos y climatológicos, adapta las tecnologías desarrolladas por el Centro de Investigación buscando la optimización de los recursos y promueve y transfiere los conocimientos para su adopción.

Es así como en el subsector se definen las labores de campo de acuerdo con el tipo de suelo; se seleccionan los sistemas de riego y adoptan nuevas tecnologías como el balance hídrico, el surco alterno, la utilización de tubería con ventanas –politubulares-, integrando conceptos de control administrativo del riego, que optimicen el uso del agua haciendo un uso racional del recurso hídrico. Adicionalmente, se seleccionan los fertilizantes o abonos orgánicos y dosifican según los análisis de suelos y tejidos de caña, edad, variedad y número de corte del cultivo.

En cuanto a la aplicación de maduradores, las dosis no exceden un litro por hectárea y en reemplazo de los productos tradicionales son muy utilizados productos bióticos como los abonos foliares.

Entre otras alternativas que está evaluando el subsector con miras hacia la sostenibilidad de los procesos agrícolas, se estudia el cambio del uso de combustibles de fuentes no renovables por energía eléctrica, diesel o gas.

Adicionalmente al manejo del cultivo según la zona agroecológica, se ha establecido el manejo integral de plagas y enfermedades ampliando el criterio inicial que se centraba solamente en el control. El manejo integral de enfermedades parte de procesos de selección de variedades resistentes y el manejo integral de plagas se realiza a través del control biológico, cultural y mecánico, de acuerdo con los niveles de daño económico. El subsector cuenta con laboratorios especializados para la cría de insectos benéficos. El control de malezas se transforma en el manejo integrado de arvenses, el cual consiste en manejar toda planta que compita con el cultivo por espacio, luz y nutrientes.

### **3.2.3 Agricultura más limpia**

Los principales objetivos de la agricultura más limpia son el manejo y conservación de los recursos naturales y la orientación de cambios tecnológicos e institucionales de manera que puedan asegurar la satisfacción de las necesidades humanas de forma continuada para la presente y futuras generaciones. Más concretamente, este desarrollo sustentable se refiere a la preservación del suelo, el agua, y los recursos genéticos animales y vegetales; no degrada al medio ambiente; es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

El proceso de producción de azúcar en el valle geográfico del río Cauca se orienta a la aplicación de la agricultura más limpia, y busca la introducción de las buenas prácticas agrícolas BPA como son el uso racional del agua y del suelo, la fertilización aplicada en función del ajuste de nutrientes en el suelo y la relación suelo - planta, la implementación de técnicas de manejo integral de arvenses, plagas y enfermedades que disminuyen e incluso eliminan el uso de productos agroquímicos, entre otras.

Se entiende por buenas prácticas agrícolas, al conjunto de prácticas para el mejoramiento de los métodos convencionales de producción agrícola, haciendo énfasis en la inocuidad del producto, y el menor impacto de las prácticas de producción sobre el ambiente y la salud de los trabajadores (Osorio C. Guillermo, 2007, Holguín Nicolás, 2010, ICA 2009).

En el subsector azucarero, dentro del criterio de agricultura específica por sitio, las prácticas de cultivo no se generalizan; se definen de acuerdo con los requerimientos de labranza; en un mismo suelo pueden cambiar dependiendo del grado de compactación, profundidad efectiva y distribución de la humedad dentro del perfil. De igual manera, los sistemas de riego y otras prácticas de mantenimiento de cultivo se adaptan y establecen con base en la relación suelo-planta agua y las condiciones ambientales existentes.

A continuación se relacionan los cambios tecnológicos adoptados en diferentes actividades agronómicas, los cuales se enmarcan dentro de las BPA porque propenden por el uso racional de los recursos y el menor impacto ambiental.

Mantenimiento del cultivo. El manejo integral de las enfermedades que afectan el cultivo de la caña de azúcar se basa en la resistencia genética de las variedades obtenidas por Cenicaña, el uso de semilla tratada térmicamente y el establecimiento del manejo integrado de plagas por medio del control biológico como método de control natural de insectos plaga.



Fuentes: Asocaña, Cenicaña

Riego: El subsector azucarero ha establecido prácticas que conducen a la racionalización del uso del agua en el campo y a la optimización de la aplicación del riego reduciendo la demanda sobre el recurso. Las prácticas más establecidas son: tuberías de PVC con ventanas, politubulares, surco alterno con acequias y sifones, diseño de campos, riego por caudal reducido, riego por aspersión, balance hídrico, desarrollo de un sistema de medición continua de caudal en caudales abiertos, establecimiento de caudales de acuerdo con la topografía del terreno, entre otras.

Es así como se ha logrado un aumento de la eficiencia de conducción del agua (de 80% a 93%) mediante el diseño y mantenimiento de canales revestidos y conducciones cerradas por medio de tubería enterrada en PVC; aumentos en la eficiencia de aplicación (pasando de 30 a 45%) por medio del control administrativo del riego (lámina aplicada, tiempo de avance, caudal por surco y eficiencia) y con la implementación de sistemas de riego por surco con ventanas y riego por aspersión en algunas áreas. Adicionalmente, la programación del riego por balance hídrico disminuye el número de riegos aplicado por ciclo de cultivo frente a la agricultura convencional. (Medina Gustavo; Franco Ricardo, 2009).

Por otra parte, en los piedemontes del valle del río Cauca, es común la aplicación del riego por aspersión. Sin embargo, esta es una opción con altos costos de energía que limitan su uso, En su reemplazo se proponen otras formas de riego usando pequeños caudales por surco de 0.1 a 0.3 L/s, con tiempos de avance de 24 horas aplicando láminas entre 100 a 130 mm, en surcos de 100 a 120 m de longitud en terrenos con pendientes mayores del 1%. En esta forma, se han logrado producciones de caña similares a las obtenidas con riego convencional y se reduce el impacto de erosión del suelo (Campos, Armando, et.al., 2009).

Entre las labores agronómicas más comunes que contribuyen a la protección del suelo o a la mitigación del impacto causado por su realización se han establecido las siguientes prácticas:

- Incorporación de residuos de post-cosecha en zonas de renovación.
- Definición y establecimiento de la logística de corte, alce y transporte, en la cosecha, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo como medida de reducción de impacto.
- Encalle en el campo de los residuos vegetales resultantes de la cosecha al 2x1 y hasta el 6x1, dependiendo de la carga. Mejora las condiciones de conducción de agua en el riego, las características microbiológicas del suelo, y contribuye al incremento de la materia orgánica. Los residuos favorecen el control de malezas por sus efectos alelopáticos durante los primeros meses del cultivo.
- La fertilización se aplica con base en análisis de suelos y tejido vegetal, evitando sobredosis en el suelo y toxicidad en el cultivo.

- Uso de abonos orgánicos (cachaza, residuos de caña, vinaza) como fertilizantes alternativos.
- Aplicación de herbicidas de categorías toxicológicas bajas.
- La aplicación de maduradores se realiza considerando las condiciones meteorológicas: velocidad y dirección de vientos, precipitación, franjas protectoras y cultivos vecinos.

Con la incorporación de los residuos de la cosecha al suelo se recicla gran parte de los nutrimentos extraídos que se encuentran en la parte aérea de las plantas, lo que permite mantener los contenidos de materia orgánica y de elementos esenciales para el crecimiento de los cultivos y mejorar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo. De igual manera los residuos dejados en el campo y encallados de acuerdo con el volumen generado en la cosecha en verde, contribuyen a la materia orgánica superficial por su descomposición en el tiempo durante cosechas sucesivas. Con la labor de encalle se consigue, por el efecto alelopático de los residuos, una forma natural de control de malezas especialmente de gramíneas (Quintero Durán, R. 2006; Villegas T., F.; Torres, J.S., 2006).

Para reducir el impacto por compactación del suelo ocasionada por el tráfico de la maquinaria durante la cosecha, se han introducido vagones de autovolteo que transmiten menores cargas al suelo, causa menor esfuerzo y compactación (Rodríguez, L.A. et. al., 2009) y mejorado la logística para el ingreso de equipos a las suertes. También se han reemplazado equipos de cosecha por otros más livianos y efectuado algunos cambios en el sistema de enllantado por otros de mayor flotación.

Respecto a las quemadas, el subsector azucarero busca la reducción de las molestias causadas en las poblaciones por la generación de material particulado, con la introducción de nuevas tecnologías y el fortalecimiento de las existentes: incrementa el alcance de la red meteorológica, implanta el uso de sensores portátiles para la verificación *in situ* de las condiciones de viento y el establece las redes de seguimiento del material particulado, capturadores de pavesas y PM<sub>10</sub> - partículas de diámetro menor o igual a 10 micrones -un micrón es la milésima parte de un milímetro- de la siguiente manera:

- Ampliación de la red meteorológica: de 29 estaciones existentes en el 2002 a 34 en el 2010.
- Establecimiento de la red de capturadores de pavesa, con la instalación de 36 equipos, para el seguimiento del tamaño y densidad del material resultante de las quemas, con cobertura en 25 municipios.
- A partir del 2007, entró en operación la red PM 10 del subsector azucarero, con cinco estaciones. Cenicaña se encarga de su administración.

Entre otras labores agrícolas, se impulsa la adopción de la agricultura específica por sitio, como un sistema de optimización de la asociación variedad, suelo, clima y por lo tanto como criterio de sostenibilidad.

Adicionalmente, el subsector azucarero promueve la capacitación del personal de corte de caña, regadores y la reinducción en la programación de quemas - uso y aplicación del protocolo de quemas.

### **3.2.4 Agricultura Orgánica**

La producción orgánica se refiere a la obtención de alimentos a partir del uso racional de los recursos naturales y de procesos agrícolas e industriales acordes con los ecosistemas, lo que implica excluir productos químicos manufacturados como fertilizantes, plaguicidas o cualquier otro producto sintético. (Victoria J.I., *et al*, 2000)

Es así como la producción de azúcar orgánico parte de la agricultura orgánica con la premisa de mantener el equilibrio natural y cumple con normas internacionales establecidas tanto para la producción de caña como para la elaboración de azúcar.

Para establecer la producción de caña orgánica es necesario tener un período de transición generalmente de 2 a 4 años -período que fija la entidad certificadora-, durante el cual se deben utilizar prácticas agrícolas básicas bajo condiciones orgánicas y de conservación como la rotación de cultivos, fertilización orgánica con abonos como cachaza, cenichaza, vinaza, control de malezas plagas y enfermedades sin uso de agroquímicos y maduración natural inducida con prácticas de agostamiento.

Las principales diferencias entre la agricultura convencional y la agricultura orgánica para la caña de azúcar se presentan en el Cuadro 3.

<b>Cuadro 3. Diferencias entre agricultura convencional y agricultura orgánica para caña de azúcar</b>		
<b>Actividad agrícola</b>	<b>Agricultura convencional</b>	<b>Agricultura orgánica</b>
Tiempo de cultivo	12 a 15 meses	12 a 14 meses
Preparación del suelo	Operaciones de campo necesarias para proporcionar ambiente apropiado para la germinación de la semilla y buen desarrollo del cultivo	Previo a las operaciones de campo es necesario un período de transición entre 2 a 4 años en condiciones orgánicas, de acuerdo con historia de manejo del lote
Siembra	Semilla sana, tratada con productos químicos	Semilla sana, libre de patógenos, no tratada con productos químicos
Fertilización	Uso de insumos químicos	Uso de abonos orgánicos debidamente compostados mediante técnicas permitidas.  Complemento de nutrientes con fertilizantes naturales, ejemplo: nitrato de potasio mineral
Control de malezas	Combinación de métodos manual, mecánico y químico	Métodos manual, mecánico
Control de insectos - plaga	Control biológico	Control biológico
Control de enfermedades	Uso de fungicidas	Uso de variedades resistentes a las principales enfermedades.  No se permite el uso de fungicidas antes de la siembra. Los machetes deben ser flameados para desinfectarlos
Concentración de sacarosa en el campo	Maduración natural o química	Maduración natural
Cosecha	Corte de caña quemada	Corte en verde
Fuentes: Cenicaña, 1995; Victoria, J.I., <i>et. al</i> , 2000.		



Fuente: Asocaña

### **3.3 Procesos industriales para la producción de alimentos**

Son muchos los productos que se pueden obtener a partir del procesamiento de la caña de azúcar. En Latinoamérica los principales productos finales son el azúcar blanco y el refinado.

El proceso fabril para la elaboración de azúcar blanco (Rein P., 2007) inicia con la llegada de la caña a los patios de fábrica, se pesa y se muestrea para determinar la calidad, contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Adicionalmente se registra el tiempo transcurrido entre la quema y la entrada a la fábrica.

La caña se descarga sobre las mesas de alimentación. La limpieza de la caña se puede efectuar a través de lavado o con sistemas que funcionan en seco. Esta práctica tiene por objeto retirar la mayor cantidad de materia extraña. Posteriormente la caña pasa hacia la estación de preparación donde se desfibran los tallos por medio de picadoras o desfibradoras. Luego por bandas transportadoras se conduce al tandem de molienda compuesto por 6 molinos en serie donde se realiza la extracción de la sacarosa

La caña se pasa a través de las dos primeras masas que extraen una gran cantidad de jugo conocido como jugo de primera extracción que representa entre el 60 al 70% del jugo total. Luego el material fibroso pasa por los siguientes molinos. En el último molino se adiciona el agua de imbibición. El jugo del último molino alimenta al anterior y así sucesivamente hasta el segundo molino donde se obtiene el jugo diluido. Al final, el jugo de primera extracción y el jugo diluido se mezclan (jugo mezclado). Este jugo se filtra para retirar el bagacillo y se bombea a un tanque de pesaje.

El bagazo se conduce a una a una unidad de almacenamiento denominada bagacera. El bagazo es utilizado como combustible para la generación de vapor y como materia prima para la elaboración de papel.

El jugo diluido se pasa por una torre de sulfitación para generar un efecto bacteriostático y ayudar a reducir la viscosidad. Posteriormente, se le ajusta el pH en caliente, para elevarlo a 7.3-7.5 y enviarlo a los clarificadores donde se adiciona ácido fosfórico y floculante para retirar las impurezas, las cuales se retiran por sedimentación. Los lodos de los clarificadores se mezclan con bagacillo y forman la cachaza, que es separada utilizando filtros rotatorios al vacío donde se forma una torta, la que posteriormente se lleva al campo como acondicionador de suelos. El jugo filtrado se envía nuevamente a un clarificador donde se adiciona ácido fosfórico, cal y floculante para retirar las impurezas. Las impurezas son retiradas y retornadas a la corriente de lodos del primer clarificador. El jugo filtrado limpio se extrae del fondo y se mezcla con el jugo del clarificador que va a los evaporadores. Vale la pena anotar que, con la puesta en marcha de los clarificadores del SRI; en especial los de segunda generación, la práctica de clarificar el jugo filtrado se ha descartado, dado que su calidad es aceptable, se envía directamente al tanque de jugo mezclado.

El jugo mezclado de caña tiene una concentración inicial de 15° Brix. La concentración teórica de sacarosa debe llegar al punto de máxima solubilidad (72° Brix) antes de que pueda comenzar el proceso de cristalización; sin embargo, los valores alcanzados en el subsector se encuentran entre 58 y 65° Brix. Esto implica la remoción por evaporación de más del 90 % de agua del jugo de la caña. Se hace a través de un evaporador de múltiple efecto que combina el efecto de temperatura y presión para optimizar el uso de energía. El resultado neto aproximado es que un 1kg de vapor puede evaporar 4 kg de agua. El vapor utilizado proviene del escape de las turbinas. Al jugo concentrado se le denomina meladura.

La meladura se purifica en un clarificador. Se le adiciona nuevamente ácido fosfórico, floculante y cal. Se precalienta para disminuir la viscosidad. Los lodos se envían al sistema de lodos del primer clarificador. Los condensados se utilizan en otros procesos en la fábrica.

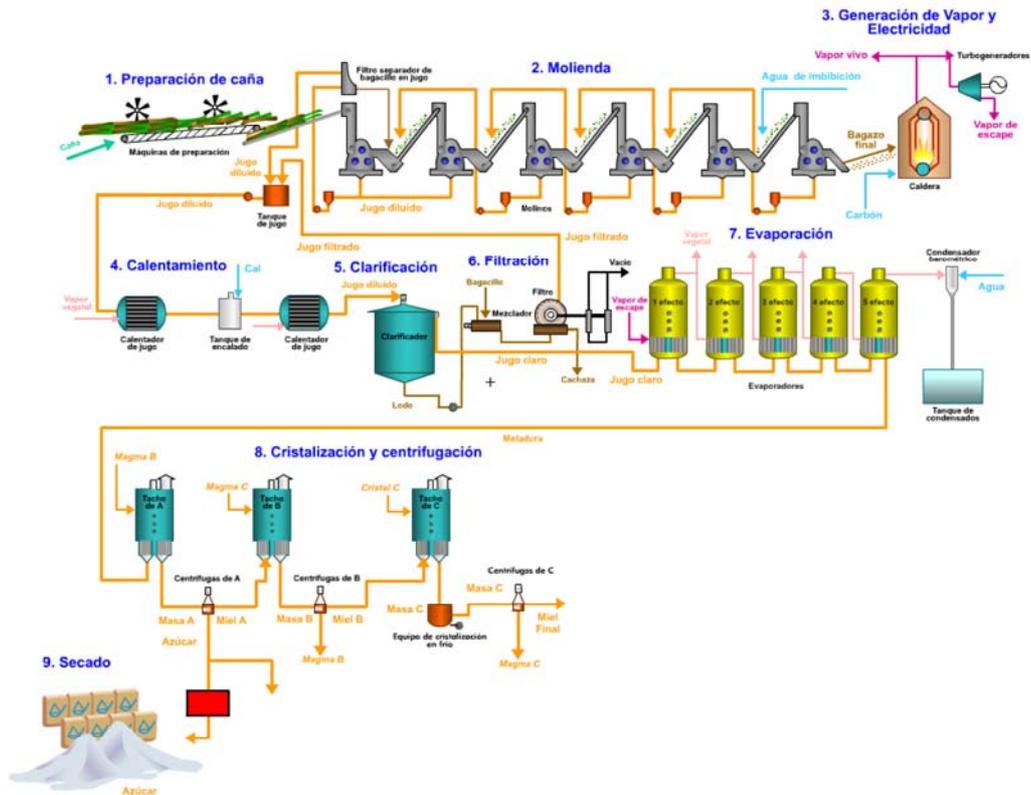
El proceso de cristalización de la sacarosa se hace en tandas, en una serie de tachos de simple efecto operados al vacío, donde se cristaliza la sacarosa y se forma la masa (mezcla de cristales y meladura o miel). El cristal de azúcar se hace inyectando una semilla a una meladura sobresaturada de azúcar. Los núcleos cristalinos formados, crecen en el tacho. Se va agregando meladura de los evaporadores según se evapora el agua con el fin de mantener un nivel de sobresaturación. Los cristales y la meladura forman una masa densa conocida como masa cocida. La templa (el contenido del tacho) se descarga luego por medio de una válvula de pie a un tanque mezclador o cristalizador.

Por medio del proceso de centrifugado se separa el grano (azúcar) del líquido (miel) de las plantas. Después de un giro inicial corto, el azúcar se lava con agua caliente para eliminar residuos de miel. La masa del primer tacho, masa A, al pasar por la centrífuga produce el azúcar A y la miel A. La miel A pasa al segundo tacho donde vuelve a cristalizarse formando la masa B que a su vez se vuelve a separar en las centrífugas. La miel B pasa al tercer tacho donde se repite el proceso. La miel, después de separar los granos de la masa C, se llama miel final (melaza) y se comercializa como alimento animal, como materia prima en la producción de alcohol etílico o como materia prima en otros procesos industriales.

El azúcar se pasa a través de una secadora en donde se introduce aire caliente en contracorriente con el fin de disminuir la humedad por debajo del 0.1. Los residuos que se generan (eg. terrones) se disuelven y se envían de nuevo al proceso. El azúcar seco se transporta por medio de un sistema aséptico a las tolvas de almacenamiento. El empaque depende de las exigencias del mercado y se ofrecen diversas presentaciones. Se emplean sacos de papel kraft o polietileno. El almacenamiento se hace empacado o a granel. El azúcar empacado o a granel se almacena en bodegas en un ambiente libre de humedad; si se controla la humedad y la temperatura ( $< 30^{\circ}\text{C}$ ) durante el almacenamiento, no es un producto perecedero. El azúcar se clasifica de acuerdo con su pureza - contenido de sacarosa expresado como porcentaje del total de sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) presentes en el producto.

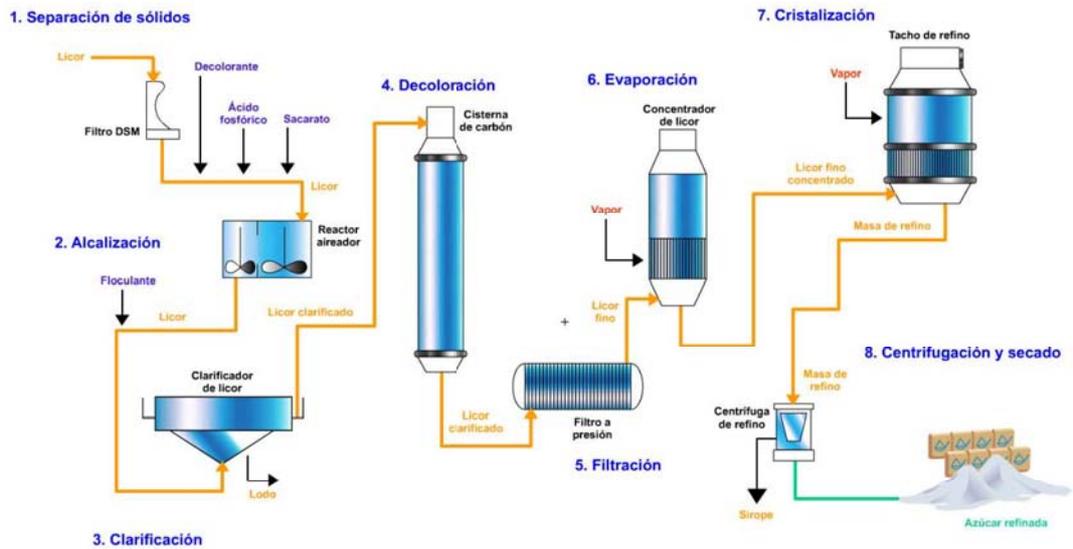
El azúcar refinado se obtiene a partir del azúcar de primera calidad retenido en las mallas de las centrífugas conocido como azúcar A. Este azúcar se disuelve con agua caliente y recibe el nombre de licor, el cual se envía a la refinería para continuar el proceso. Las impurezas que el licor pueda contener se eliminan por adición de cal, ácido fosfórico y otros ayudantes de clarificación y se pasa por un segundo (ó tercero pues se clarificó el jugo y la meladura) proceso de clarificación por flotación con aire comprimido. Se eleva la temperatura para disminuir la viscosidad y hacer más eficiente el proceso. El licor clarificado no tiene turbidez, sin embargo, es oscuro, por lo que es decolorado en cisternas que contienen carbón orgánico granulado que remueve por adsorción los compuestos coloreados presentes.

Este licor clarificado y decolorado se cristaliza de nuevo en un primer tacho de refinado. El sirope que resulta de este proceso, pasa a un segundo tacho y el sirope 2 pasa a un tercer tacho. El azúcar refinado Alta Pureza se lava con vapor y agua caliente, se seca con aire, se clasifica según el tamaño del cristal y se almacena en silos para su posterior empaque. Los terrones se devuelven al inicio del proceso de refinación. (Rein P., 2007; Manuelita S.A. División azúcar. Consulta noviembre de 2010). (Ver Gráficos 2 y 3).



Fuente: Cenicaña

Gráfico 2. Proceso industrial de Elaboración de Azúcar



Fuente: Cenicaña

Gráfico 3. Proceso industrial, Refinería

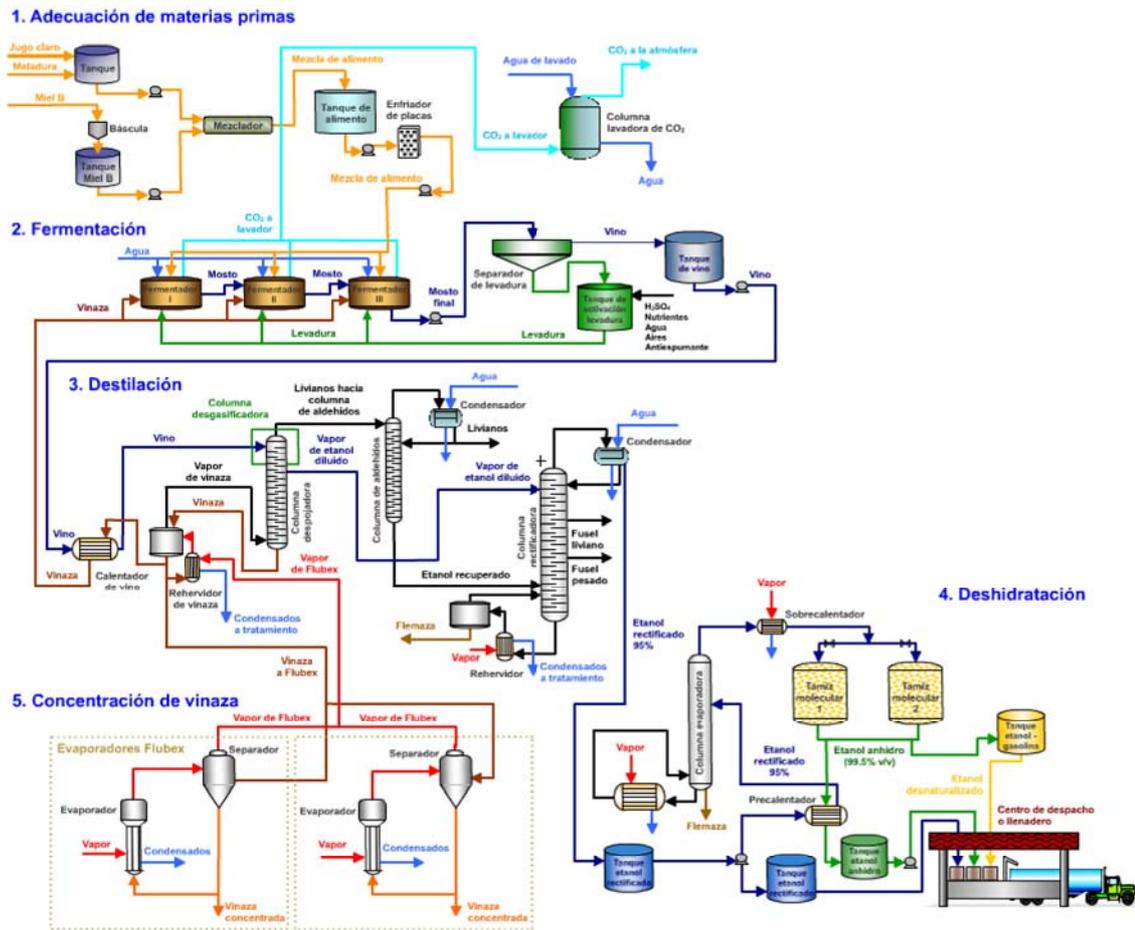
### 3.4 Proceso industrial para la producción de etanol

Desde el comienzo de esta década, la producción mundial de etanol ha crecido rápidamente impulsada por su mayor uso como combustible. Por ejemplo, en 2001, el 42% de la producción de etanol del mundo estaba dirigida a las bebidas, los cosméticos y a la industria química mientras que en el 2008, esta cifra bajó a solo 20%; el 80% restante se utiliza como combustible (bioetanol). De hecho, la producción de bioetanol aumentó de 18.000 millones de litros en 2001 a un estimado de 66.000 millones de litros en 2008. El etanol es actualmente la principal alternativa de combustible líquido y *el etanol obtenido de caña de azúcar es el único que no compromete fuentes alimenticias e induce una reducción significativa del efecto invernadero.* (Torres, A. & Almazán, O., 2010).

Los oxigenantes se utilizan básicamente por dos razones: la primera es la racionalización en el consumo de combustibles, especialmente si proviene de fuentes no renovables y hacen más eficiente la conversión de energía térmica en energía mecánica (Calero Claudia X., et al. 2000); y la segunda, es la reducción de gases de efecto invernadero, GEI.

El uso de gasolina y 10% etanol, mezcla conocida como E10, incrementa en 3 unidades de octano la gasolina corriente y en 2 unidades la gasolina extra; tiene menor contenido de contaminantes (aromáticos, azufre, olefinas, etc), genera menor emisión de contaminantes por tubo de escape (material particulado, humos, CO, hidrocarburos sin quemar, óxidos de azufre, etc) y adicionalmente, el etanol es biodegradable (Asocaña, 2005).

El proceso de producción de alcohol al igual que el proceso de elaboración del azúcar, tiene en común el cultivo de la caña a partir del cual se obtienen los jugos o mieles usados como materias primas; comprende las siguientes etapas (Ver Gráfico 4).



Fuente: Cenicaña

**Gráfico 4. Diagrama esquemático para la producción de alcohol**

La tecnología de producción de etanol establecida en el sector comprende las siguientes características: (1) el uso de una levadura resistente a concentraciones de sólidos, con procesos de propagación, separación y recirculación y/o reactivación; (2) proceso de fermentación continuo con recirculación de levadura, (3) recirculación y concentración de la vinaza dentro del proceso productivo generando una menor cantidad del efluente; el cual, por sus características puede ser utilizado como fertilizante y (4) la tecnología de deshidratación del etanol usa materiales adsorbentes de larga vida útil de menor impacto ambiental, cuando se compara con los métodos convencionales de destilación azeotrópica que usan ciclohexano, benceno o etilen glicol.

### **3.4.1 Pre fermentación o acondicionamiento de la materia prima.**

Proceso en el que se mezclan y preparan las materias primas (jugo claro, meladura y miel B) para que la mezcla de alimento resultante cumpla con las especificaciones requeridas en la fermentación (contenido de azúcares, sólidos y temperatura).

### **3.4.2 Fermentación.**

Proceso bioquímico, efectuado en ausencia de oxígeno por las levaduras, en el que los azúcares presentes en la mezcla de alimento son transformados en etanol y dióxido de carbono, principalmente. En esta etapa se deben manejar condiciones específicas de temperatura, pH, concentración de azúcares y nutrientes para el desarrollo y buen desempeño de las levaduras.

Una vez finalizada la reacción, la levadura se separa por sedimentación en la cuba de fermentación y recircula al proceso; el “vino” (7al 8% v/v de alcohol) se envía a la destilería y el gas carbónico pasa al lavador de gases antes de ser recuperado o salir a la atmósfera.

La levadura es resistente a concentraciones de sólidos; y se somete a procesos de propagación, separación y recirculación y/o reactivación.

### **3.4.3 Destilación.**

Consiste en la separación de los componentes del vino en sus constituyentes primarios, mediante diferencias de puntos de ebullición. Los componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y los menos volátiles quedan en el residuo líquido.

Este proceso se puede diferenciar en diferentes etapas: despojamiento (depuración) o evaporación del “vino” rectificación y deshidratación.

#### **3.4.4 Despojamiento.**

En esta etapa se separa el alcohol con una concentración entre 40 – 45% v/v y vinaza. El alcohol continúa a la columna rectificadora; parte de la vinaza recircula al proceso de fermentación y la restante se concentra en evaporador(es) Flubex (25% - 60% de sólidos) haciendo útil su manejo como fertilizante.

#### **3.4.5 Rectificación.**

Es la etapa donde se reciben los vapores hidroalcohólicos provenientes de la columna despojadora llevándolos a una concentración en etanol del 95% v/v.

Durante esta etapa se separan mezclas de alcoholes conocidas como fusel alto (rica en propanol) y fusel bajo (alcoholes isoamílicos). El fusel recuperado puede emplearse, entre otros usos, como fuente combustible para calderas aprovechando su poder calorífico cercano a 10.200 kcal./kg., o ser sometido a procesos de separación de cada uno de los principales componentes para ser comercializados (Acevedo, Astrid C., et.al., 2005; Rodríguez, M.D. 2002).

Como producto de fondo se obtiene un producto llamado flemaza conformado principalmente por agua, alcoholes y ésteres de alto peso molecular. Con el fin de reducir la carga orgánica, a los límites permitidos para su vertimiento a un cuerpo de agua, la flemaza más los condensados se tratan en una planta de tratamiento tipo UASB -reactor anaeróbico-. Los gases de metano resultantes se queman y el efluente del reactor se dirige hacia lagunas de estabilización.

#### **3.4.6 Deshidratación.**

Etapa del proceso de producción de etanol en la que se busca obtener un producto de elevada concentración de etanol (> 99.5 % v/v) retirando el agua remanente, mediante adsorción por tamices moleculares. Los tamices moleculares se regeneran durante el proceso y están diseñados para un tiempo de vida útil de 10 años.

### **3.4.7 Desnaturalización.**

Es el proceso mediante el cual se mezcla el etanol con gasolina como desnaturalizante. Cabe anotar que el etanol anhidro combustible desnaturalizado debe cumplir con lo establecido en la Tablas 1B señaladas en la Resolución 1565 del 27 de Diciembre de 2004 o aquellas normas que la modifiquen, adicionen o deroguen.

### **3.4.8 Concentración de vinaza.**

Es la etapa de tratamiento de la vinaza producida en la columna despojadora; se realiza por medio de evaporadores Flubex, equipos en los que se concentra la vinaza desde 8% y 15% hasta 25% a 60% de sólidos mediante evaporación del agua contenida en la corriente. Utiliza como fluido calefactor el vapor de escape de calderas.

En el caso de la industria azucarera del valle geográfico del río Cauca, debido a la tecnología de recirculación y concentración de la vinaza (Acevedo, Astrid C., et.al., 2005) y a los controles ambientales incluidos en el proceso de producción de etanol, se obtienen entre 0,8 hasta máximo tres litros de vinaza por cada litro de alcohol frente a 10 - 14 litros de vinaza generados en otros países con otras tecnologías (Asocaña, 2010<sup>(2)</sup>). El uso de la vinaza como fertilizante rico en materia orgánica, potasio y elementos menores. (Sucromiles, 2004) está reglamentado en las Licencias Ambientales emitidas por las Autoridades Ambientales del área de influencia de las plantas de producción de etanol.

## **3.5 Proceso industrial de cogeneración de energía**

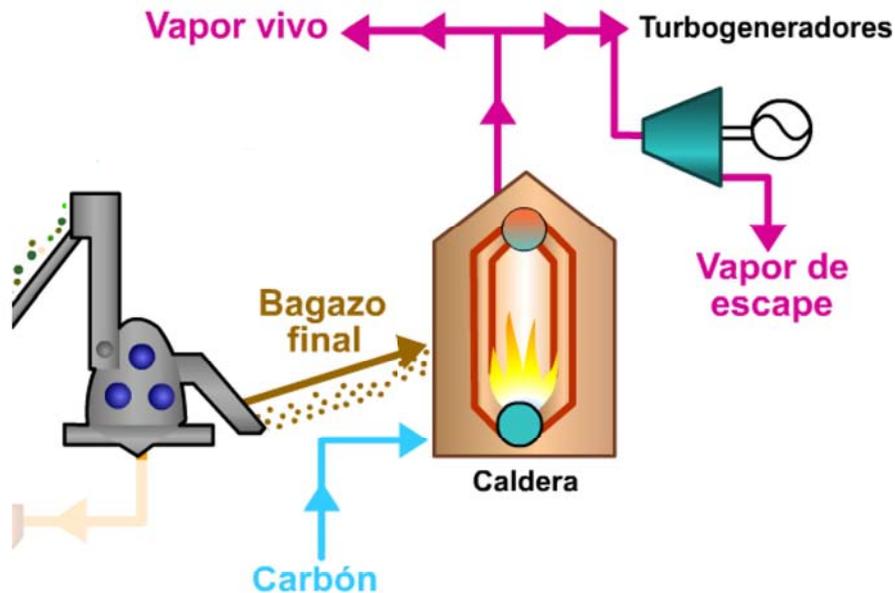
Se define la cogeneración como la producción y aprovechamiento conjunto de energía eléctrica y energía calorífica a partir de una fuente de energía primaria. El calor se aprovecha para generar energía térmica útil. Este proceso contribuye al ahorro energético y disminuye los niveles de contaminación. Su eficiencia se fundamenta en el aprovechamiento del calor residual en la producción de electricidad.

La cogeneración se presenta actualmente como una alternativa real de mejoramiento de la eficiencia y productividad energética para los ingenios colombianos. La cogeneración de energía a partir de bagazo o de materias primas renovables, además de ser una gran oportunidad para diversificar la oferta energética del país, es un proceso amigable con el ambiente (Aguirre Ortíz, C.A., et al., 2009).

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), autoridad ambiental regional, emitió el Concepto 0660-05-88650-2008 de abril de 2008, en el que menciona lo siguiente: *En una termoeléctrica convencional, de un 100% de energía contenida en un combustible sólo el 33% se convierte en energía eléctrica; el resto se pierde, mientras que en los sistemas de cogeneración se aprovecha el 84% de la energía contenida en el combustible para la generación de energía eléctrica y calor para otros procesos (25-30% eléctrico y 59-54% térmico). En consecuencia, la cogeneración se incluye en los programas de uso eficiente de la energía primaria conformada por el petróleo, el gas natural y el carbón mineral, reduciendo, por lo tanto, el consumo de combustibles no renovables*". (Asocaña, 2010 <sup>(2)</sup>).

Los generadores de vapor o calderas son los equipos de mayor valor económico existentes en un ingenio azucarero o sucro – alcohólico; su importancia radica en su tarea de convertir la energía química contenida en el combustible, generalmente bagazo, en energía térmica en forma de vapor, la cual es utilizada para mover los turbogeneradores y turbinas de accionamiento mecánico en las áreas de preparación y molienda de caña. Adicionalmente, la energía eléctrica se genera en los turbogeneradores del Ingenio. Las etapas del proceso de cogeneración se presentan en el Gráfico 5.

Las principales ventajas a destacar de esta tecnología son: 1) Alta eficacia, lo que significa menor consumo de combustible y menores emisiones de CO<sub>2</sub> y óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que el petróleo o el carbón y por ende, una contribución al desarrollo sostenible. 2) Significa menos pérdidas en la red eléctrica, debido a que las instalaciones suelen estar más cerca del punto de consumo, facilitando así una generación más distribuida. (Opex Energy, 2010)



Fuente: Cenicaña

**Gráfico 5. Proceso industrial de Cogeneración de energía**

### 3.6 Buenas prácticas de manufactura - BPM

Las Buenas Prácticas de Manufactura, BPM, corresponden a un conjunto de principios básicos cuyo objetivo es garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción y distribución. En Colombia, las buenas prácticas de manufactura –BPM- para alimentos están reguladas por el Decreto 3075 de 1997 y vigiladas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos -INVIMA-.

Dentro de los requisitos exigidos por las BPM, en el subsector azucarero colombiano se destacan: el Control de Calidad de materias primas y producto terminado; el Programa integrado de residuos sólidos y líquidos, el de clasificación de basuras y los Programas de capacitación ambiental ofrecidos tanto para funcionarios como para los trabajadores externos y sus familias.

La Universidad del Valle ha acompañado al Subsector Azucarero en el diagnóstico y formulación de proyectos que contribuyan al logro de la Certificación en Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- y Gestión de Inocuidad -HACCP-, siguiendo la metodología que se muestra en el Gráfico 6. Es así como todos los ingenios priorizaron sus actividades y avanzan en la aplicación de estrategias para su implementación.



Fuente: Escobar V., Miriam. UNIVALLE, 2006

**Gráfico 6. Metodología seguida por Univalle y subsector azucarero en la implementación de BPM y HACCP.**

En cuanto al establecimiento de las BPM y HACCP en el subsector azucarero, se presentan en los Gráficos 7 y 8 las fases contempladas y las condiciones requeridas para su implementación.

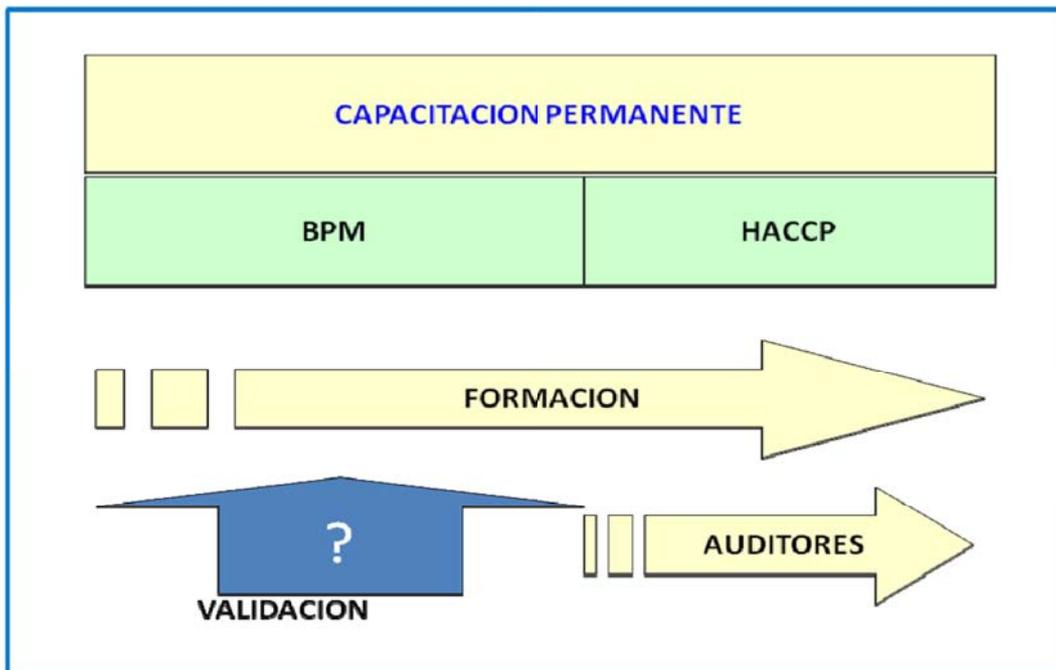
Dentro de ese contexto, los ingenios han desarrollado las siguientes fases del Sistema de Inocuidad HACCP: Autodiagnóstico y validación; Diseño sanitario con la definición de áreas del proceso prioritarias, aislamiento del medio ambiente, limpieza, desinfección y mantenimiento. El subsector se encuentra en la etapa de adecuación y construcciones para el diseño sanitario de las áreas priorizadas según la infraestructura existente en cada una de las plantas de producción.

Se han diseñado programas de capacitación en HACCP tanto para técnicos como para operadores de las fábricas de azúcar.



Fuente: Escobar V., Miriam. UNIVALLE, 2006

**Gráfico 7. Establecimiento de BPM y HACCP en el subsector azucarero**



Fuente: Escobar V., Miriam. UNIVALLE, 2006

**Gráfico 8. Condiciones para el establecimiento de BPM y HACCP en el subsector azucarero**

Por otra parte, *toda fábrica debe tener una forma de controlar y asegurar la calidad de los alimentos de una manera preventiva en todas las etapas del proceso. Los procedimientos de control deben prevenir defectos inevitables y reducir los defectos naturales o inevitables, a niveles tales que no representen riesgo para la salud. Estos controles varían según el tipo de alimento y necesidades de la empresa. Adicionalmente, se deberá rechazar todo alimento que no sea apto para el consumo humano* (MEGA, Modelo empresarial de gestión agroindustrial). En el caso del subsector, la calidad de los alimentos y de los subprocesos se respalda con la Certificación de Calidad ISO 9000 y los Sellos de Producto de las fábricas de elaboración de azúcar,

En cuanto al almacenamiento del azúcar en bodegas, se cumple con lo especificado en las BPM: 1) Mantener el espacio limpio e identificar los productos, 2) Usar estibas para almacenar los alimentos y evitar su contacto con el suelo, 3) Identificar y registrar los productos devueltos.

De igual manera, durante el transporte, distribución y comercialización del azúcar se evita la contaminación y proliferación de microorganismos y se protege la calidad del producto de alteración y daños en el envase, manteniendo los controles de tiempo y temperatura requeridos.



Fuente: Asocaña

## 4 Planificación y gestión ambiental

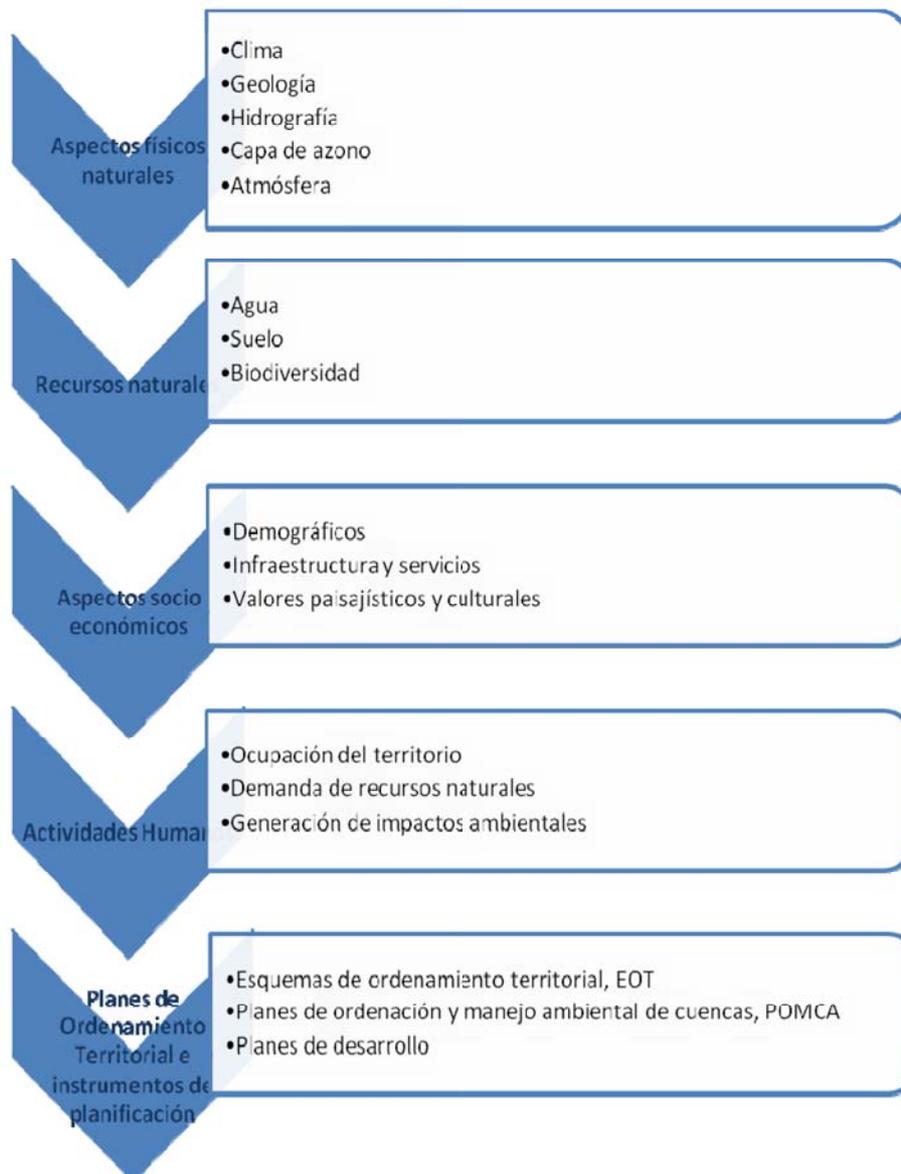
En este capítulo se presentan algunos aspectos a tener en cuenta para la planificación y gestión ambiental en el cultivo de caña de azúcar y en los procesos agroindustriales antes mencionados.

### 4.1 Rutas para la planificación y gestión ambiental

La planificación y gestión ambiental comprenden el conjunto de lineamientos básicos conducentes al manejo del sistema ambiental; se refieren a la búsqueda de la armonía de las relaciones entre el hombre y su entorno físico y social para lograr el desarrollo cuyo objetivo sea la satisfacción de las necesidades humanas básicas, a través del manejo racional de todos los recursos disponibles, con criterio de equidad y máxima participación de la población, (Bennett S.W., 2005). Cada predio hace parte de un manejo global de recursos y modelo regional que debe seguir las pautas establecidas en la planificación y ordenamiento territorial.

Dicho de otro modo e incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, la planificación y gestión ambiental se resumen en el desarrollo de estrategias mediante las cuales se organizan las actividades antrópicas que afectan al ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.

La **planificación ambiental** asociada a la formulación de un proyecto productivo parte del reconocimiento del estado de los recursos naturales, de la oferta y demanda de los recursos hídricos, el manejo de cuencas, el uso del suelo, de aspectos socioeconómicos como la planificación del territorio, planes de ordenamiento territorial y otros instrumentos de planificación como es el caso de los Planes de Ordenación y Manejo Ambiental de Cuencas – POMCAs, la identificación de las comunidades y asentamientos humanos establecidas en la región, infraestructura y recursos y del cumplimiento del marco regulatorio ambiental. (Ver Gráfico 9)



**Gráfico 9. Algunos aspectos a considerar en la planificación ambiental**

La **gestión ambiental** por su parte, corresponde a un proceso orientado al "cómo hay que hacer" para lograr el desarrollo sostenible, es decir, conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del ambiente.

En el Gráfico 10, se relacionan los criterios que comprende el proceso de planificación del subsector azucarero.



**Gráfico 10. Componentes de la planificación ambiental en el subsector azucarero**

La gestión ambiental integra la planeación y las acciones a ejecutarse por la parte operativa de un proyecto productivo y las directrices, lineamientos y políticas formuladas desde los entes rectores, los cuales incluyen entre otros, a la política y normatividad ambiental y la identificación y evaluación de impactos ambientales (Avendaño G., 2007, Red de desarrollo sostenible de Colombia, 2010).

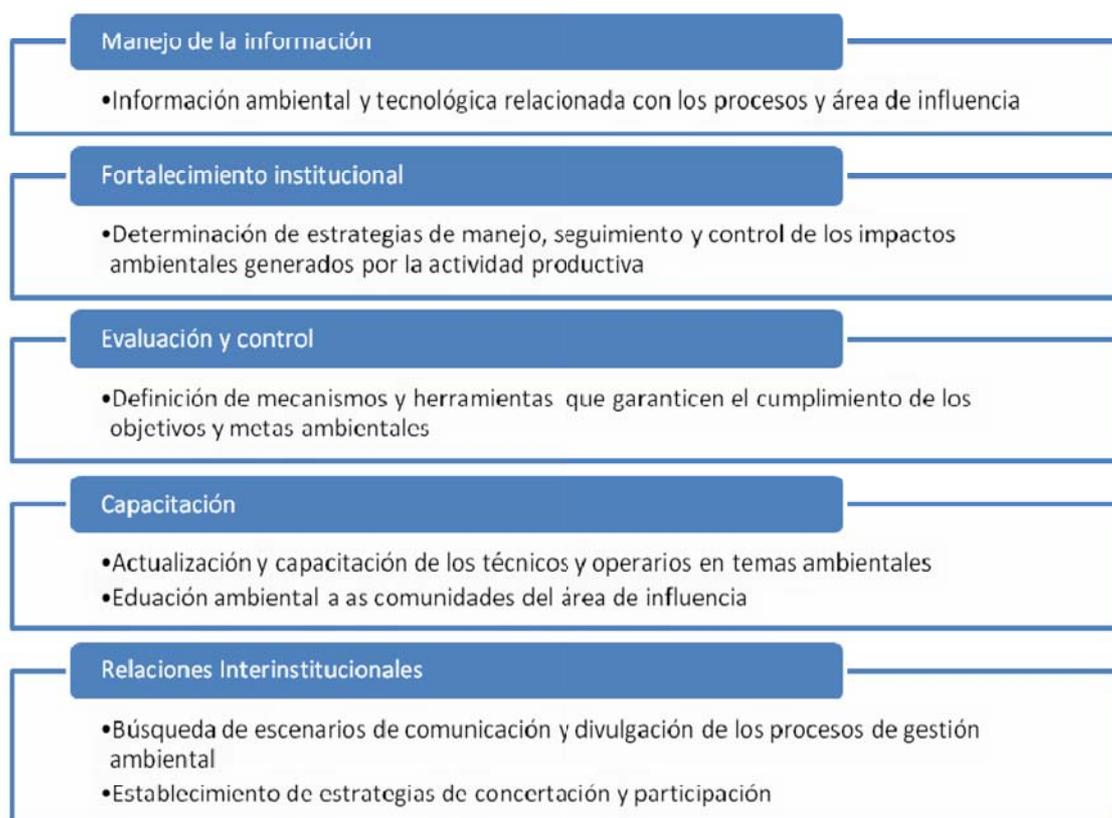
La definición y mantenimiento de un sistema de gestión ambiental se basa fundamentalmente en el modelo PHVA, Planear, Hacer, Verificar y Actuar y en los lineamientos dados por la Norma ISO 14001, 2004.

Dentro de los objetivos prioritarios del sistema de gestión ambiental del subsector azucarero se tienen los siguientes:

- Sentar las bases del ordenamiento territorial con el propósito de obtener la zonificación ambiental del entorno

- Preservar y proteger las áreas que ameriten medidas especiales de protección
- Evaluar del desempeño ambiental de los procesos y el cumplimiento de la legislación aplicable.
- Establecer planes de manejo, mitigación y prevención de los impactos ocasionados por las actividades de los procesos productivos y definir objetivos y metas ambientales
- Adelantar programas y actividades de concientización y educación ambiental

El Gráfico 11, resume algunos principios considerados en el sistema de gestión ambiental del subsector azucarero.



**Gráfico 11. Principios comprendidos en el sistema de gestión ambiental del subsector azucarero**

Los procesos de planeación y gestión ambiental además de ser estratégicos, deben ser dinámicos y evolutivos, de tal manera que se busque el mejoramiento continuo para obtener productos de buena calidad teniendo en cuenta la sostenibilidad ambiental (Asocaña et. al., 2002).

## **4.2 Marco jurídico**

Todo el proceso de planeación y gestión ambiental está enmarcado dentro de una legislación global ambiental y otra específica para cada subsector productivo.

De esta legislación hacen parte la Constitución Política Nacional como marco general, las leyes del Congreso de la República y los decretos y resoluciones expedidos por las distintas entidades gubernamentales según el tema de su jurisprudencia, así como, los acuerdos internacionales ratificados en materia ambiental. Adicionalmente existen normas voluntarias para el subsector que responden a exigencias del mercado y de las comunidades nacionales e internacionales interesadas en la conservación de los recursos naturales y en la promoción de sistemas sostenibles de producción agrícola y agroindustrial.

En este contexto, dentro de los elementos de planificación se cuenta con los Planes de Ordenamiento Territorial -POT, Esquemas de ordenamiento territorial -EOT, Planes de Ordenación y Manejo Ambiental de Cuencas – POMCA y Planes de Desarrollo.

En el Anexo I, se relacionan algunas normas aplicables al sector azucarero, vigentes en el 2010.

## **4.3 Selección del modelo agroindustrial azucarero**

Cuando se hace referencia a la agroindustria, se entiende como un sistema dinámico resultante de la combinación de dos procesos productivos, el agrícola y el industrial. Este sistema cubre desde las materias primas producidas en el campo hasta procesos de transformación en los productos finales y posterior comercialización.

El modelo agroindustrial azucarero colombiano comprende tanto el establecimiento y desarrollo del cultivo, como la cosecha y la obtención de azúcar, alcohol y cogeneración de energía como productos finales.

Dado que la producción de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca se orienta a la aplicación de la agricultura más limpia y busca la introducción de las buenas prácticas agrícolas BPA, se deben considerar dos escenarios para la selección del modelo productivo: uno, cuando se establece un nuevo cultivo o se renueva una plantación y el segundo, relacionado con el mantenimiento del cultivo durante su ciclo productivo.

#### **4.3.1 Modelo agrícola para nuevos cultivos de caña.**

Cuando el cultivador -ingenio o proveedor- de caña de azúcar se prepara para sembrar un nuevo cultivo o renovar una plantación, debe considerar una serie de pasos que le permitan obtener una cosecha económica y ambientalmente sostenible.

- a) Como punto de partida, para el establecimiento de un cultivo de caña de azúcar por primera vez, es importante hacer un reconocimiento del entorno que cubra tanto la geografía, topografía y biodiversidad de la zona, como la existencia y disponibilidad de fuentes de agua superficiales y subterráneas; caracterizar el terreno para conocer las propiedades físicas y químicas del suelo y verificar la existencia o no de poblaciones cercanas al área de influencia.
- b) Dentro del entorno es indispensable interactuar con el sector cañicultor y azucarero y conocer las tendencias de la industria.
- c) Una vez identificadas todas las características anteriores, se procede a seleccionar el terreno y elegir las técnicas de adecuación y preparación del suelo para proporcionar las condiciones propicias para el establecimiento del nuevo cultivo.
- d) Con base en el concepto de agricultura específica por sitio, se selecciona la semilla de la variedad que mejor se adapte a las condiciones de la zona agroecológica seleccionada y define la época de siembra.
- e) En relación con el mantenimiento del cultivo, es necesario definir el sistema de programación de riegos en función de las condiciones de humedad del suelo y necesidades del cultivo, y de igual manera determinar las necesidades de fertilización dependiendo de los resultados nutricionales obtenidos con análisis de suelos y tejidos.

- f) En cuanto al control de malezas, plagas y enfermedades, es fundamental revisar las alternativas de manejo integrado para cada una de ellas.
- g) La cosecha se define de acuerdo con la maduración de la caña, la cual está en función de la edad de variedad seleccionada, el manejo del cultivo y las condiciones climáticas.
- h) Adicionalmente, se debe considerar el marco legal aplicable a cada una de las fases relacionadas e identificar los aspectos e impactos ambientales del proceso productivo con el propósito de afianzar los positivos y definir alternativas para su prevención, control o mitigación en el caso de los negativos.
- i) Por último, es necesario definir mecanismos de seguimiento del sistema agrícola nuevo como proceso productivo integral: económico, social, ambiental.

#### **4.3.2 Modelo agrícola para un cultivo de caña ya establecido.**

La planificación y gestión ambiental de un proceso agrícola de caña radicado considera la misma ruta descrita para un nuevo cultivo o para la renovación de una plantación con excepción del análisis exhaustivo del entorno; comprende: i) la determinación de las técnicas de preparación de suelos, ii) métodos de manejo de malezas, plagas y enfermedades, iii) selección de los sistemas de riego, iv) aplicación de fertilizantes y v) definición de la cosecha.

En este modelo productivo, también es conveniente obtener información global del subsector para ser utilizada en la toma de decisiones a nivel general y que sirva de retroalimentación para la solución de problemas particulares y conocer el estado ambiental y tecnológico del subsector azucarero.

Durante el desarrollo del cultivo es importante definir y adoptar las buenas prácticas agrícolas (BPA) que no se habían contemplado al inicio del cultivo y establecer las ya evaluadas en zonas de posible implementación.

## 4.4 Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales

En esta sección se presentan diferentes modelos conceptuales usados para la identificación y evaluación de los aspectos e impactos ambientales asociados a la ejecución de un proyecto, obra o actividad y se especifica el adoptado por el subsector de la caña de azúcar.

Los métodos de identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales se clasifican en tres grupos, así: 1) Modelos de identificación (listas de verificación causa - efecto ambientales, cuestionarios, matrices causa-efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo, otras), 2) Modelos de previsión (empleo de modelos complementados con pruebas experimentales y ensayos “in situ”, con el fin de predecir las alteraciones en magnitud), y 3) Modelos de evaluación (cálculo de la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos), (Peláez J.D., 2010).

### 4.4.1 Modelos de identificación de aspectos e impactos ambientales.

Los modelos de identificación se clasifican de manera general en listas de control, matrices de interacción causa – efecto y diagramas de redes como una variación de las matrices de interacción.

**4.4.1.1 Listas de chequeo, control o verificación.** Son relaciones categorizadas o jerárquicas de factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por un proyecto o actividad específica. Según Canter, Larry, W. (1999), se pueden clasificar en cuatro tipos:

1. **Simples:** Analizan factores o parámetros sin ser estos valorados o interpretados.
2. **Descriptivas:** Analizan factores o parámetros y presentan la información referida a los efectos sobre el medio.
3. **De verificación y escala:** Incluyen, además de lo anterior, una escala de carácter subjetivo para la valoración de los efectos ambientales.
4. **De verificación, escala y ponderación:** Introducen a las anteriores unas relaciones de ponderación de factores en la escala de valoración.

Los dos tipos de listas –simples y descriptivas- proporcionan un enfoque estructurado para la identificación de impactos y factores ambientales concernidos en el marco ejecutivo de una evaluación de impacto ambiental.

**4.4.1.2 Métodos matriciales.** Son técnicas bidimensionales que relacionan acciones con factores ambientales; son básicamente de identificación.

Los métodos matriciales, se conocen también como matrices interactivas causa-efecto. La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se espera que una acción determinada ocasiona un cambio en un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, y se describe además en términos de su magnitud e importancia (Canter, L.W., 1999). Uno de los métodos matriciales más conocido es el de la matriz de Leopold, desarrollado en 1971 para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América.

**4.4.1.3 Redes.** Las redes representan un avance en relación con las técnicas anteriores, ya que establecen relaciones de tipo causa-efecto, permitiendo una mejor identificación de los impactos y de sus interrelaciones. Estos diagramas son métodos que integran las causas de los impactos y sus consecuencias, mediante la identificación de las interrelaciones existentes entre las actividades o acciones causales y los factores ambientales impactados, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios (Canter, L.W., 1999).

**4.4.1.4 Matriz causa – efecto.** La matriz de este tipo más simple consiste en una tabla de doble entrada que contiene: en la primera columna, las acciones necesarias para la ejecución o puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad; y en las siguientes columnas, los factores ambientales que pueden ser afectados por la acción respectiva. Mediante la interacción de una fila de la primera columna (acciones) con una de las otras columnas (factores ambientales), se puede identificar cualitativamente, las características de un impacto ambiental. (Ver Gráfico 12).

Elementos característicos y procesos ambientales susceptibles			
ASPECTOS AMBIENTALES	Impactos Geoambientales	SUELO	
		AIRE	
		AGUA	
	Impacto Bioambiental		
	Impacto Socioeconómico		

Fuente: Calero, L.M., *et al*, 2000

**Gráfico 12. Ejemplo de matriz causa efecto. Matriz interactiva de Leopold.**

**4.4.1.5 Modelo de identificación de aspectos e impactos ambientales adoptado por el subsector de la caña de azúcar.** De las metodologías existentes, el subsector utiliza los modelos de matrices de interacción causa - efecto. Su aplicación parte de la elaboración de un diagrama de proceso, obra o actividad, donde se detallan todas las etapas que lo componen con las entradas y salidas correspondientes (Ver Anexo II). Las entradas se refieren a los insumos y recursos requeridos, mientras que las salidas comprenden tanto el producto terminado como las emisiones, vertimientos o residuos generados.

La causa del impacto se asocia con las salidas del proceso, obra o actividad diferentes al producto, y se constituye en el aspecto ambiental; el efecto, por su parte, se encuentra relacionado con la alteración ambiental ocasionada y se establece como impacto ambiental. (Gráfico 13)



**Gráfico 13. Ejemplos de diagramas de entradas y salidas de subprocesos del proceso agrícola de campo**

De acuerdo con CDE Consultores (2004), “Si se toma en consideración el desarrollo de nuevos proyectos, o las modificaciones o ampliaciones de productos o procesos existentes que puedan generar nuevos aspectos medioambientales, para actualizar la identificación de los aspectos ambientales, los aspectos ambientales que hay que identificar y registrar son: emisiones atmosféricas, vertidos al agua, gestión de residuos, contaminación del suelo, consumo de materias primas y recursos naturales, otras cuestiones medioambientales locales y que afecten a la comunidad (olores, ruidos, etc.) asociados a producto.

En el Anexo III se presentan las matrices usadas por el subsector para la identificación de aspectos e impactos ambientales de los procesos agrícolas de campo y cosecha, y procesos industriales de elaboración de azúcar, refinería, producción de etanol y cogeneración. Las matrices comprenden la siguiente distribución en columnas:

- **Subproceso:** corresponde a la etapa del proceso productivo específico.

- **Aspecto ambiental:** se refiere a *los elementos, actividades, productos o servicios que pueden interactuar con el ambiente.*
- **Impacto ambiental:** se define como cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o benéfico, como resultado en forma total o parcial de las actividades, productos o servicios de una organización.
- **Medidas de prevención:** son acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente.
- **Medidas de control:** son acciones orientadas a impedir la propagación del impacto.
- **Medidas de mitigación:** son acciones dirigidas a reducir los impactos y efectos negativos de un proyecto sobre el medio ambiente.

#### 4.4.2 Modelos de evaluación de impactos ambientales

Dentro de los modelos de evaluación, se cuenta con métodos integrales que hacen posible la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, mediante adopción y medición de indicadores ambientales y funciones de transformación que permiten su comparación directa.

La calificación del impacto se puede asignar mediante puntajes numéricos que pueden variar en diferentes escalas; de 1 a 10, de 0 a 5, 1 a 3, entre otros; el mayor valor se asocia con el nivel más alto del impacto y el menor valor con el de más bajo impacto (Canter L.W., 1999; Brunorabal, 2008):

- **Tipo de impacto:** identifica y califica la afectación al medio como la posibilidad de que tenga consecuencias negativas o positivas.
- **Probabilidad:** Evalúa la probabilidad o grado de certeza con que ocurra un impacto

- **Frecuencia:** en el caso de aspectos ambientales asociados a situaciones normales o de incidente, califica la periodicidad en la que se podría generar un impacto: continuo o intermitente.
- **Duración:** califica si el impacto es temporal o permanente.
- **Alcance:** evalúa la cobertura del impacto: aislado, local, regional o global.
- **Severidad:** estima la magnitud del impacto como reversible o irreversible.

Un caso ejemplo de los resultados que puede ofrecer la evaluación cualitativa de los impactos se presenta en el Cuadro 4.

Elementos característicos y procesos ambientales susceptibles				Acciones que pueden causar efectos ambientales			
				Infraestructura ELH			Sistema de Tratamiento
				Contribución Instalación	Operación del Sistema	Paros por Mantenimiento	Efluentes
ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS GEOAMBIENTALES	SUELO	Movimiento del suelo				
			Mejora terreno				
			Uso del suelo				
			Morfología- Paisaje				
		AIRE	Material Particulado				
			Ruido				
			Olor				
			DBO 5				
		AGUA	DQO				
			SST				
			pH				
			Temperatura				
	Impacto bioambiental	Flora					
		Fauna					
	Impacto socioeconómico	Producción					
		Empleo					
			Salud pública				

CONVENCIONES	
SB - Significativamente beneficioso	O - No se espera
B - Beneficioso	a - adverso pequeño
b - beneficioso pequeño	A - adverso
	SA - Significativamente adverso

Fuente: Calero, L.M., *et. al.*, 2000

**Cuadro 4. Evaluación cualitativa de impactos ambientales según Leopold.**

**4.4.2.1 Modelo de evaluación de impactos ambientales adoptado por el subsector de la caña de azúcar.** En el Cuadro 5 se presenta una matriz de interacción simple como ejemplo para la evaluación de impacto ambiental del subproceso de lavado de caña de la fábrica de azúcar. Está compuesta por columnas que definen: el área específica, el proceso al que corresponde, la actividad desarrollada, el aspecto ambiental y su descripción seguida por las columnas del impacto, el recurso natural afectado, la identificación de existencia de sistemas de control y la evaluación del impacto en función de los criterios que se describen a continuación.

Cuadro 5. Ejemplo de evaluación de impacto del subproceso de lavado de caña													
Área	Proceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Recurso	Sistema de control ambiental	Evaluación del impacto						Puntaje total
							Tipo de impacto	Probabilidad	Frecuencia	Duración	Alcance	Severidad	
Patio de Fábrica	Preparación de caña	Lavado de Caña	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento del recurso de energía	Económico								
			Uso de agua industrial Reuso de agua tratada	Agotamiento del recurso agua	Agua	SI							
			Generación Aguas Residuales	Contaminación del agua	Agua	SI							

Es de resaltar que en este documento no se incluye la valoración del impacto de cada uno de los subprocesos, dado que esta valoración depende de aspectos técnicos, ambientales y sociales, propios de cada ingenio y zona geográfica que inciden en los recursos naturales.

## **4.5 Objetivos y metas ambientales del sistema productivo**

Los objetivos y metas ambientales se establecen en forma consistente con la política ambiental y el modelo productivo de la agroindustria, incluyendo el compromiso de responsabilidad ambiental teniendo como referencia la evaluación de impactos ambientales.

Los objetivos ambientales se pueden definir como los fines que el subsector se propone alcanzar en su desempeño ambiental, programados cronológicamente y cuantificados en la medida de lo posible. Las metas ambientales se refieren a los requisitos de desempeño detallado, cuantificables cuando sea práctico, aplicables a la organización o a parte de la misma, surgen de los objetivos ambientales.

En el Cuadro 6 se relacionan los objetivos ambientales en los que está comprometido el subsector azucarero como resultado del ejercicio de planeación estratégica realizado durante el año 2010. Dicho ejercicio definió como visión estratégica que: “en el año 2030, el subsector azucarero colombiano será líder en la agroindustria internacional por su competitividad, sostenibilidad y generación de bienestar”.

**Cuadro 6. Objetivos y acciones ambientales en el subsector de la caña de azúcar**

<b>OBJETIVO GENERAL:</b> promover una cultura de sostenibilidad y la adopción integral de prácticas sostenibles por parte de todos los actores del subsector	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>ACCIONES</b>
Promover el uso racional del agua	Desarrollo del trabajo activo en la “Mesa del Agua” Establecimiento de las variedades de bajo consumo de agua desarrolladas por Cenicaña Adopción del modelo de riego por balance hídrico y otras herramientas desarrolladas para su uso eficiente
Promover prácticas disponibles para la conservación del suelo	Diseño y adecuación de tierras Establecimiento de la mínima labranza, introducción de equipos apropiados al tipo de suelos, aplicación de fertilización adecuada y uso de mejoradores del suelo
Concertar el manejo de las quemas con autoridades ambientales y comunidades vecinas	Mantener el seguimiento y monitoreo Fortalecer las veedurías, estudios y evaluaciones, el uso adecuado de maduradores
Fortalecer la red de transporte	Consolidar la red interna de carreteras, promover el transporte fluvial y férreo de la caña, atender proactivamente a las comunidades afectadas, promover buenas prácticas de seguridad en transporte
Impulsar la reconversión social laboral en sectores promisorios	Promover la evaluación de la inversión social pública y privada Promover guía de contratación sostenible Generar mayor acercamiento y trabajo conjunto con las comunidades para mantener su valoración y apoyo
Generar informes de sostenibilidad en la industria	Articular acciones con base en indicadores socio económicos y priorización Promover la certificación de los ingenios y la adopción de exigencias locales en BSI, Global Compact, ISO, Sello verde del etanol Ampliar alianzas en el tema social y ambiental: WWF, Banco Mundial Comunicar avances en los temas sociales y ambientales a partir del fortalecimiento de los programas prioritarios Liderazgo continuado desde la junta directiva del tema de la sostenibilidad integral, divulgación de buenas prácticas, hacer evidentes los beneficios

## 4.6 Seguimiento y monitoreo ambiental

La gestión ambiental debe incluir el desarrollo de acciones de seguimiento y evaluación con el fin de establecer el nivel de cumplimiento de los objetivos y metas ambientales.

El monitoreo ambiental posibilita una revisión constante del programa de gestión ambiental a través de indicadores específicos, por medio de los cuales se pueden identificar los cambios generados en los componentes ambientales por las actividades de un proceso productivo y detectar los puntos que deben ser solucionados y las medidas de prevención a desarrollar.

A partir de los datos obtenidos en el monitoreo es posible establecer la verificación y seguimiento sistemático de la variación temporal y espacial de los parámetros ambientales y establecer la eficiencia y eficacia de las medidas de control y de manejo ambiental implementados que sirven de base para la toma de decisiones. (Huerta Elized, García Jesús, 2009; Ministerio de Minas y Energía - Ministerio del Medio Ambiente).

Un plan de seguimiento y monitoreo ambiental de los procesos agrícolas e industriales del subsector de la caña de azúcar debe contener para cada fase o actividad: 1) El componente ambiental que se define como objeto de medición y control; 2) El impacto ambiental asociado; 3) La localización de los puntos de control y los parámetros seleccionados para caracterizar el estado de cada componente; 4) Los rangos o límites permitidos; 5) La frecuencia y duración del seguimiento para cada parámetro; 6) El método o procedimiento de medición de cada parámetro y 7) La periodicidad de entrega de los informes del plan de seguimiento a las entidades ambientales correspondientes. (Gestión de Recursos Naturales, GRN, 2010)

Es recomendable incluir en el plan de seguimiento y monitoreo ambiental, las notas complementarias o aspectos relevantes que los responsables de la gestión ambiental, del proceso o actividad y las autoridades ambientales consideren pertinentes. En el Gráfico 14 se plantean las etapas de seguimiento involucradas en el sistema de gestión ambiental bajo el criterio de PHVA.



**Gráfico 14. Seguimiento y evaluación del sistema de gestión (Civicus).**

En el Cuadro 7 se presenta una lista de parámetros ambientales a considerar en los programas de seguimiento y monitoreo del subsector azucarero.

<b>Cuadro 7. Seguimiento y monitoreo Fábrica</b>			
<b>Sistemas de tratamiento</b>			
<b>Componente</b>	<b>Factor</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Sitios de muestreo</b>
<b>Vertimientos</b>	Agua residual doméstica	pH, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos, DBO <sub>5</sub>	En el efluente final del sistemas de tratamiento.
	Agua residual industrial	pH, temperatura, sólidos disueltos y suspendidos Metales pesados.	Antes y después de los sistemas de tratamiento.  Vertimiento final
<b>Control de emisiones</b>			
<b>Emisiones atmosféricas</b>	Fuentes fijas	Material particulado, gases (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> )	A la salida de la chimenea

En este contexto, en el 2010, el subsector azucarero colombiano con el apoyo de Fedesarrollo estableció un sistema sectorial de medición y evaluación (M&E) de la responsabilidad social y ambiental empresarial. Este sistema considera los fundamentos anteriores y está orientado a la obtención de resultados mediante la creación de un proceso continuo de recolección, procesamiento, análisis y difusión de información con base en indicadores -para este caso, ambientales- que apoyan la valoración en el tiempo de políticas, programas o proyectos propuestos y en curso.

*“En esencia, el monitoreo orientado a resultados es una herramienta gerencial de apoyo a la toma de decisiones. Al permitir el análisis de información estructurada, oportuna y confiable, facilita procesos de ejecución, planeación, asignación de recursos e interacción con grupos de interés”.* (Olivera M., Gómez R., Quiróz F., Fedesarrollo, 2011)

Así las cosas, el subsector azucarero, seguirá la aplicación de este sistema y la metodología establecida por Fedesarrollo (2011), el cual se adapta específicamente a las condiciones de la agroindustria y apoyará la focalización de la inversión hacia el logro de resultados priorizados; así mismo, medirá la eficacia de la inversión ambiental, además de constituirse en una *“fuente confiable y permanente de información para los diferentes grupos de interés, facilitando así procesos de reporte, rendición de cuentas, participación y concertación”*.

#### **4.7 Planes de contingencia**

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia define en el Tesoro Ambiental para Colombia a los Planes de Contingencia como una *organización de procedimientos, acciones, personas, servicios y recursos para atender una emergencia*; y como emergencias a *aquellas situaciones generadas por la manifestación de un evento que modifica severamente las condiciones normales de vida*.

El plan de contingencia -PDC- permite: (1) identificar las situaciones de riesgo debidas a eventos que puedan ocurrir por fuera de las condiciones normales de operación de un proyecto, actividad o proceso, y definir las acciones para su prevención y control; (2) determina los recursos físicos y humanos y la metodología necesaria para responder oportuna y eficazmente ante una emergencia.

**Lineamientos generales sobre el contenido del Plan de Contingencia –PDC-, (UPME, 2010)**

*La estructuración del PDC contempla los siguientes componentes básicos: Plan estratégico, panorama de riesgos, definición de recursos para aplicación del PDC, plan operativo y plan informativo, como se indica a continuación:*

*Plan Estratégico. En este componente del PDC describe la operación, los riesgos asociados a su desarrollo, los escenarios de riesgo, los alcances del plan, la cobertura, el organigrama operacional, la relación de las autoridades que se deben involucrar en un evento de emergencia y los mecanismos de comunicación.*

*Panorama de riesgos. Permite evaluar las consecuencias o efectos más probables que puedan ocurrir en una contingencia y proponer soluciones selectivas, razonables y eficaces para atender la emergencia.*

*Recursos humanos y equipos. El recurso humano está representado usualmente en la Brigada de Control- BDC de respuesta ante la ocurrencia de una emergencia. Cada uno de los integrantes de la BDC debe estar capacitado y entrenado para el cargo que desempeña y cumplir con las funciones y responsabilidades asignadas. Los equipos son el segundo recurso más importante para el control de emergencias.*

*Plan Operativo. Debe incluir las acciones a seguir en caso de una emergencia de acuerdo con los escenarios de riesgo. Adicionalmente debe contemplar los procedimientos para toma de decisiones en caso de una emergencia, las acciones operativas y procedimientos administrativos y la forma como se debe declarar la terminación de la emergencia.*

*Plan Informativo. Contendrá la base de datos con la información básica que apoya los planes estratégico y operativo. Esta sección del PDC debe contener, al menos la siguiente información:*

- *Cartografía (mapas de riesgo).*
- *Lista de equipos requeridos.*

- *Lista de equipo auxiliar.*
- *Lista de equipos de apoyo.*
- *Lista de entidades de apoyo externo.*
- *Directorio telefónico de grupo de control de emergencias.*

*Además, de estos tres planes -estratégico, operativo e informativo-, se deben implementar programas de capacitación, entrenamientos y simulacros. Las medidas adoptadas dentro del plan de contingencia deben estar consignadas en un manual de procedimientos.*

El subsector azucarero colombiano cuenta con planes de contingencia establecidos tanto en el ámbito sectorial como en los Ingenios. Un caso ejemplo, es el Plan de Contingencia para efectuar en Caso de Incendio en Cultivos de Caña de Azúcar; el cual aplica para todo el subsector (Ver Anexo IV).

#### **4.8 Capacitación, comunicación y divulgación**

La Guía Ambiental es un documento orientado hacia productores, empresarios y personal vinculado o relacionado con el subsector de la caña de azúcar -grupos de interés-. Se constituye en un instrumento que ubica al subsector en el ámbito regional desde lo geográfico, pasando por lo ambiental hasta llegar a la descripción de sus actividades y de las diferentes áreas de sus procesos productivos.

Este documento ilustra además sobre las fases que contempla la planeación y gestión ambiental de un proceso productivo y enmarca al subsector dentro de objetivos y metas ambientales donde se evidencia la interacción con la autoridad ambiental y las comunidades.

En este contexto, es necesario considerar procesos de capacitación, comunicación y divulgación para que la información aquí contenida se difunda no solamente en el sector como tal, sino también hacia todos aquellos que interactúen con él.

La comunicación y divulgación se pueden realizar a través de los medios existentes como son las publicaciones de Asocaña, Cenicaña y Tecnicaña, los departamentos de Comunicación de los Ingenios y los Comités de trabajo de los Ingenios afiliados a Asocaña. De igual manera a través de convocatorias a: los proveedores, personal relacionado con las actividades del subsector, los departamentos de Bienestar social y Gestión Humana y autoridades ambientales.

El subsector azucarero desarrolla actividades y establece programas de comunicación y capacitación, a nivel interno y externo cubriendo a las familias de los trabajadores en temas relacionados con los sistemas de gestión: calidad, ambiental, seguridad industrial y salud ocupacional.

Es así como la tendencia de los últimos años demuestra que las compañías están siendo más transparentes y han comenzado a informar sobre sus acciones en los ámbitos económico-financiero, ambiental y social, utilizando la principal metodología para el desarrollo de Reportes de Sostenibilidad, esto es, el Global Reporting Initiative (GRI).

Si bien es un documento de uso voluntario, a través del cual se pone en conocimiento público el comportamiento económico-financiero, ambiental y social de una organización pública o privada, con o sin fines de lucro, de cualquier tamaño y giro, este se convierte en un mecanismo de comunicación trascendental entre grupos de interés y para el subsector azucarero. Cabe señalar que, es una herramienta importante, que se complementa con otras iniciativas de sostenibilidad como es el caso del BSI (Better Sugarcane Initiative) y Global Compact.

Este instrumento permite identificar posibles riesgos ambientales, sociales o económicos a los que el negocio está expuesto; así mismo, se convierte en una herramienta de autodiagnóstico para procesos internos. Adicionalmente busca mantener informadas a las partes interesadas sobre los progresos de la empresa, además contribuye a la credibilidad, buenas relaciones y creación de canales sólidos de comunicación con estos grupos.

En relación con los accionistas e inversionistas, es claro que ya no les bastan los buenos resultados financieros a cualquier costo, en tanto que los consumidores están valorando aspectos que van más allá del precio y la calidad del producto o servicio. Se trata de generar transparencia frente a grupos de interés y en este aspecto, el subsector considera todas las estrategias de comunicación ya mencionadas además de los informes de prensa, radio y televisión, y comunicaciones internas y externas tradicionales para construir confianza y generar lazos de comunicación entre los diferentes grupos.

En este marco, el Reporte de Sostenibilidad se ha convertido en una herramienta altamente valorada por las partes interesadas, porque da a conocer el desempeño de la Organización en todas sus áreas.

A su vez, teniendo en cuenta que el subsector azucarero cuenta hoy con un sistema de medición y evaluación -M&E- diseñado para el seguimiento de la responsabilidad social y ambiental empresarial, es necesario destacar los componentes relacionados con la divulgación de la información. Este sistema “*contempla tres tipos de reporte: reportes automáticos, reportes ad hoc y reportes complementarios. Los reportes automáticos son reportes predefinidos en el software del sistema. El usuario selecciona el conjunto de indicadores que desee consultar (BSI, GRI o Indicadores Sociales) y el sistema le entrega un informe ordenado por temas y presentado en forma de tablas numéricas y representaciones gráficas de los indicadores. Los reportes ad hoc son aquellos que define el usuario en el momento de la consulta de acuerdo a sus intereses específicos y necesidades de información. Por ejemplo, un usuario puede estar interesado en consultar solamente los indicadores ambientales o en obtener una combinación de indicadores específicos de cada una de las grandes áreas. Los reportes complementarios, por su parte, son aquellos que exigen información (sobre todo cualitativa) extra a aquella que es capturada por el sistema de M&E.*

*Los tipos de reporte pueden ser de divulgación externa o documentos internos de trabajo”.* (Olivera M., Gómez R., Quiróz F., Fedesarrollo, 2011)

Respecto a los programas de capacitación ambiental, vale la pena destacar que éstos se desarrollan con el apoyo de los profesionales de los ingenios y de instituciones tales como Corporaciones Autónomas regionales, Cenicaña, el Sena y universidades a través de convenios que se establecen a través de Asocaña como representante del gremio azucarero.

Con el fin de concientizar ambientalmente tanto a los trabajadores como a las comunidades del área de influencia del subsector, anualmente se revisan estrategias con base en las necesidades detectadas por los ingenios y Asocaña, se priorizan los temas a desarrollar y definen las entidades educativas con quienes se va a trabajar. Se busca reforzar los procesos de desarrollo sostenible, cuidar los ecosistemas minimizando la afectación de los recursos naturales.#

Ejemplos de capacitación ofrecida por el subsector en el tema de manejo del recurso agua: Fundamentos y estrategias para la optimización del recurso hídrico ofrecido para mayordomos y supervisores de campo; Transferencia de tecnología en la gestión de los sistemas de riego y drenaje en cultivos de caña de azúcar dirigido a los ingenieros responsables de estos procesos; Gestión de la Inocuidad con el propósito de formar líderes competentes en BPM, optimización de sistemas de tratamiento de aguas residuales en la industria azucarera, gestión integral y sostenible para la cosecha, gestión energética en ingenios azucareros.

## **5 Elementos de participación comunitaria y ciudadana en la gestión ambiental**

“La gestión ambiental es un proceso de concertación política fundamentado en aspectos de orden técnico, que permite a los diferentes actores sociales el manejo participativo de las situaciones ambientales territoriales y sectoriales de una región o localidad, mediante la creación de espacios y el uso y aplicación de instrumentos jurídicos, normativos, de planeación, tecnológicos, económicos, financieros y administrativos, para el logro del equilibrio gradual de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de la población hacia el paradigma de la sostenibilidad” (Valencia y Paredes, 2001).

En este proceso de concertación, la participación y la gestión pública son fundamentales en la materialización de tales espacios e instrumentos. Esto implica el desarrollo de capacidades para la participación por parte de los actores, el fortalecimiento del tejido social y de los procesos. Condiciones que debe garantizar el estado con el apoyo del sector privado como parte de su responsabilidad social y ambiental empresarial.

### **5.1 El enfoque de la participación en el sector azucarero**

Las políticas ambientales en Colombia se han elaborado buscando la concertación con los diferentes estamentos claves de la sociedad: el académico, los gremios, los empresarios, la comunidad y el Estado regulador, buscando consultar de esta forma además los requerimientos científicos y técnicos, los intereses y expectativas del Estado y la Sociedad Civil (Opazo, 2009).

El sector azucarero como uno de los gremios del sector productivo, toma cada vez mayor conciencia de la importancia de hacer parte de esa estructura y trabajar por unos objetivos comunes en articulación con los demás actores, Estado, comunidad, academia, empresa privada y organismos multilaterales. Con el fin de orientar la articulación, se presentan a continuación los siguientes lineamientos:

### **5.1.1 Amplia concepción del Bienestar**

El concepto de bienestar se entiende como la satisfacción de necesidades que involucra aspectos tanto internos del ser humano, como externos; están involucrados aspectos psicológicos, sociales, culturales, económicos y ambientales entre otros (López, D y Martínez, V. 2009).

### **5.1.2 Alianzas Estratégicas**

La complejidad de los procesos sociales y ambientales y los requerimientos de recursos para llevarlos a cabo hacen necesario y deseable, la generación y consolidación de alianzas estratégicas. Éstas se deben establecer en función de las posibilidades que ofrecen el logro de los resultados e impactos esperados (López, D y Martínez, V. 2009). Es importante identificar y caracterizar los actores con quienes establecer las alianzas, con el fin de definir cuáles objetivos estratégicos se lograrían con cada uno de ellos.

### **5.1.3 Planteamiento de objetivos y metas comunes**

La claridad y transparencia en lo que se quiere lograr, fortalece la confianza entre los actores, lo que permite a su vez una mayor fluidez en los procesos. La definición de un objetivo común requiere de los siguientes elementos (López, D y Martínez, V. 2009):

- a) Una lectura compartida de la realidad, el análisis de los contextos y los procedimientos metodológicos para su permanente actualización.
- b) Un proceso de concertación entre los diferentes actores, en donde se llegue a acuerdos a partir de los intereses y motivaciones de cada uno de ellos.

- c) La construcción de una plataforma conceptual compartida, de tal forma que las diversas organizaciones participantes tengan el mismo enfoque y objetivos en las acciones o proyectos que se emprendan.

#### **5.1.4 Coordinación entre los actores.**

Posterior al acuerdo conceptual, a la definición de objetivos y metas comunes, requiere de un esfuerzo de coordinación entre los diferentes actores. Es necesario elaborar de un plan de trabajo conjunto que integre riesgos y medidas preventivas, el seguimiento, evaluación y ajuste. Adicionalmente, el plan de trabajo conjunto debe considerar los ritmos de trabajo que cada actor. Complementariamente, la construcción de una estrategia de comunicaciones sería relevante en la difusión del proceso, fortalecería la educación y la identidad, además facilitaría la gestión de recursos (López, D y Martínez, V. 2009):

Otro elemento a considerar en la coordinación, es la continuidad. Para que un proceso funcione debe haber continuidad no sólo en su implementación, sino también en las personas que participan de él. Ya que los cambios culturales hacia la sostenibilidad se logran en el mediano y largo plazo. (López, D y Martínez, V. 2009).

Ya que los procesos están sujetos a un contexto variables se puede realizar un análisis permanente del contexto y del proceso para hacer las modificaciones necesarias, ya sea en las actividades o en las metas y/o objetivos (López, D y Martínez, V. 2009).

## **5.2 Niveles de participación comunitaria y ciudadana**

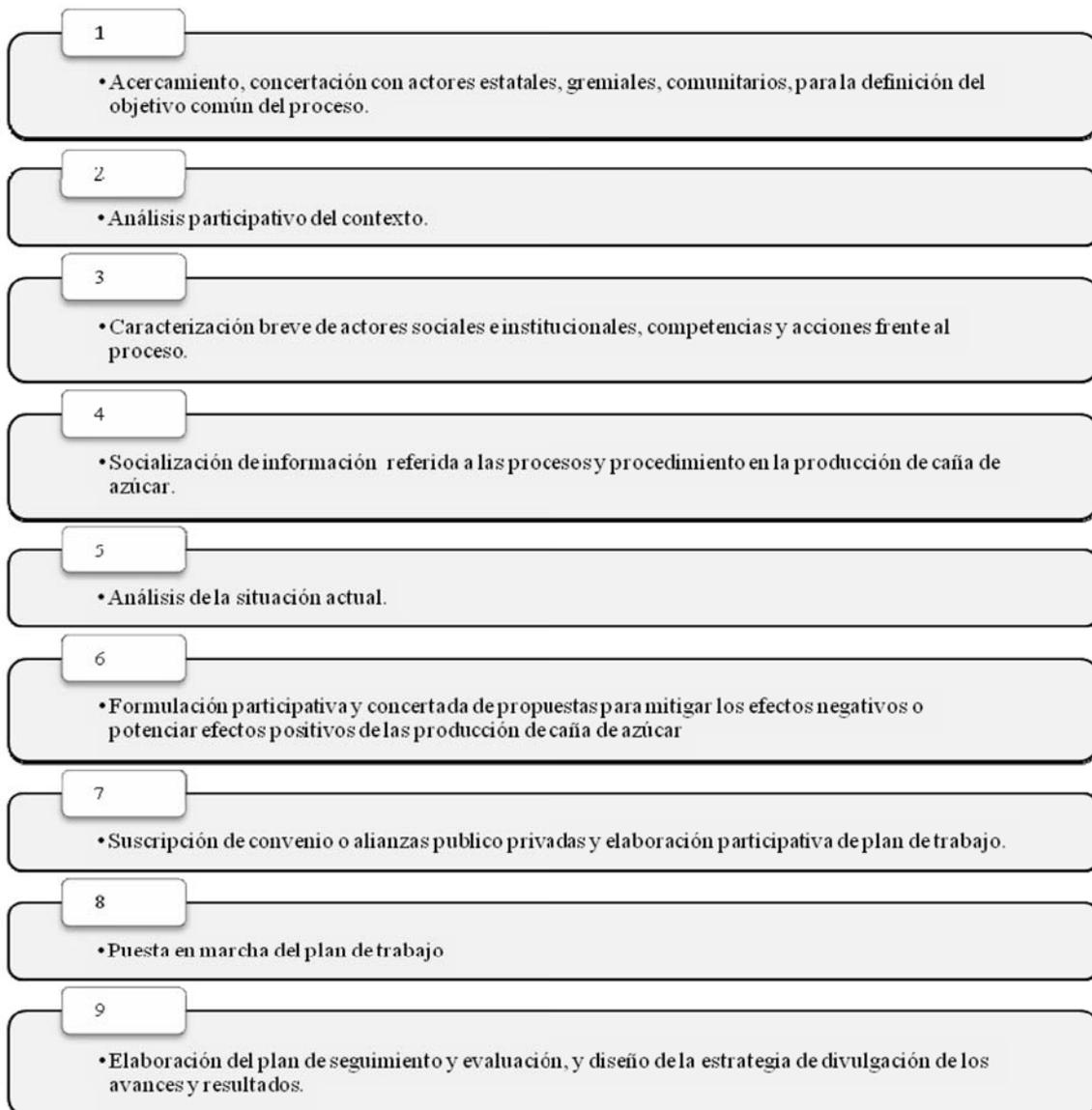
Se describen varios niveles necesarios en los procesos de articulación y generación de alianzas (Opazo, 2009):

- a) La gestión, como el manejo de un conjunto de recursos de diversa índole destinado a ejecutar acciones necesarias para obtener un resultado.
- b) La decisión, entendida como la adopción de una o varias estrategias para resolver un problema.

- c) La concertación, es decir el acuerdo mediante el cual dos o más personas o grupos de una comunidad definen la solución más conveniente.
- d) La fiscalización o vigilancia que ejerce una persona o grupo sobre el cumplimiento de las decisiones tomadas.
- e) La iniciativa o formulación de sugerencias por parte de interesados a resolver un problema o transformar una situación problemática.
- f) La consulta, o procedimiento mediante el cual los participantes opinan, deliberan sobre aspectos problemáticos y juzga para tomar una decisión.
- g) La información o el conjunto de datos, hechos, nociones que los participantes requieren para la toma de decisiones.

Estos niveles de participación ocurren en espacios o instancias, en los que se emplean instrumentos o mecanismos establecidos por ley, así como metodologías y herramientas para la participación. En el Anexo I se identifican y relacionan los mecanismos de participación ciudadana que define la legislación colombiana.

A continuación se presenta el esquema empleado por el subsector azucarero para la construcción de planes participativos, desde el acercamiento con los actores hasta la evaluación y divulgación del proceso Gráfico 15.



**Gráfico 15. Esquema para la construcción de planes participativos en el subsector azucarero**

## 6 Referencias bibliográficas

**Acevedo, Astrid C., et.al., 2005.** *Producción de Alcohol Carburante. Informe Técnico.* Curso de entrenamiento de tecnologías PRAJ; febrero - abril de 2005, Pune, India. 101 p. Presentación al subsector azucarero colombiano en el Seminario Consideraciones Generales para la Producción Dual de Azúcar y Alcohol; Ingenio Manuelita, mayo 5-6 2005.

**Aguirre Ortiz, C.A. ; Cobo Barrera, D.F. ; Castillo Monroy, E.F. ; Gómez Perlaza, A.L. 2009.** *Perspectivas de cogeneración para los ingenios colombianos.* Memorias VIII Congreso Colombiano de Técnicos de la Caña de Azúcar. Tecnicaña, septiembre 16-18, 2009, Cali, Colombia. pp. 621-631.

**Asocaña, 2010<sup>(1)</sup>.** *El Fondo agua por la vida y la sostenibilidad continua el trabajo en las cuencas hidrográficas.* 16 julio de 2010. 2 p.

**Asocaña, 2010<sup>(2)</sup>.** *Informe Anual 2009 – 2010.* Junio 8 de 2010, 98 p.

**Asocaña, 2010<sup>(3)</sup>.** *Anexo estadístico del Informe Anual de Asocaña 2009 – 2010.*#

**Asocaña, 2005.** *Verdades y mitos del etanol carburante,* mayo 3 de 2005. 4p.

**Asocaña, Ministerio del Medio Ambiente, Sociedad de Agricultores de Colombia, 2002.** *Guía Ambiental para el subsubsector de caña de azúcar.* p. 28-29.

**Asociación Naturland - 1ª edición 2000.** *Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico.* Guías de 18 cultivos. Caña de Azúcar. 20 p. [http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/cana\\_de\\_azucar.pdf](http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/cana_de_azucar.pdf) (Consulta en noviembre 2010).

**Asociación azucarera de El Salvador.** <http://www.asociacionazucarera.com/> octubre 21 de 2010 (Consulta en octubre 2010).

**Avendaño Gabriel, 2007.** Gestión Ambiental, G-014-D. <http://gabovenezuela.lacoctelera.net/post/2008/12/07/gestion-ambiental> (Consulta en noviembre 2010).

**Bennett S.W., Uribe A., Cano-Vicario A.** *Planificación y gestión ambiental integradas en programas de desarrollo económico.* Capítulo 4. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/eco/015773/015773-01c.pdf> (Consulta en noviembre 2010).

**Brunorabal, 2008.** *Identificación y evaluación de aspectos Ambientales.* 7p. diciembre de 2008. <http://www.brunorabal.cat/archivos/E0330.pdf> (Consulta en noviembre 2010).

**Cáceres Daniel.** *Agricultura Orgánica versus Agricultura Industrial: Su Relación con la Diversificación Productiva y la Seguridad Alimentaria.* Agroalim. [online]. jun. 2003, vol.8, no.16 [citado 16 Febrero 2009], p.29-39. Disponible en la World Wide Web: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-03542003000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542003000100002&lng=es&nrm=iso) (Consulta en diciembre de 2010)

**Calderón, M, Ceballos, J. 2010.** *Sistemas Sostenibles de producción. Elementos para el análisis de sostenibilidad desde un enfoque regional, para el Piedemonte Andino-Amazónico de Colombia.* WWF Colombia.

**Calero C.X., 2005.** Presentación: *Programa de alcohol carburante en el industria azucarera.* 2005#

**Calero Claudia X., Calero Liliana M., Arango O. Miriam, 2000.** *Proyecto de oxigenación de alcohol anhidro para oxigenar las gasolinas del Valle del Cauca. Estudio de impacto ambiental.* Asocaña, Cenicaña, Incauca, noviembre de 2000, 86 p.

**Campos Rivera, A. ; Cruz Bermúdez, D.M. ; Torres., J.S. 2009.** *Riego con caudal reducido. Manejo eficiente del agua para riego en el Ingenio Mayagüez S.A.* Memorias VIII Congreso Colombiano de Técnicos de la Caña de Azúcar. Tecnicaña, septiembre 16-18, 2009, Cali, Colombia. pp. 280-288.

**Canter, Larry,W., 1999.** *Manual de evaluación de impacto ambiental.* Ed Mc Graw Hill, 1999. 841 p.

**Casanova J., 2002..** *Red temática: Utilización de Combustibles Alternativos en Motores Térmicos.* Módulo 1. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. **EN: Cardona Carlos Ariel, Sánchez Óscar Julián, Montoya María Isabel, Quintero Julián Andrés.** *Simulación de los procesos de obtención de etanol a partir de caña de azúcar y maíz.* Scientia et Technica Año XI, No 28, Octubre de 2005. U.T.P. p.p. 187-192.

**CDE Consultores, 2004.** *Identificación de los aspectos ambientales.* 23 junio 2004. [http://www.navactiva.com/es/asesoria/identificacion-de-los-aspectos-ambientales\\_16496](http://www.navactiva.com/es/asesoria/identificacion-de-los-aspectos-ambientales_16496) (Consulta en diciembre de 2010)

**Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia, Cenicaña.** <http://www.cenicana.org/investigacion/fabrica/index.php> (Diagramas de procesos Diciembre 2010)

**Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia, Cenicaña, 2010.** *Informe anual 2009.* Cali, Cenicaña, 118p.

**Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia, Cenicaña, 2009.** *Informe anual 2008.* Cali, Cenicaña, 122p.

**Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia, Cenicaña, 2001.** *Informe anual 2000.* Cali, Cenicaña, 91p.

**Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia, Cenicaña, 1995.** *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia.* Cali, Cenicaña. Editores. Cassalett C., Torres J.S.; Isaacs C.H. 364 p.

**Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpia – CORPODIB; Unidad de Planeación Minero Energética – UPME 2004.** *Determinación de la contaminación ambiental debida al porcentaje de evaporación en las gasolinas colombianas.* Informe final, Bogotá D.C., Marzo de 2004, 125p. **EN:** [http://www.siame.gov.co/Portals/0/Evaporacion\\_Gasolinas.pdf](http://www.siame.gov.co/Portals/0/Evaporacion_Gasolinas.pdf)

**Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS, 2007.** *Plan de Gestión Ambiental Regional 2007- 2019.* Versión preliminar. Documento interno de trabajo CORPOCALDAS, agosto 2007. 224 p.

**Corporación Autónoma Regional del Cauca, CRC, 2002.** *Por un Cauca ambientalmente viable PGAR\_Plan de Gestión ambiental regional del Cauca 2002\_2012.* Sep 2002. 247 p.

**C.R.C. 2002.** *Subdirección de Planeación y RN. Sistema de Información Ambiental – SIAC.* EN: **Corporación Autónoma Regional del Cauca, CRC, 2002.** *Por un Cauca ambientalmente viable PGAR\_Plan de Gestión ambiental regional del Cauca 2002\_2012.* Sep 2002. 247 p.

**Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, Baena, Luisa María, 2006.** *Línea base ambiental de la calidad de los recursos hídricos superficiales en el Valle del Cauca.* CVC, Laboratorio Ambiental. 75 p.

**Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, Univalle, 2004.** *Plan de Gestión Ambiental Regional del Departamento del Valle del Cauca – PGAR – 2002 – 2012.* CVC, Universidad del Valle, 2004. 53p.

**Corporación Autónoma Regional de Risaralda, CARDER, 2007.** *Plan de Acción Trienal 2007 – 2009.* Capítulos I y II. pp. 1-(2-57).

**Cruz R. 2008.** *Adecuación, diseño de campo y construcción de drenajes.* Presentación Cenicaña, agosto 2008. Adecuación, diseño y preparación GTT – Carmelita

**Cruz R., López O.M., 1995.** *Adecuación de tierras.* EN: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia.* Cali, Cenicaña. Editores. Cassalett C., Torres J.S.; Isaacs C.H. pp. 85-108.

**DANE.** *Metodología de las cuentas nacionales de Colombia - base 1994. Operaciones de bienes y servicios.* Publicado por el DANE. Agosto de 2002. **EN:** Fedesarrollo 2010, María Angélica Arbeláez, Alexander Estacio, Mauricio Olivera. Impacto socioeconómico del subsector azucarero colombiano en la economía nacional y regional. Cuaderno número treinta y uno, 2010. 99p. <http://www.fedesarrollo.org.co/contenido/articulo.asp?chapter=184&article=693>

**El País, 20 de octubre de 2010.** *El Valle “encadena” su economía.* Sección B, Periódico El País, Santiago de Cali, Colombia.

**Escobar Miriam, 2006.** *Presentación: Implementación del Sistema de Gestión de la inocuidad BPM-HACCP en los ingenios azucareros-Asocaña.* Consultora representante del Proyecto sistema de inocuidad Asocaña - Universidad del Valle. Cali, Asocaña febrero 2006.

**Escobar Miriam, 2009.** *Subsector azucarero colombiano y su proyección hacia mercados usando el sistema de gestión de Inocuidad alimentaria.* Grupo de Investigación en Calidad y Productividad en las Organizaciones (GICPO). Facultad de Ciencias de la Administración Universidad del Valle, Cali. 14 p.

**FEDESARROLLO, 2010. María Angélica Arbeláez, Alexander Estacio, Mauricio Olivera.** *Impacto socioeconómico del subsector azucarero colombiano en la economía nacional y regional.* Cuaderno número treinta y uno, 2010. 99p.

**Fedesarrollo, 2009. María Angélica Arbeláez, Alexander Estacio, Mauricio Olivera.** *Impacto socioeconómico del subsector azucarero colombiano en la economía nacional y regional.* Resumen ejecutivo, 11p.

**Gestión de Recursos Naturales, GRN, 2010.** *Plan de seguimiento y monitoreo ambiental.* Julio de 2010. <http://www.grn.cl/plan-de-seguimiento-y-monitoreo-ambiental.html> (Consulta en diciembre de 2010)

**Gil Nicolás Javier, Moreno Carlos Arturo, Calero Liliana María, Posada Claudia, 2009.** *Análisis del desempeño del proceso fabril azucarero de la agroindustria colombiana, período 1998-2008.* Memorias VIII Congreso Colombiano de Técnicos de la Caña de Azúcar. Tecnicaña, septiembre 16-18, 2009, Cali, Colombia. pp. 701-712.

**Girón Tejada, M.A. 2010.** Use of vinasse for soil reclamation and its impact on elemental loads in vertisol soil and groundwater. Veracruz, México: ISSCT. Proceedings. March 7-11, 2010, 7 p. Veracruz, México. EN: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 27.

**Gobernación de Caldas, Fondo para el Financiamiento del Subsector Agropecuario, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República, 2006.** *Caldas*. Publicación digital en la página web de la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República, 18 de mayo de 2006. <http://www.todacolombia.com/departamentos/caldas.html> Consultada en diciembre de 2010.

**Gobernación del Valle del Cauca, Fondo para el Financiamiento del Subsector Agropecuario, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República, 2006.** "*Valle del Cauca* " Publicación digital en la página web de la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República. 18 de mayo de 2006. <http://www.todacolombia.com/departamentos/valledelcauca.html> (consulta noviembre de 2010)

**Holguín Nicolás,** *ICONTEC amplía acreditación con organismo norteamericano.* Comunicado de prensa. Divulgación y Relaciones Públicas. ICONTEC – Colombia. <http://www.pdfgratis.org/viewpdf.php> (consulta octubre de 2010)

**Ingaramo A., Heluane H., Colombo M., Cesca M., 2008.** *Water and wastewater eco-efficiency indicators for the sugar cane industry.* Journal of Cleaner Production, 2008 Elsevier Ltd. Disponible en línea web 5 octubre de 2008. Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)

**Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. 2009.** *Resolución 4174*

**Isaacs Echeverry, C.H. ; Zamorano Álvarez, D. ; Villegas Gutiérrez, A. ; Posada Contreras, C. ; Moreno Gil, C.A. 2009.** *Impacto del uso de prácticas agronómicas con enfoque de Agricultura Específica por Sitio (AEPS) en la rentabilidad de la caña de azúcar.* Cali: CENICAÑA : 18 p. Documento de Trabajo, no.703

**Huerta Elized, García Jesús, 2009.** Estrategias de gestión ambiental: Una perspectiva de las organizaciones Modernas.. Clío América. Enero - Junio 2009, Año 3 No. 5, p.p. 15 – 30.  
[http://arimaca.unimagdalena.edu.co/editorial/revistas/index.php/clio\\_america/article/view/File/222/238](http://arimaca.unimagdalena.edu.co/editorial/revistas/index.php/clio_america/article/view/File/222/238) (Consulta en noviembre 2010).

**Latorre Estrada, Emilio. 1997.** *Medio Ambiente y Municipio en Colombia*. Cerec serie ecológica No. 7– Fundación Friedrich Ebert de Colombia Fescol.

**Londoño C, Luis F., 2010.** *Subsector azucarero colombiano 2009-2010*. Presentación Asocaña, Cali, mayo de 2010.

**López, D y Martínez, V. 2009.** *Informe Técnico Proyecto Fortalecimiento de Capacidades*. Capítulo III. Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Santiago de Cali.

**Calero, L.M., Ospina O., López, C.. 2000.** *Diagnóstico del sistema de lavado de caña en el Ingenio Central Castilla*. Memorias, V Congreso Colombiano de Técnicos de la Caña de Azúcar. Tecnicaña, octubre 4-6, 2000, Cali. Colombia.

**Manuelita S.A. División Azúcar, noviembre 5 de 2010.**  
[http://www.manuelita.com/html/sitio/index.php?view=vistas/es\\_ES/pagina\\_53.php](http://www.manuelita.com/html/sitio/index.php?view=vistas/es_ES/pagina_53.php)  
(Consulta en noviembre 2010).

**Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004.** Resolución 643 del 2 de junio de 2004.

**Ministerio de Minas y Energía - Ministerio del Medio Ambiente.** *Seguimiento, monitoreo y evaluación. CME8.EN: Guía Minero Ambiental de Explotación*. 28 p.  
<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/minas2/explotacion%2004.pdf> (Consulta en diciembre 2010)

**Mora C.J. 1998.** *Apuntes sobre el origen de la caña e historia del gremio panelero*. En: Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Corpoica, Sena. Bucaramanga, Colombia.

**Medina Gustavo, Franco Ricardo, 2009.** *Manejo eficiente del agua para riego en el Ingenio Mayagüez S.A.* Memorias VIII Congreso Colombiano de Técnicos de la Caña de Azúcar. Tecnicaña, septiembre 16-18, 2009, Cali, Colombia. pp. 264-270.

**MEGA, Modelo empresarial de gestión agroindustrial.** <http://www.megagroindustrial.org.co/documentos/Cartilla%20BPM.pdf> (Consulta en noviembre 2010).

**Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2010.** *Tesoro Ambiental para Colombia.* <http://www.minambiente.gov.co/tesoro/naveg.htm> (Consulta en noviembre, 2010)

**Olivera M; Gómez R; Quiróz F., 2011** Diseño de un sistema sectorial de M&E para la Responsabilidad Social Empresarial de ASOCAÑA. Fedesarrollo. Enero 2011. pp. 19-22

**Opazo Gutierrez, Mario.** *Participación Ciudadana en el marco de la gestión ambiental en Colombia.* [http://www.cisdaiv.unal.edu.co/ponencias/E5\\_Políticas\\_ambiental/E5\\_mario\\_opazo.pdf](http://www.cisdaiv.unal.edu.co/ponencias/E5_Políticas_ambiental/E5_mario_opazo.pdf) (Consulta noviembre 2010).

**OpexEnergy, Operación y Mantenimiento de plantas de energía. 2010.** *Cogeneración.* <http://www.repsol.com>  
EN: <http://www.opex-energy.com/cogeneracion/cogeneracion.html> (Consulta en noviembre 2010).

**Osorio C. Guillermo, 2007.** *Buenas Prácticas Agrícolas [BPA] y Buenas Prácticas de Manufactura [BPM] en la Producción de Caña y Panela. Manual técnico.* Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

**Planigestión, C.A., 2005.** *Planificación y gestión ambiental. Aspectos a considerar.* [www.planigestion.com](http://www.planigestion.com). 21/06/2005.

**Peláez, Juan Diego León.** *Metodologías para la identificación y valoración del impacto ambiental.* EN: Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. p.14-62 <http://www.unalmed.edu.co/> (Consulta en noviembre 2010)

**Quintero Durán, R. 2008.** *El potasio (K) en la fertilización de la caña de azúcar.* Cali, Cenicaña, 2008. 11 p.

**Quintero D, R.; Arcila, J. 2008.** *Recuperación de suelos ácidos con aplicaciones de vinaza en el norte del departamento del Cauca.* Cali, CENICAÑA. 9 p.

**Quintero Durán, R. 2008.** *Investigaciones sobre el manejo de las vinazas aplicadas al suelo.* Cali, CENICAÑA. 19 p.

**Quintero Durán, R. 2006.** *Cambios en la fertilidad del suelo por la incorporación de residuos y aplicación de nitrógeno.* CENICAÑA, Cali. En: Torres, J.S., ed. Manejo del cultivo en condiciones de caña verde. Serie Técnica, no.35. p.p.17-20

**Ramos O.G. 1995.** *Solera de la caña de azúcar.* En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Cenicaña. Editores. Cassalet C., Torres J.S.; Isaacs C.H. p.3-8.

**Red de Desarrollo Sostenible de Colombia, 2010.** *Gestión Ambiental.* <http://www.rds.org.co/gestion/> (Consulta en diciembre 2010)

**Rein Peter, 2007.** *Cane Sugar Engineering.* Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin 2007. 768 p.

**Rodríguez, C.A., Daza O.H., 1995.** Preparación de suelos. EN: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia.* Cali, Cenicaña. Editores. Cassalet C., Torres J.S.; Isaacs C.H. pp 109-114.

**Rodríguez, L.A. ; Urbano, J.A. ; Torres, J.S. 2009.** *Predicción y evaluación preliminar de los esfuerzos inducidos en el suelo por los equipos de cosecha y transporte de caña.* Memorias VIII Congreso Colombiano de Técnicos de la Caña de Azúcar. Tecnicaña, septiembre 16-18, 2009, Cali, Colombia. pp. 430-439.

**Rodríguez, M.D. 2002.** *Evaluación económica preliminar de una propuesta tecnológica para la recuperación de los componentes del aceite de fusel.* En: Revista ICIDCA sobre los Derivados de la Caña de Azúcar v.36 no.2, p.45-51. 2002.

**Sucromiles, 2004.** *Vinaza concentrada. Preguntas y respuestas.* 14 p.

**Torres, A. & Almazan, O., 2010.** *Techno-economical evaluation of an interactive Distillery-sugar mill to guide decision-making for the best income balance.* Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 27, 2010.

**Torres. J. 1995.** *Riegos.* EN: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia.* Cali, Cenicaña. Editores. Cassalet C., Torres J.S.; Isaacs C.H. p.p. 193-210.

**UPME, Guía Ambiental de Proyectos Carboeléctricos.** Capítulo 2 *Medidas de Manejo Ambiental.* Numeral 2.5, Planes de Contingencia. [http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/guias/plantas/contenid/medidas.htm#contenido](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/guias/plantas/contenid/medidas.htm#contenido) (Consulta noviembre de 2010).

**Valencia Gutiérrez, Ma de los remedios, Paredes Rodríguez, Stella. 2001.** *Encontrando Caminos, planificación y gestión ambiental municipal.* Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. Santiago de Cali.

**Victoria, J.I., Briceño C.O., Calero L.M., Gómez L.A., Gil N.J., Larrahondo J.E., Quintero R., Villegas, F. 2000.** *La producción de azúcar orgánico en la industria azucarera de Colombia.* Cenicaña, julio de 2000. 40p.

**Villegas T., F. ; Torres, J.S., 2006.** *Alelopatía de los residuos de la cosecha de caña en verde.* Torres, J.S., ed. Manejo del cultivo en condiciones de caña verde Serie Técnica, no.35. p.p.106-108.