

**DETERMINACIÓN DE INDICADOR INTEGRADO DE DESARROLLO
SOSTENIBLE Y BIOGRAMA PARA EL APROVECHAMIENTO ACTUAL DEL
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL VALLE DEL CAUCA**

**ANGÉLICA BUITRAGO COCA
PEDRO CESAR PINTO BAQUERO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS, FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, COLOMBIA
2015**

**DETERMINACIÓN DE INDICADOR INTEGRADO DE DESARROLLO
SOSTENIBLE Y BIOGRAMA PARA EL APROVECHAMIENTO ACTUAL DEL
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL VALLE DEL CAUCA**

**ANGÉLICA BUITRAGO COCA
PEDRO CESAR PINTO BAQUERO**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADA(O) COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIEROS AMBIENTALES**

**DIRECTOR (A):
ESP. ANA PAOLA BECERRA QUIROZ**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
ECONOMÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL
GRUPO DE INVESTIGACIÓN:
INAM USTA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS, FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, COLOMBIA
2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Santo Tomás para optar por el título de Ingeniero(a) Ambiental.

ANA PAOLA BECERRA QUIROZ

Director

CLAUDIA FERNANDA NAVARRETE LÓPEZ

Jurado

JOHANNA KARINA SOLANO MEZA

Jurado

Bogotá D.C Septiembre de 2015

Dedicatoria

A nuestros padres

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Agradecimientos

Durante estos años son muchas las personas e instituciones que han participado en este trabajo y a quienes queremos expresar nuestra gratitud por el apoyo y la confianza que nos han prestado de forma desinteresada, especialmente a la docente Ana Paola Becerra Quiroz por ser nuestra guía en el desarrollo de este proyecto de grado.

Agradecemos también a la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás de Bogotá por su acogida y el apoyo recibido durante los largos y fructíferos periodos en que hemos desarrollado nuestra labor investigadora y de formación.

Todo esto nunca hubiera sido posible sin el apoyo de Hernán Vidal; Especialista de gestión ambiental de Carvajal Pulpa y Papel, Ing. Santiago Orduz y equipo del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICANA), Sandra Patricia Isaza Duque; Profesional Especializada de la Dirección Técnica Ambiental del Grupo de Producción Sostenible – Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).

Finalmente a nuestras familias, nuestros padres y hermanos por su amparo incondicional en todas las etapas de nuestras vidas.

Contenido

1. Objetivos	13
1.1 Objetivo general.....	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2. Marco de Referencia	14
2.1 El bagazo de caña de azúcar en Colombia	14
2.2 Procesos de aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en Colombia	15
2.2.1 Producción de papel.....	17
2.2.2 Cogeneración de energía	19
2.3 Indicador integrado de desarrollo sostenible	21
2.3.1 Relación de variables	23
2.3.2 Biograma	23
2.4 Índice de desarrollo sostenible (S^3)	25
3. Aplicación de S^3 y biograma al aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca	26
3.1 Unidad de análisis	27
3.2 Descripción de variables ambientales por proceso.....	27
3.3 Descripción de dimensiones y variables para el cálculo del S^3 y Biograma..	31
3.4 Cálculo del S^3 y Biograma Asocaña.....	37
3.4.1 Obtención de datos	37
3.4.2 Entrada de datos	39
3.4.3 Estandarización de datos	40
3.4.4 Relativización de datos y determinación del índice por dimensión y en general	41
3.5 Cálculo del S^3 y biograma Propal.....	42
3.5.1 Calculo de datos.....	42
3.5.2 Entrada de datos	44
3.5.3 Estandarización de datos	45
3.5.4 Relativización de datos y determinación del índice por dimensión y en general.	45
4. Resultados y análisis	48
4.1 Indicador integrado de desarrollo sostenible S^3	48
4.1.1 Indicador integrado de desarrollo sostenible S^3 general anual para Asocaña.	48

4.4.2	Indicador integrado de desarrollo sostenible S ³ general anual para Propal.....	49
4.4.3	Indicador integrado de desarrollo sostenible S ³ general anual para Asocaña y Propal.....	50
4.4.4	Biogramas de la sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca	51
5.	Conclusiones y recomendaciones	54
5.1	Conclusiones	54
5.2	Recomendaciones	54
6.	Bibliografía.....	59

Lista de figuras

Pág.

Figura 1: Ubicación espacial de ingenios azucareros en el Valle del Cauca.	14
Figura 2: Generación de bagazo.....	16
Figura 3: Proceso de fabricación de papel.	19
Figura 4: Proceso de cogeneración.	20
Figura 5: Pirámide de información.	21
Figura 6: Imagen ejemplo del Biograma.	24
Figura 7: Estado del sistema según los colores del Biograma.	25
Figura 8: Metodología general para el desarrollo del Indicador Integrado de Desarrollo Sostenible y Biograma.	27
Figura 9: Desarrollo del indicador integrado de desarrollo sostenible y biograma.	37
Figura 10: Biograma de la sostenibilidad general para Asocaña.	51
Figura 11: Biograma de la sostenibilidad general para Propal.	52
Figura 12: Biograma de la sostenibilidad general del aprovechamiento de bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca.	53

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1: Composición de la fibra del bagazo de caña de azúcar.	16
Tabla 2: Etapas de producción de papel.	17
Tabla 3: Etapas proceso de cogeneración.	20
Tabla 4: Indicadores de desarrollo sostenible por dimensión.	22
Tabla 5: Descripción de variables. Compilado por los autores, 2015.	27
Tabla 6: Descripción de variables. Compilado por los autores, 2015.	33
Tabla 7: Datos dimensión ambiental para Asocaña.	38
Tabla 8: Datos dimensión económica para Asocaña.	38
Tabla 9: Datos dimensión social para Asocaña.	38
Tabla 10: Entrada de datos ambientales para Asocaña.	39
Tabla 11: Entrada de datos económicos para Asocaña.	39
Tabla 12: Entrada de datos sociales para Asocaña.	40
Tabla 13: Estandarización de datos ambientales para Asocaña.	40
Tabla 14: Relativización e índice de datos ambientales para Asocaña.	41
Tabla 15: Relativización e índice de datos económicos para Asocaña.	41
Tabla 16: Relativización e índice de datos sociales para Asocaña.	42
Tabla 17: Indicador integrado de desarrollo sostenible S ³ general para Asocaña.	42
Tabla 18: Datos dimensión ambiental para Propal.	43
Tabla 19: Datos dimensión económica para Propal.	43
Tabla 20: Datos dimensión social para Propal.	43
Tabla 21: Entrada de datos ambientales para Propal.	44
Tabla 22: Entrada de datos económicos para Propal.	44
Tabla 23: Entrada de datos sociales para Propal.	45
Tabla 24: Estandarización de datos ambientales para Propal.	45
Tabla 25: Relativización e índice de datos ambientales para Propal.	46
Tabla 26: Relativización e índice de datos económicos para Propal.	46
Tabla 27: Relativización e índice de datos sociales para Propal.	46
Tabla 28: Indicador integrado de desarrollo sostenible S ³ general para Propal.	47
Tabla 29: Indicador integrado de desarrollo sostenible S ³ general anual para Asocaña. .	48
Tabla 30: Indicador integrado de desarrollo sostenible S ³ general anual para Propal.	49
Tabla 31: Indicador integrado de desarrollo sostenible S ³ general para Asocaña y Propal.	50

Resumen

En el proceso de producción de la caña de azúcar se genera como residuo bagazo, el cual cuenta con diversas alternativas de aprovechamiento, gracias a sus propiedades como biomasa; En Colombia actualmente se utiliza en un 85% para abastecer energéticamente las doce plantas de cogeneración de los trece ingenios colombianos y el 15% restante es destinado para abastecer la planta uno de producción papel de Propal [1].

En esta investigación se realizó un estudio de la sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar producido en el Valle del Cauca, utilizando el Indicador Integrado de desarrollo sostenible S³ y Biograma desarrollado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA.

Para dicho análisis, se realizó un diagnóstico de la situación actual del aprovechamiento, se definieron las variables y periodos implicados, se determinó el indicador integrado de desarrollo sostenible y Biograma, se analizaron los resultados obtenidos permitiendo establecer el nivel de sostenibilidad del actual aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca.

Se obtuvo como resultado que la sostenibilidad actual del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar es inestable; siendo las dimensiones ambiental, social y económica en orden descendente las que contribuyeron en el resultado general de la sostenibilidad del sector en los periodos evaluados.

Palabras clave: Bagazo de caña de azúcar, cogeneración, producción de papel, indicador de sostenibilidad.

Introducción

En el proceso de producción de la caña de azúcar se genera como residuo el bagazo, el cual es utilizado para abastecer energéticamente plantas de cogeneración y para la producción papel principalmente. La selección del aprovechamiento de este subproducto, se encuentra en función de factores como las políticas públicas, aspectos ambientales, económicos y sociales del área de influencia.

La presente investigación tiene como finalidad determinar el Indicador Integrado de desarrollo sostenible S³ y Biograma propuesto por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA, para los dos procesos de aprovechamiento actuales que son la cogeneración y la producción de papel.

Para dicho análisis, se realizó un diagnóstico de la situación actual con base en un componente práctico que fue la visita técnica realizada a las instalaciones de Asocaña, Cenicaña y Propal y un componente teórico sustentado por la revisión bibliográfica en revistas científicas, informes ambientales anuales y de sostenibilidad de Asocaña, informes anuales y de sostenibilidad de Propal, investigaciones relacionadas con el sector azucarero de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO); entre otras.

Lo anterior permitió representar de manera gráfica y cuantitativa el estado de sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, siendo esta metodología una base sólida para evidenciar los niveles en que se deben adoptar decisiones que contribuyan con el aumento de la sostenibilidad.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Determinar la sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca – Colombia utilizando el indicador integrado de desarrollo sostenible S³ y biograma desarrollado por el IICA.

1.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado actual del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca – Colombia.
- Estimar cuantitativamente la sostenibilidad del actual aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca – Colombia por medio del cálculo del indicador integrado de desarrollo sostenible S³ y biograma desarrollado por el IICA.
- Determinar el grado de sostenibilidad con los resultados obtenidos del indicador integrado de desarrollo sostenible S³ y biograma del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca – Colombia.

2. Marco de Referencia

2.1 El bagazo de caña de azúcar en Colombia

Colombia, al igual que Brasil cuenta con las mejores condiciones de América Latina para el aprovechamiento de la caña de azúcar como biomasa debido a que cuenta con características biofísicas adecuadas como clima, precipitación, suelo, altura y una amplia experiencia en la obtención de los subproductos como el azúcar y el etanol [2]. El Ministerio de Agricultura reporta que los principales departamentos productores de caña de azúcar son el Valle del Cauca y el Cauca con una participación del 79 y 20% de la producción anual, respectivamente.

Existen actualmente 13 grandes ingenios como se muestran en la figura 1, localizados en el Valle del Cauca, los cuales son los mayores productores de residuos de cosecha y de bagazo de caña del país. La producción de residuos de caña varía entre 46 y 50% de la producción total de caña [3].

Figura 1: Ubicación espacial de ingenios azucareros en el Valle del Cauca.



Fuente: Deuda social y ambiental del negocio de la caña de azúcar en Colombia [4].

En estos ingenios se producen aproximadamente 6.000.000 de Toneladas de bagazo por año. Se considera que de una tonelada de caña se obtienen 0.306 toneladas de bagazo, la relación de producción de bagazo con respecto a la producción de caña de azúcar varía entre el 26 y 31% de la producción total [3].

El bagazo producido por los ingenios es usado principalmente para cogeneración según los informes de Asocaña se reporta que el 85% del bagazo producido es utilizado para la producción energética en los mismos ingenios y el 15% restante se utiliza para la industria papelera [3].

La capacidad de cogeneración de los ingenios azucareros ha aumentado progresivamente en los últimos años hasta el punto en que en la actualidad los ingenios son capaces de autoabastecerse energéticamente y entregar a la red nacional parte de la energía producida. De acuerdo con el informe de Fedesarrollo para la matriz eléctrica Colombiana, la producción de electricidad a partir de bagazo en el año 2012 fue de alrededor del 1%. [5].

Teniendo en cuenta lo anterior para los ingenios azucareros la capacidad de cogeneración de energía eléctrica en el 2009 fue de 114 MW de cogeneración, para el 2011 llegó a 190MW, con unas ventas de 53MW a través de la red de interconexión eléctrica nacional y para el 2015 se estima que la capacidad de cogeneración será de 333MW de los cuales se considera que podrían venderse 145MW [5], [1].

La legislación ambiental que reglamenta las entidades aprovechadoras del bagazo de caña de azúcar, se relaciona en el anexo A. Dicha legislación incluye el uso sostenible de recursos naturales, incentivos tributarios por la disminución de impactos ambientales negativos, auto generación de energía y conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN), uso de combustibles para calderas y reglamentación técnica para el proceso de cogeneración.

2.2 Procesos de aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en Colombia

El bagazo de caña de azúcar es el residuo del proceso industrial de fabricación del azúcar, siendo el remanente de los tallos de caña después de ser extraído el jugo azucarado por los molinos del ingenio; Se divide en bagazo integral (wholebagasse), y éste a su vez en médula o meollo (pith) y fibra verdadera (fiber)” [6]. Está constituido principalmente por hemicelulosa, agua, sólidos solubles y materia extraña la cual es considerada como mineral o vegetal, además está compuesto por fibra cuyos constituyentes son celulosa, pentosa y lignina como se muestra en la tabla 1 [7], [8].

Tabla 1: Composición de la fibra del bagazo de caña de azúcar.

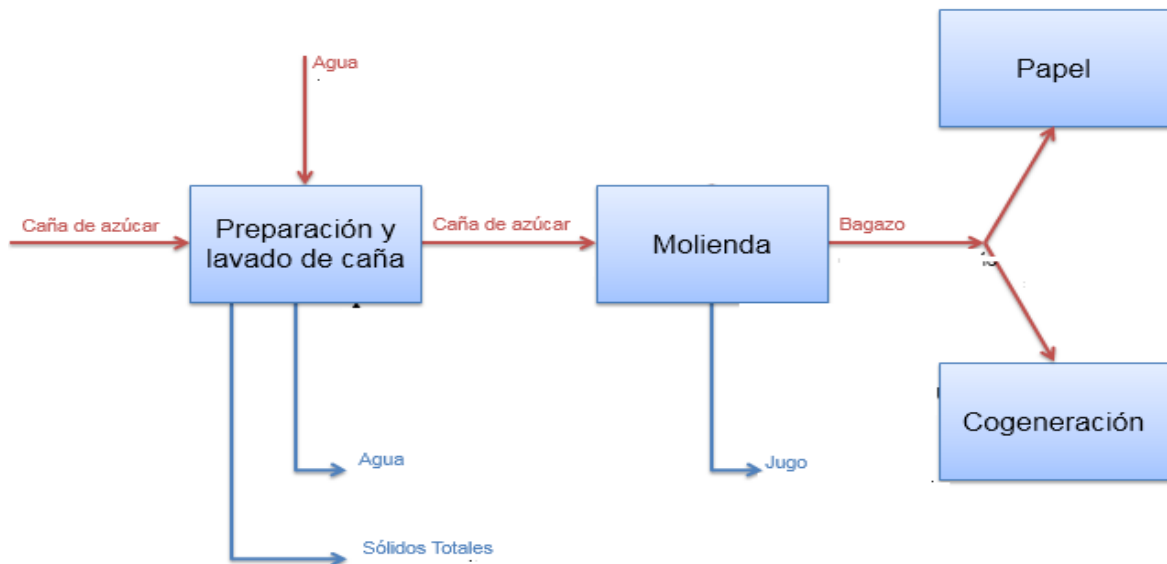
Celulosa	48 %
Pentosa	28,7 %
Lignina	14,3 %
Ceniza	2,4 %
pH	6,1
Nitrógeno total	1,23 %
Carbono	29,36 %
Fósforo disponible	2.399 ppm
Potasio disponible	21,63 ppm

Fuente: Bagazo de caña de azúcar [9].

Se considera que el potencial energético del bagazo húmedo es de 8500 KJ/Kg, característica que lo hace relevante para el aprovechamiento como fuente de energía en cogeneración y para la producción de papel [10].

El bagazo se genera en los ingenios azucareros en el proceso de la Molienda, previo lavado de la caña de azúcar como se observa en la figura XX. Luego de este proceso, el 15 % del bagazo es conducido al proceso de elaboración de papel y el 85 % se queda dentro de los mismos ingenios como combustible de las calderas para generación de energía.

Figura 2: Generación de bagazo.



Fuente: Autores.

2.2.1 Producción de papel

La composición del bagazo hace que sea un ingrediente ideal para ser aplicado y utilizado como fibra de refuerzo en materiales compuestos para la creación de nuevos materiales que poseen propiedades físicas y químicas distintas, es el caso de la producción de pasta de papel.

El proceso de producción de papel a partir de bagazo de caña de azúcar consta de varias etapas como son descritas a continuación:

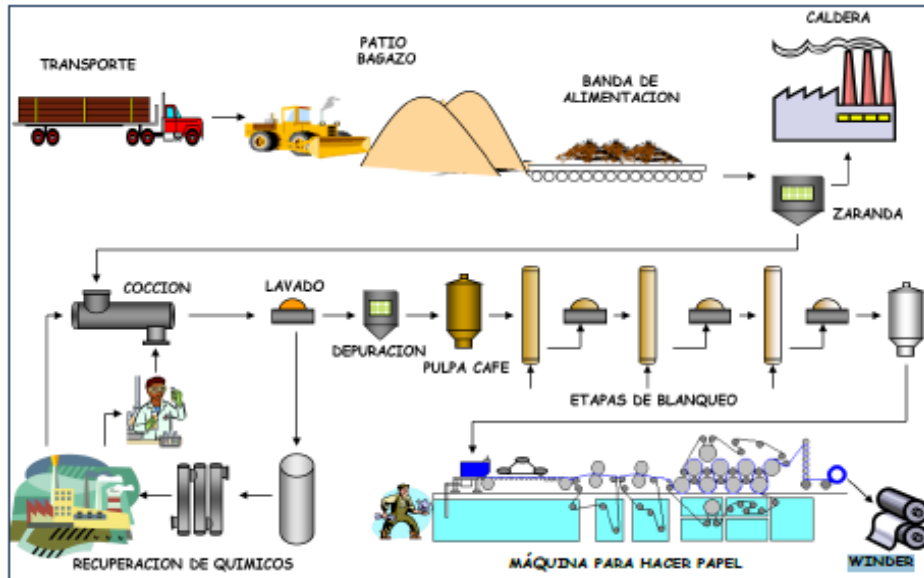
Tabla 2: Etapas de producción de papel.

Etapas	Descripción
Transporte	El bagazo de caña de azúcar proveniente de los ingenios azucareros, es trasladado hacia la planta de PROPAL [11]
Almacenamiento	Es almacenado a la intemperie [11]
Ingreso a la planta	Se distribuye sobre bandas transportadoras [11]
Desmedulado	El bagazo es agitado, golpeado y centrifugado por medio de líneas de desmeduladores, para realizar la separación fibra/médula, los equipos poseen paquetes de martillos que golpean el bagazo integral contra cribas que permiten el pasaje (rechazo) de la médula y la retención (aceptado) de la fracción rica en fibra, para después ser lavado y enviado a la sección de cocción [12]
Cocción de fibra	Esta operación se efectúa en digestores continuos; Este proceso involucra temperatura y presión de vapor constante, el vapor viaja por un colector que ingresa por cada tubo para compensar las pérdidas térmicas durante la cocción, [13].

Lavado de pulpa	Tiene como objetivo quitar todas las impurezas y separar de la pulpa cocida el licor negro; este licor se procesa en el anillo de recuperación, donde es reconvertido en soda cáustica para su nueva utilización. La pulpa lavada es sometida a un proceso de selección y limpieza para luego ser almacenada en una torre o tanque [13].
Blanqueo de la pulpa	Proceso que se da para retirar la lignina residual que le confiere el color marrón a la pulpa. Esto se logra paulatinamente a lo largo del proceso de blanqueo por reacciones químicas que ocurren en cada una de las etapas (torres de retención y posterior lavado por filtración) para eliminar los productos de cada reacción. [12]
Almacenamiento previo de pulpa blanqueada	Cuando la pulpa ya está blanqueada esta se almacena en unos tanques, para posteriormente ir pasando por cintas transportadoras a la máquina de hacer papel [11].
Máquina para hacer papel	La pulpa que entra a la máquina tiene 99.1% de agua y el papel final tiene 4% de agua por lo que se debe de realizar un proceso de secado en esta máquina. Para iniciar el proceso de secado la pulpa entra a una malla de formación en donde parte del agua sale por gravedad, seguidamente la pulpa entra a unos rodillos que le hace presión para posteriormente entrar a unos rodillos secadores que van a terminar de retirar el agua de la pulpa para que se forme el papel [14].

Fuente: Producción de papel a partir de bagazo de caña de azúcar y visita técnica realizada a la Planta de PROPAL del municipio de Yumbo en el Valle del Cauca [11] [12], [13], [14].

Figura 3: Proceso de fabricación de papel.



Fuente: Balance de materiales para la legislación del producto terminado en la empresa Carvajal Pulpa y Papel [14].

2.2.2 Cogeneración de energía

De acuerdo al documento de Cogeneración de asocaña “La cogeneración es un procedimiento mediante el cual se produce de forma simultánea energía eléctrica, mecánica y térmica. El sector azucarero ha sido señalado por estudios nacionales e internacionales como aquel de mayor potencial de cogeneración en Colombia por su disponibilidad de biomasa, en especial el bagazo. Este subproducto, derivado de procesos de cosecha y molienda de caña, constituye la fuente primaria de energía para la cogeneración” [15].

“Este proceso corresponde a la generación eléctrica como parte del proceso productivo, bien sea de azúcar o de etanol. Los ingenios desde sus inicios han utilizado el bagazo de la caña como combustible para alimentar sus calderas y utilizar el vapor como energía para el funcionamiento de sus procesos. La cogeneración entonces utiliza la energía en forma de calor producida por el bagazo para generar vapor y luego mediante el uso de turbogeneradores, la energía eléctrica. El vapor de escape del turbogenerador entonces va al proceso productivo mientras que la electricidad es mayoritariamente utilizada para su consumo propio y una porción se vende a la red nacional. Parte del bagazo

también se utiliza en la industria papelera como fuente de fibra, lo cual evita la tala de árboles” [15].

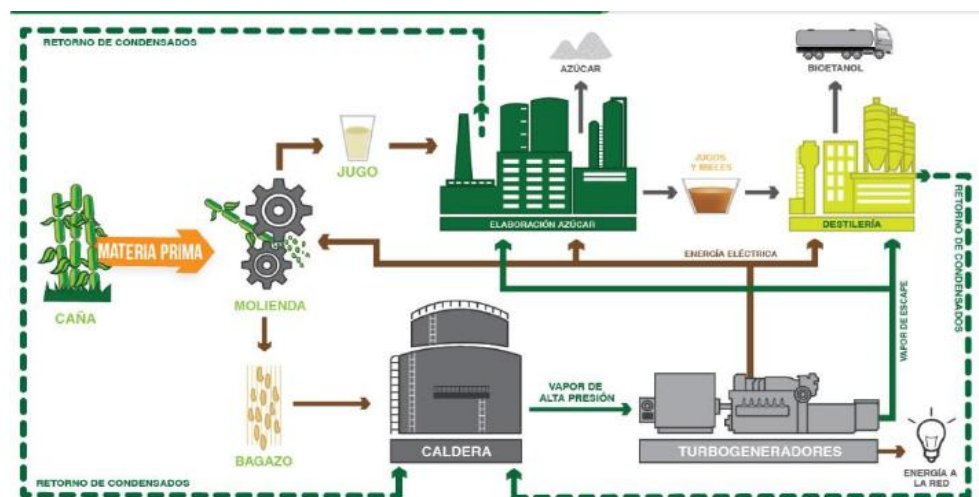
En la tabla 3 se describe el proceso de cogeneración realizado por los ingenios azucareros

Tabla 3: Etapas proceso de cogeneración.

Etapa	Descripción
Molienda del bagazo	Proceso donde se obtiene la materia prima para la cogeneración de energía y se separa la porción que se utiliza para la fabricación de azúcares y alcoholes si se da el caso [16].
Caldera de alta presión	El bagazo se lleva a las calderas para su combustión, que calienta el agua para producir el vapor de alta presión y alta temperatura. Los gases producidos por la combustión del bagazo dentro de la caldera, pasan a través de separadores ciclónicos que se encargan de extraer las partículas gruesas de ceniza [16].
Turbogeneradores	El vapor generado en la caldera es conducido posteriormente a los turbogeneradores que son los encargados de entregar el vapor a diferentes procesos de la fábrica [16].

Fuente: Proceso de cogeneración [16].

Figura 4: Proceso de cogeneración.



Fuente: Cogeneración [15].

En la figura 4 se representa el esquema general del proceso de cogeneración a partir del aprovechamiento del bagazo de caña.

2.3 Indicador integrado de desarrollo sostenible

El indicador integrado de desarrollo sostenible, S³ junto con el biograma, imagen de telaraña, representan el estado de desarrollo sostenible de una unidad analizada. Esta metodología fue desarrollada por el IICA con el fin de proporcionar una herramienta que permita divisar el nivel de desarrollo a escala regional, debido a que los índices como PIB y PNB no establecen el nivel de desarrollo sostenible del país.

Los indicadores son aquellas variables que se analizan en cada dimensión, no es necesario que el número de indicadores por dimensión sea el mismo, siempre y cuando se mantenga cierto equilibrio en el número de indicadores entre las dimensiones. Los indicadores comunican, información acerca del progreso hacia objetivos de diverso tipo, como puede ser los sociales, económicos, ambientales entre otros [17].

Un indicador provee una pista para un asunto de mayor significancia o hace perceptible una tendencia o fenómeno que no es fácilmente detectable. De hecho, los indicadores e índices altamente agregados, se encuentran en la punta de una pirámide de información cuya base la constituyen datos primarios derivados de monitoreo y análisis de datos como se muestra en la figura 5. En ese contexto, los indicadores representan una síntesis de la realidad [17].

Figura 5: Pirámide de información.



Fuente: Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios [17].

Para el desarrollo de S³ junto con el biograma, se realiza el análisis de cuatro dimensiones ambiental, social, económica y político institucional las cuales pueden ser elegidas según la unidad de análisis seleccionada.

El biograma permite representar gráficamente el estado del sistema, en el cual cada eje representa un indicador de cálculo con valores de 0 a 1 siendo 0 el nivel mínimo de desempeño y 1 el máximo, utilizando cinco colores para caracterizar el nivel de desarrollo sostenible de la unidad de análisis, verde para óptimo (0.8-1), azul para estable (0.6-0.8), amarillo para inestable (0.4-0.6), naranja para crítico (2.0-0.4) y por ultimo rojo para colapso (<0.2) [17].

Algunos indicadores de cálculo se representan en la siguiente tabla, siendo una guía para la selección.

Tabla 4: Indicadores de desarrollo sostenible por dimensión.

Indicadores de desarrollo sostenible por dimensión		
Ambiental	Económica	Social
A1. Consumo de combustibles renovables (% del total de energía)	E1. Ahorros domésticos brutos (% PIB)	S1. Desempleo (% de la fuerza de trabajo)
A2. Consumo de energía eléctrica (kwh per cápita)	E2. Balance cuenta corriente (% PIB)	S2. Expectativa de la vida total (años)
A3. Consumo de fertilizantes (100 gramos por hectárea de tierra arable)	E3. Formación del capital bruto (US\$ constantes de 1995)	S3. Fuerza de trabajo femenina (%del total de la fuerza de trabajo)
A4. Contaminantes orgánicos del agua (kg por día)	E4. Índice de precios al consumidor (1995=100)	S4. Líneas telefónicas (por cada 10.000 personas)
A5. Emisiones de CO ₂ orgánicos del agua (ton métricas per cápita)	E5. PIB per cápita (US\$ constantes de 1995)	S5. Tasa de alfabetización (% de personas mayores de 15 años)
	E6. Servicio de la deuda (% de los ingresos corrientes del gobierno central)	

Fuente: Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios [17].

Esta metodología le permite a los usuarios definir en número y tipo de unidades a analizar, la unidad de tiempo (años, meses, semanas o días), no es necesario que

el número de indicadores por dimensión sea el mismo, siempre y cuando se mantenga cierto equilibrio en el número de indicadores entre las dimensiones, recomendando utilizar por lo menos cinco indicadores por dimensión.

2.3.1 Relación de variables

A la vez que se seleccionan los indicadores, debe definirse el tipo de relación que cada uno de ellos tiene con el entorno general. Se debe recordar que las relaciones entre variables no es un asunto casuístico o al azar. Para cada indicador es necesario establecer con perfecta claridad si éste tiene una relación positiva o negativa con el desarrollo. Es decir, el aumento del valor del indicador refleja una situación mejor o peor para la dimensión. Un indicador puede entonces, relacionarse de manera negativa, en el primer caso, o positiva en el segundo caso, con respecto a lo que se considera una situación superior. De esta forma, si un aumento en el valor del indicador resulta en una mejoría del sistema, se considera que se tiene una relación positiva (+). Por el contrario, si un aumento en el valor del indicador empeora la situación, se tiene una relación inversa o negativa (-) [17].

Con el fin de adaptar los indicadores a una escala común, se utiliza una función de relativización, la cual se basa en la metodología planteada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (PNUD) para calcular el Índice de Desarrollo Humano [17].

Para el caso en que los indicadores presentan una relación positiva se adoptó la siguiente ecuación [17]:

Ecuación 1

$$f(x) = \frac{x - m}{M - m}$$

Fuente: Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios [17].

Para el caso en que los indicadores presentan una relación inversa, se multiplicó por (-1) el valor del dato utilizo la formula anterior

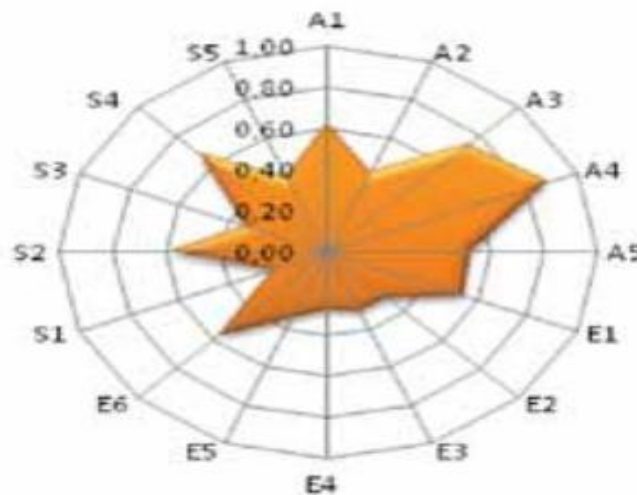
2.3.2 Biograma

Se ha denominado Biograma al diagrama multidimensional y los Índices respectivos que representa gráficamente el estado del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, relevando el grado de desarrollo sostenible de la unidad de análisis, los aparentes desequilibrios entre las diversas

dimensiones y, por ende, los posibles niveles de conflicto existentes. Además de generar un estado de la situación actual del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, el Biograma, por su propia naturaleza, permite realizar un análisis comparativo del sistema analizado en diversos momentos de su historia; es decir, su evolución desde el periodo en que fue implementado [17].

A continuación se muestra un ejemplo de la imagen del Biograma representada mediante un gráfico de telaraña, en la cual cada radio (eje) representa un indicador de cálculo. En este ejemplo, para la estimación del Biograma se utilizaron 16 indicadores por lo que el gráfico de telaraña contará con 16 radios. Por definición, cada uno de los radios del círculo tiene un valor de 1, por lo que el valor de cada indicador individual variará entre 0 y 1, siendo: 0 el nivel mínimo de desempeño y 1 el máximo.

Figura 6: Imagen ejemplo del Biograma.



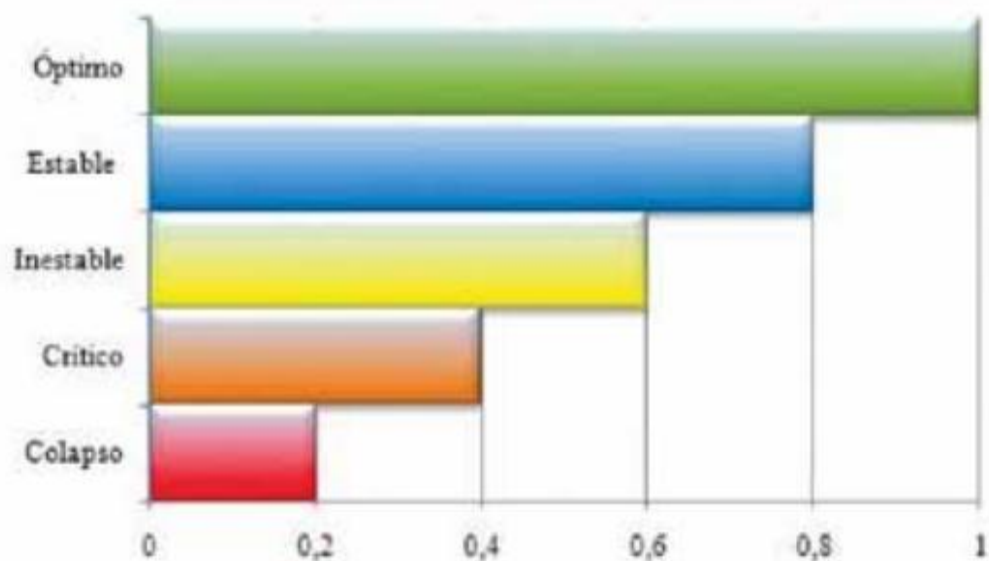
Fuente: Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios [17].

Mediante esta representación gráfica se visualiza, de manera didáctica e instantánea, el estado de desarrollo general de la unidad de análisis en un momento determinado, la posibilidad de contar con representaciones gráficas para cada una de las dimensiones, permite establecer el grado de desempeño de cada una [17].

La alternativa de visualizar en una sola imagen los desequilibrios del sistema, posibilita la identificación de la dimensión para la cual se requiere aplicar políticas, inversiones u otros instrumentos específicos, para corregir la situación.

En el Biograma se utilizan cinco colores para caracterizar fácilmente el estado de desarrollo sostenible de la unidad de análisis. Cuando el área sombreada equivale a un índice por debajo de 0.2, éste se representa en rojo, simbolizando un estado del sistema con una alta probabilidad de colapso. Para niveles entre 0.2 y 0.4 se utiliza el color anaranjado, indicando una situación crítica. De 0.4 a 0.6 el color es amarillo, correspondiendo a un sistema inestable. De 0.6 a 0.8 la representación es en azul, simbolizando un sistema estable. Finalmente de 0.8 a 1 el color es verde y se considera como la situación óptima del sistema. En la figura 7 se puede apreciar tal distribución de colores con su respectivo significado.

Figura 7: Estado del sistema según los colores del Biograma.



Fuente: Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios [17].

2.4 Índice de desarrollo sostenible (S^3)

Debido a que el índice de desarrollo sostenible se elabora a partir de la situación de las diferentes dimensiones, es posible determinar la contribución de cada una de ellas al índice general mediante el cálculo de un índice por cada dimensión de análisis utilizada (Ej. Ambiental, social y económica), lo que ayuda a la determinación de los posibles desequilibrios entre las mismas. El cálculo de índices individuales (por dimensiones) facilita la identificación del desempeño [17].

3. Aplicación de S3 y biograma al aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca

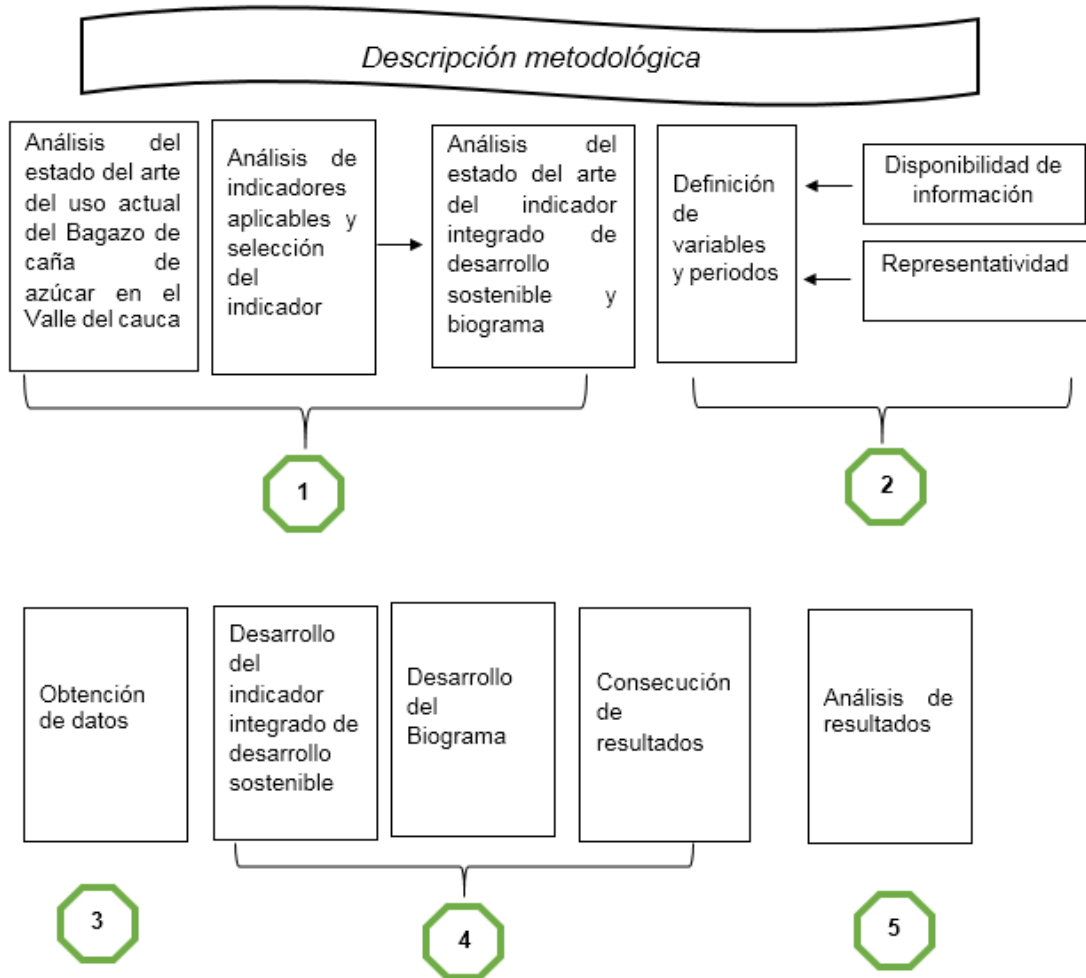
La metodología utilizada para el desarrollo del indicador, se muestra en la figura 8. Fue desarrollada para las dos entidades que actualmente aprovechan el bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca las cuales son Asocaña y Propal; Asocaña como Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, representa a los 12 ingenios azucareros que aprovechan el bagazo para la cogeneración dentro de sus instalaciones. Por su parte, Propal se encarga de recibir el bagazo resultado de la molienda para la producción de papel.

Luego de obtener el resultado del indicador integrado de desarrollo sostenible y biograma de cada uno, fue posible obtener el resultado general de la sostenibilidad.

La aplicación de la metodología para determinar el aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca se realizó a cada tipo de aprovechamiento con el fin de determinar en primera instancia la sostenibilidad de cada proceso de aprovechamiento de acuerdo a los reportes de cada uno.

Teniendo en cuenta lo anterior otro motivo de análisis por proceso de aprovechamiento es la divergencia en los reportes de Asocaña con respecto a Propal debido a que Asocaña emite reportes conjuntos de los 12 ingenios; Además de esto, la disponibilidad de información es de periodos distintos siendo para Asocaña de cinco años y de Propal para tres años.

Figura 8: Metodología general para el desarrollo del Indicador Integrado de Desarrollo Sostenible y Biograma.



Fuente: Construida a partir de Biograma 2008 [17].

3.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis es el aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca.

3.2 Descripción de variables ambientales por proceso

En la tabla 5 se muestra la descripción de las variables asociadas a la dimensión ambiental.

Tabla 5: Descripción de variables ambientales. Compilado por los autores, 2015.

VARIABLE	ASOCAÑA	PROPAL
Vertimientos	<p>Los vertimientos de los ingenios son generados en diferentes etapas del proceso como lo es en el lavado de la caña, por condensación en el proceso de evaporación del jugo de caña para la obtención de meladura o jugo concentrado, alcalización, clarificación, cristalización, centrifugación y en el secado de cristales de azúcar.</p> <p>Las aguas residuales de la industria de la caña de azúcar, son aguas ricas en potasio, nitrógeno, fósforo, calcio y materia orgánica.</p> <p>En el proceso de cogeneración los vertimientos de agua son por derrames en el almacenamiento de agua de enfriamiento, en la generación de vapor y uso de agua para purga en tubos.</p>	<p>Los vertimientos de Propal son generados en las etapas de lavado y adecuación de la pulpa, y durante el proceso de blanqueo de papel, donde se limpia de impurezas a la pulpa y se le retira la lignina residual.</p> <p>En la producción de papel y cartón se generan residuos líquidos: cloruros, tintas con pigmentos, desechos inorgánicos como ácidos y álcalis; desechos orgánicos con contenido de disolventes no halogenados, aguas residuales con DBO5, sólidos suspendidos, color, compuestos sulfurados.</p>
Consumo de agua	<p>El consumo de agua en los ingenios es realizado en el proceso de lavado de caña, uso de agua para la maceración, sulfitación, alcalización, clarificación, cristalización, centrifugación y agua de enfriamiento para el proceso de cogeneración.</p>	<p>El consumo de agua de Propal es generado en el proceso del lavado de bagazo, lavado de la pulpa de papel, y proceso de blanqueo blanqueamiento de la pulpa por reacciones químicas que ocurren en cada una de las etapas (torres de retención y posterior lavado por filtración).</p>
Emisiones	<p>Las emisiones del proceso de cogeneración se producen en las calderas por la combustión de bagazo en un 90% y carbón en un 10% para producir vapor de alta presión, las emisiones atmosféricas generadas son de material particulado y gases NOx, SOx, CO, y CO₂.</p>	<p>Las emisiones del proceso de producción de papel se generan en las calderas por la combustión de carbón y polvillo de bagazo, las emisiones al aire contienen óxidos de nitrógeno (NOx), partículas finas y gruesas, óxidos de azufre(SOx), CO, y CO₂.</p>

Fuente: Descripción de procesos; Visita técnica Propal; [11] [18].

3.3 Descripción de dimensiones y variables para el cálculo del S³ y Biograma

Las variables escogidas para estimar la sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, fueron seleccionadas de acuerdo a las sugerencias realizadas por el equipo de especialistas de investigación de CENICAÑA, Hernán Vidal; Especialista de gestión ambiental de Carvajal Pulpa y Papel y la disponibilidad de información para los periodos evaluados.

Se definieron como dimensiones de análisis: ambiental, económica y social. En la tabla 6 se describen cada una de las variables de acuerdo a las dimensiones ambiental, social y económica.

Tabla 6: Descripción de variables. Compilado por los autores, 2015.

Dimensión	Variable		Unidad Asocaña	Unidad Propal	Descripción
Ambiental	Vertimientos DBO	A1	mg/l	Kg	Se refiere a la cantidad de materia orgánica biodegradable contenida en el agua residual dispuesta a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo.
	Vertimientos DQO	A2	mg/l	Kg	Se refiere a la cantidad de materia inorgánica contenida en el agua residual reportada dispuesta a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo.
	Vertimientos SST	A3	mg/l	Kg	Se refiere a la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento dispuestos en un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo.
	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento	A4	Tn	Tn	Se refiere a las toneladas de bagazo de caña de azúcar que son dispuestas para cogeneración o producción de papel.
	Consumo de energía	A5	GJ	GJ	Se refiere a la cantidad de energía en GJ utilizada para los procesos.
	Emisiones PST	A6	Kg	Kg	Se refiere a la descarga de PST al aire, provenientes de las fuentes fijas de las plantas de Propal y reportadas por Asocaña en representación de cada uno de los ingenios
	Emisiones NOx	A7	Kg	Kg	Se refiere a la descarga de NOx al aire, provenientes de las fuentes fijas de las plantas de Propal y reportadas por Asocaña en representación de cada uno de los

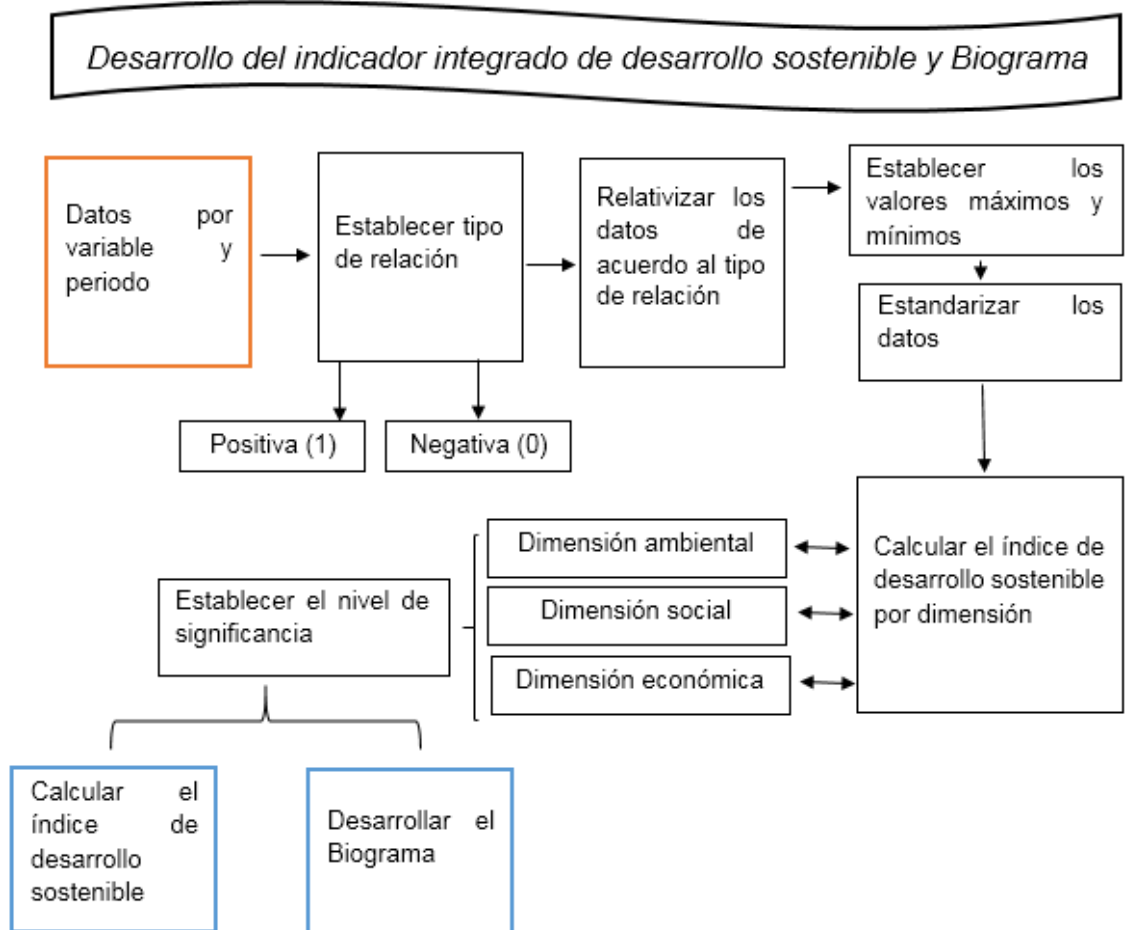
Dimensión	Variable		Unidad Asocaña	Unidad Propal	Descripción
					ingenios.
	Consumo de agua	A8	m3	m3	Se refiere al agua que después de hacer parte del proceso de cogeneración o de producción de papel es vertida a los cuerpos de agua.
	Ahorro de recursos naturales	A9	Tn de ahorro de carbón	Tn pulpa maderable ahorradas	Se refiere a las toneladas de recursos naturales como pulpa maderable o cartón que se han dejado de adquirir por parte de Propal o los ingenios debido al uso de bagazo de caña de azúcar como materia prima.
	Residuos generados	A10	Tn	Tn	Se refiere a las Tn de materia que no es aprovechada por Propal y la porción de bagazo no aprovechable
Económica	Productividad del bagazo	E1	Tn	Tn	Se refiere a la porción total aprovechada del bagazo aprovechado en relación con las toneladas totales producidas.
	Generación del producto final	E2	Energía MW-GWh	Tn Papel	Se refiere a la cantidad del producto final generado anualmente, siendo energía para la cogeneración y papel para Propal.
	Venta de producto final	E3	Energía MW	Millones de \$COP	Se refiere a la cantidad de energía vendida por la cogeneración al SIN y a los millones de pesos vendidos por Propal.

Dimensión	Variable		Unidad Asocaña	Unidad Propal	Descripción
	Ahorro por cambio de materia prima por el uso de bagazo	E4	Millones de \$COP	Millones de \$COP	Se refiere a los millones de pesos que se están dejando de invertir por parte de Propal y la cogeneración en la compra de pulpa maderable y carbón para la producción del producto final.
Social	Inversión en proyectos sociales	S1	Millones de \$COP	Millones de \$COP	Se refiere a los millones de pesos que se invierten en los diferentes proyectos sociales de Propal y Asocaña.
	Mejora del perfil laboral	S2	Personas capacitadas	Horas capacitación por empleado	Se refiere a la cantidad de personas capacitadas por los programas y convenios educativos de Asocaña, y las horas de capacitación implementadas a los empleados en Propal.
	Generación de empleo	S3	Personas empleadas	Personas empleadas	Se refiere a la cantidad de empleos generados anualmente por Asocaña y Propal.
	Cantidad beneficiados de por programas	S4	Personas beneficiadas	Personas beneficiadas	Se refiere a la cantidad de personas que participan en cada uno de los programas sociales de Asocaña y Propal.

Fuente: Autores

La figura 9, describe la metodología detallada para desarrollar el indicador integrado de desarrollo sostenible y biograma.

Figura 9: Desarrollo del indicador integrado de desarrollo sostenible y biograma.



Fuente: Construída a partir de Biograma 2008 [17].

3.4 Cálculo del S³ y Biograma Asocaña

3.4.1 Obtención de datos

La realización del S³ para Asocaña se realizó durante los periodos del 2009 al 2013, porque en estos años se encontraba la mejor disponibilidad de datos. Es preciso anotar que los periodos del año 2014 y 2015 no fueron tenidos en cuenta debido a que Asocaña no ha emitido su informe anual 2014-2015. En la tabla 7 se presentan los datos para la dimensión ambiental; el cálculo de los datos faltantes se encuentra en el Anexo B-B1 de Excel.

Tabla 7: Datos dimensión ambiental para Asocaña.

Años	DIMENSION AMBIENTAL									
	Vertimientos DBO mg/l	Vertimientos DQO mg/l	Vertimientos SST mg/l	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento Tn	Consumo de energía GJ	Emisiones PST Kg/año	Emisiones NOx Kg/año	Consumo de agua m3	Ahorro de recursos naturales	Tn Residuos
2009	199,5	380,9	54,4	8256026,117	44853827	5699038	4968392	15011136	3508811	6.498.912,7
2010	255,2	490,8	98,2	7095407,788	60225270	4897877	4269944	11163744	3015548	5.585.306,4
2011	324,5	649	121,7	7955065,221	47934535	5491288	4787277	12204432	3380903	6.262.004,7
2012	346,4	757,8	151,6	7288270,036	42591896	5031008	4386007	10942992	3097515	5.737.122,2
2013	243,6	507,5	182,7	7548884,908	40618936	5210907	4542842	11983680	3208276	5.942.270,9

Fuente: Anexo estadístico Asocaña, Manual de inventario de fuentes puntuales Fedepanela, [19], [20], [21], [22].

Tabla 8: Datos dimensión económica para Asocaña.

Años	DIMENSIÓN ECONOMICA			
	Productividad del bagazo tn	Generación del producto final (energía MW-GWh)	Venta de producto final (energía MW)	Ahorro por cambio de materia prima millones de \$CO
2009	7017622,20	35,00	35,00	331,09
2010	6031096,62	59,40	54,90	300,47
2011	6761805,44	54,40	55,00	377,00
2012	6195029,53	57,00	57,00	310,81
2013	6416552,17	66,00	66,00	325,52

Fuente: Informe Asocaña, Cámara de comercio de Cali, UPME [23], [24], [25], [26], [22].

Tabla 9: Datos dimensión social para Asocaña.

Años	DIMENSIÓN SOCIAL			
	Inversión en proyectos sociales (millones de pesos)	Mejora del perfil laboral (personas capacitadas)	Generación de empleo (personas)	Cantidad de beneficiados por programas (personas)
2009	262,13	5066,67	188533,00	4302,25
2010	465,00	3812,13	188533,00	3451,70
2011	580,33	4318,75	188533,00	3857,20
2012	428,33	4905,00	188000,00	4757,40
2013	439,40	7376,20	180000,00	7228,80

Fuente: Informes Asocaña, Fedesarrollo [23], [27], [28], [29], [30], [31].

3.4.2 Entrada de datos

Para ingresar los datos al sistema se especifica en tipo de relación de las variables, siendo 0 en caso que represente una peor situación con el aumento, variables con relación negativa y 1 para variables con relación positiva en caso que represente una peor situación con el aumento. Hablamos de variables dicotómicas cuanto el impacto de cada variable en sus respectivas dimensiones son positivos o negativos, dándole un valor de 1 para el impacto positivo y el valor de 0 al impacto negativo.

Tabla 10: Entrada de datos ambientales para Asocaña.

Años	DIMENSION AMBIENTAL									
	Vertimien tos DBO mg/l	Vertimien tos DQO mg/l	Vertimien tos SST mg/l	Bagazo dispues to para el aprovech amiento Tn	Consum o de energía GJ	Emisione s PST Kg/año	Emisione s NOx Kg/año	Consum o de agua m3	Ahorro de recursos naturales tn	residuos generado s tn
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
2009	199,5	380,9	54,4	19,04724	44853827	5699038	4968392	15011136	3508811	6498913
2010	255,2	490,8	98,2	34,35434	60225270	4897877	4269944	11163744	3015548	5585306
2011	324,5	649,0	121,7	42,58995	47934535	5491288	4787277	12204432	3380903	6262005
2012	346,4	757,8	151,6	53,04713	42591896	5031008	4386007	10942992	3097515	5737122
2013	243,6	507,5	182,7	63,94446	40618936	5210907	4542842	11983680	3208276	5942271
MAX.	346,4302	757,8161	182,6984	63,94446	60225270	5699038	4968392	15011136	3508811	6498913
MIN.	199,5426	380,9449	54,4207	19,04724	40618936	4897877	4269944	10942992	3015548	5585306

Tabla 11: Entrada de datos económicos para Asocaña.

Año	DIMENSIÓN ECONOMICA			
	Productividad del bagazo tn	Generación del producto final (energía MW- GWh)	Venta de producto final (energía MW)	Ahorro por cambio de materia prima millones de \$CO
	1	1	1	1
2009	7017622,20	35,00	35,00	331,09
2010	6031096,62	59,40	54,90	300,47
2011	6761805,44	54,40	55,00	377,00
2012	6195029,53	57,00	57,00	310,81
2013	6416552,17	66,00	66,00	325,52
MÁX.	7017622,20	66,00	66,00	377,00
MÍN.	6031096,62	35,00	35,00	300,47

Tabla 12: Entrada de datos sociales para Asocaña.

Año	DIMENSIÓN SOCIAL			
	Inverision en proyectos sociales (millones de pesos)	Mejora del perfil laboral (personas capacitadas)	Generacion de empleo (personas)	Cantidad de beneficiados por programas (personas)
	1	1	1	1
2009	262,13	5066,67	188533,00	4302,25
2010	465,00	3812,13	188533,00	3451,70
2011	580,33	4318,75	188533,00	3857,20
2012	428,33	4905,00	188000,00	4757,40
2013	439,40	7376,20	180000,00	7228,80
MAX.	580,33	7376,20	188533,00	7228,80
MIN.	262,13	3812,13	180000,00	3451,70

3.4.3 Estandarización de datos

La estandarización de datos fue realizada únicamente para algunas variables ambientales debido a que en las dimensiones sociales y económicas todas las variables elegidas fueron de relación positiva, para lo anterior, es necesario tener en cuenta el tipo de relación entre las variables mediante el condicional:

Si la celda de relación entre variables es igual a cero se debe multiplicar el valor con menos uno (-1) en caso contrario el valor de la celda seguirá siendo el mismo.

Tabla 13: Estandarización de datos ambientales para Asocaña.

Año	DIMENSIÓN AMBIENTAL									
	Vertimientos DBO mg/l	Vertimientos DQO mg/l	Vertimientos SST mg/l	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento Tn	Consumo de energía GJ	Emisiones PST Kg/año	Emisiones NOx Kg/año	Consumo de agua m3	Ahorro de recursos naturales tn	residuos generados tn
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
2009	-199,54256	-380,9449	-54,4207	19,04724	-44853827	-5699038	-4968392	-15011136	3508811	6498913
2010	-255,20365	-490,7763	-98,15525	34,35434	-60225270	-4897877	-4269944	-11163744	3015548	5585306
2011	-324,49483	-648,9897	-121,6856	42,58995	-47934535	-5491288	-4787277	-12204432	3380903	6262005
2012	-346,43023	-757,8161	-151,5632	53,04713	-42591896	-5031008	-4386007	-10942992	3097515	5737122
2013	-243,59793	-507,4957	-182,6984	63,94446	-40618936	-5210907	-4542842	-11983680	3208276	5942271
MAX.	-199,54256	-380,9449	-54,4207	63,94446	-40618936	-4897877	-4269944	-10942992	3508811	6498913
MIN.	-346,43023	-757,8161	-182,6984	19,04724	-60225270	-5699038	-4968392	-15011136	3015548	5585306

3.4.4 Relativización de datos y determinación del índice por dimensión y en general

La relativización de datos se realizó con el fin de que los datos sean expresados de manera adimensional en el rango de 0 a 1 mediante la ecuación 1 del marco de referencia. La cual permite relativizar todas las variables y, por ende, generan un nuevo rango apto para realizar análisis comparativo.

El cálculo del índice por dimensión fue realizado mediante el promedio de los datos relativizados de las variables para cada año y puede ser verificado en el Anexo B-B1 de Excel.

Tabla 14: Relativización e índice de datos ambientales para Asocaña.

Año	DIMENSIÓN AMBIENTAL										ÍNDICE
	Vertimientos DBO mg/l	Vertimientos DQO mg/l	Vertimientos SST mg/l	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento Tn	Consumo de energía GJ	Emisiones PST Kg/año	Emisiones NOx Kg/año	Consumo de agua m3	Ahorro de recursos naturales tn	Residuos generados tn	
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	
2009	1,00	1,00	1,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,58
2010	0,62	0,71	0,66	0,34	0,00	1,00	1,00	0,95	0,00	0,00	0,53
2011	0,15	0,29	0,48	0,52	0,63	0,26	0,26	0,69	0,74	0,74	0,48
2012	0,00	0,00	0,24	0,76	0,90	0,83	0,83	1,00	0,17	0,17	0,49
2013	0,70	0,66	0,00	1,00	1,00	0,61	0,61	0,74	0,39	0,39	0,61

Tabla 15: Relativización e índice de datos económicos para Asocaña.

Año	DIMENSIÓN ECONOMICA				ÍNDICE
	Productividad del bagazo tn	del producto final (Energía)	Venta de producto final (Energía MW)	cambio de materia prima millones de \$CO	
	1	1	1	1	
2009	1,00	0,00	0,00	0,40	0,35
2010	0,00	0,79	0,64	0,00	0,36
2011	0,74	0,63	0,65	1,00	0,75
2012	0,17	0,71	0,71	0,14	0,43
2013	0,39	1,00	1,00	0,33	0,68

Tabla 16: Relativización e índice de datos sociales para Asocaña.

Año	DIMENSIÓN SOCIAL				ÍNDICE
	Inverision en proyectos sociales	Mejora del perfil laboral (personas)	Generacion de empleo (personas)	Cantidad de beneficiados por programas (personas)	
	1	1	1	1	
2009	0,00	0,35	1,00	0,23	0,39
2010	0,64	0,00	1,00	0,00	0,41
2011	1,00	0,14	1,00	0,11	0,56
2012	0,52	0,31	0,94	0,35	0,53
2013	0,56	1,00	0,00	1,00	0,64

El cálculo del indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general para Asocaña fue realizado mediante el resultado del índice por cada dimensión (ambiental, económica y social) multiplicado por un porcentaje de importancia de 0,33 para todos los resultados.

El nivel de significancia fue de 0,33 debido a que se consideró que todas las variables evaluadas tienen la misma influencia en la determinación de la sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca.

Tabla 17: Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general para Asocaña.

Año	ÍNDICE AMBIENTAL	B1	ÍNDICE ECONÓMICO	B2	ÍNDICE SOCIAL	B3	ÍNDICE DESARROLLO SOSTENIBLE
2009	0,58	0,33	0,35	0,33	0,39	0,33	0,44
2010	0,53	0,33	0,36	0,33	0,41	0,33	0,43
2011	0,48	0,33	0,75	0,33	0,56	0,33	0,59
2012	0,49	0,33	0,43	0,33	0,53	0,33	0,48
2013	0,61	0,33	0,68	0,33	0,64	0,33	0,64

3.5 Cálculo del S³ y biograma Propal

3.5.1 Calculo de datos

La realización del S³ para Propal se realizó durante los periodos del 2010 al 2012, porque son los años en que mejor se dispone de la mejor información. En la tabla 18 se presentan los datos para la dimensión ambiental; el cálculo de los datos faltantes se encuentra en el Anexo B-B2 de Excel.

Tabla 18: Datos dimensión ambiental para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN AMBIENTAL									
	Vertimientos de DBO (Kg)	Vertimientos de DQO (Kg)	Vertimientos de SST (Kg)	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento (Ton)	Consumo de energía (GJ)	Emisiones de PST (Kg)	Emisiones de NOx (Kg)	Consumo de agua (m3)	Ahorro de recursos naturales (Ton)	Residuos generados (Ton)
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
2010	2294855,4	15437693,5	7436079,4	1064311,2	2362626,1	1733994,6	1152101,6	25706120,0	578387,7	262,4
2011	2327958,7	15660381,8	7543344,7	1193259,8	2396706,9	641260,0	1516043,0	25673223,0	586730,9	239,0
2012	2400754,3	16150084,6	7779226,3	1093240,5	2471652,4	496000,0	961000,0	27137558,0	605078,1	195,0

Fuente: Informes anual y de sostenibilidad de Propal [32], [33], [34], [35], [36], [37].

Tabla 19: Datos dimensión económica para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN ECONÓMICA			
	Productividad del bagazo (Ton)	Ventas de producto final (Papel) (Millones \$COP)	Generación del producto final (Papel) (Ton)	Ahorro por cambio de materia prima (Pulpa) (Millones \$COP)
	1	1	1	1
2010	646392,1	548272,0	233692,0	1028244800,0
2011	655716,3	534686,5	237063,0	1043077200,0
2012	676220,6	527893,8	244476,0	1075694400,0

Fuente: Informes anual y de sostenibilidad de Propal [32], [33], [34], [35], [36], [37].

Tabla 20: Datos dimensión social para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN SOCIAL			
	Inversión proyectos sociales (Millones \$COP)	Mejora del perfil laboral (Horas capacitación por empleado)	Generación de empleos (Personas empleadas)	Cantidad de beneficiados por programas (Personas beneficiadas)
	1	1	1	1
2010	1332000000,0	85,1	1599,0	11850,0
2011	2158912000,0	129,0	1572,0	15500,0
2012	533990000,0	197,0	1507,0	16658,0

Fuente: Informes anual y de sostenibilidad de Propal [32], [33], [34], [35], [36], [37].

3.5.2 Entrada de datos

Para ingresar los datos al sistema se especifica en tipo de relación de las variables, siendo 0 en caso que represente una peor situación con el aumento, variables con relación negativa y 1 para variables con relación positiva en caso que represente una peor situación con el aumento.

Tabla 21: Entrada de datos ambientales para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN AMBIENTAL									
	Vertimientos de DBO (Kg)	Vertimientos de DQO (Kg)	Vertimientos de SST (Kg)	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento (Ton)	Consumo de energía (GJ)	Emisiones de PST (Kg)	Emisiones de NOx (Kg)	Consumo de agua (m3)	Ahorro de recursos naturales (Ton)	Residuos generados (Ton)
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
2010	2294855,4	15437693,5	7436079,4	1064311,2	2362626,1	1733994,6	1152101,6	25706120,0	578387,7	262,4
2011	2327958,7	15660381,8	7543344,7	1193259,8	2396706,9	641260,0	1516043,0	25673223,0	586730,9	239,0
2012	2400754,3	16150084,6	7779226,3	1093240,5	2471652,4	496000,0	961000,0	27137558,0	605078,1	195,0

MAX.	2400754,32	16150084,56	7779226,32	1193259,78	2471652,4	1733994,6	1516043	27137558	605078,1	262,37
MIN.	2294855,44	15437693,52	7436079,44	1064311,17	2362626,1	496000	961000	25673223	578387,7	195

Tabla 22: Entrada de datos económicos para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN ECONÓMICA			
	Productividad del bagazo (Ton)	Ventas de producto final (Papel) (Millones \$COP)	Generación del producto final (Papel) (Ton)	Ahorro por cambio de materia prima (Pulpa) (Millones \$COP)
	1	1	1	1
2010	646392,1	548272,0	233692,0	1028244800,0
2011	655716,3	534686,5	237063,0	1043077200,0
2012	676220,6	527893,8	244476,0	1075694400,0

MÁX.	676220,616	548272	244476	1075694400
MÍN.	646392,072	527893,8	233692	1028244800

Tabla 23: Entrada de datos sociales para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN SOCIAL			
	Inversión proyectos sociales (Millones \$COP)	Mejora del perfil laboral (Horas capacitación por empleado)	Generación de empleos (Personas empleadas)	Cantidad de beneficiados por programas (Personas beneficiadas)
	1	1	1	1
2010	1332000000,0	85,1	1599,0	11850,0
2011	2158912000,0	129,0	1572,0	15500,0
2012	533990000,0	197,0	1507,0	16658,0
MAX.	2158912000	197	1599	16658
MIN.	533990000	85,14	1507	11850

3.5.3 Estandarización de datos

La estandarización de datos fue realizada únicamente para algunas variables ambientales debido a que en las dimensiones sociales y económicas todas las variables elegidas fueron de relación positiva, para lo anterior, es necesario tener en cuenta el tipo de relación entre las variables mediante el condicional:

Si la celda de relación entre variables es igual a cero se debe multiplicar el valor con menos uno (-1) en caso contrario el valor de la celda seguirá siendo el mismo.

Tabla 24: Estandarización de datos ambientales para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN AMBIENTAL									
	Vertimientos de DBO (Kg)	Vertimientos de DQO (Kg)	Vertimientos de SST (Kg)	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento (Ton)	Consumo de energía (GJ)	Emisiones de PST (Kg)	Emisiones de NOx (Kg)	Consumo de agua (m3)	Ahorro de recursos naturales (Ton)	Residuos generados (Ton)
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
2010	-2294855,4	-15437693,5	-7436079,4	1064311,2	-2362626,1	-1733994,6	-1152101,6	-25706120,0	578387,7	-262,4
2011	-2327958,7	-15660381,8	-7543344,7	1193259,8	-2396706,9	-641260,0	-1516043,0	-25673223,0	586730,9	-239,0
2012	-2400754,3	-16150084,6	-7779226,3	1093240,5	-2471652,4	-496000,0	-961000,0	-27137558,0	605078,1	-195,0
MAX.	-2294855,44	-15437693,52	-7436079,44	1193259,78	-2362626,1	-496000	-961000	-25673223	605078,1	-195
MIN.	-2400754,32	-16150084,56	-7779226,32	1064311,17	-2471652,4	-1733995	-1516043	-27137558	578387,7	-262,37

3.5.4 Relativización de datos y determinación del índice por dimensión y en general.

La relativización de datos se realizó con el fin de que los datos sean expresados de manera adimensional en el rango de 0 a 1 mediante la ecuación 1, que fue aplicada de igual forma para la relativización de datos de Asocaña.

La ecuación permite relativizar todas las variables y, por ende, generan un nuevo rango apto para realizar análisis comparativo.

El cálculo del índice por dimensión fue realizado mediante el promedio de los datos relativizados de las variables para cada año y puede ser verificado en el Anexo B-B2 de Excel.

Tabla 25: Relativización e índice de datos ambientales para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN AMBIENTAL										ÍNDICE
	Vertimientos de DBO (Kg)	Vertimientos de DQO (Kg)	Vertimientos de SST (Kg)	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento (Ton)	Consumo de energía (GJ)	Emisiones de PST (Kg)	Emisiones de NOx (Kg)	Consumo de agua (m3)	Ahorro de recursos naturales (Ton)	Residuos generados (Ton)	
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
2010	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,7	1,0	0,0	0,0	0,56
2011	0,7	0,7	0,7	1,0	0,7	0,9	0,0	1,0	0,3	0,3	0,63
2012	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,42

Tabla 26: Relativización e índice de datos económicos para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN ECONÓMICA				ÍNDICE
	Productividad del bagazo (Ton)	Ventas de producto final (Papel) (Millones \$COP)	Generación del producto final (Papel) (Ton)	Ahorro por cambio de materia prima (Pulpa) (Millones \$COP)	
	1	1	1	1	
2010	0,0	1,0	0,0	0,0	0,25
2011	0,3	0,3	0,3	0,3	0,32
2012	1,0	0,0	1,0	1,0	0,75

Tabla 27: Relativización e índice de datos sociales para Propal.

AÑOS	DIMENSIÓN SOCIAL				ÍNDICE
	Inversión proyectos sociales (Millones \$COP)	Mejora del perfil laboral (Horas capacitación por empleado)	Generación de empleos (Personas empleadas)	Cantidad de beneficiados por programas (Personas beneficiadas)	
	1	1	1	1	
2010	0,5	0,0	1,0	0,0	0,37
2011	1,0	0,4	0,7	0,8	0,71
2012	0,0	1,0	0,0	1,0	0,50

El cálculo del indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general para Propal fue realizado mediante el resultado del índice por cada dimensión (ambiental,

económica y social) multiplicado por un porcentaje de importancia de 0,33 para todas las dimensiones.

El nivel de importancia fue de 0,33 debido a que se consideró que todas las variables evaluadas tienen la misma influencia en la determinación de la sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca.

Tabla 28: Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general para Propal.

AÑO	ÍNDICE AMBIENTAL	B1	ÍNDICE ECONÓMICO	B2	ÍNDICE SOCIAL	B3	ÍNDICE DESARROLLO SOSTENIBLE
2010	0,56	0,33	0,25	0,33	0,37	0,33	0,39
2011	0,63	0,33	0,32	0,33	0,71	0,33	0,55
2012	0,42	0,33	0,75	0,33	0,50	0,33	0,55

4. Resultados y análisis

4.1 Indicador integrado de desarrollo sostenible S³

4.1.1 Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general anual para Asocaña.

Tabla 29: Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general anual para Asocaña.

Año	ÍNDICE AMBIENTAL	ÍNDICE ECONÓMICO	ÍNDICE SOCIAL	ÍNDICE DESARROLLO SOSTENIBLE
2009	0,58	0,35	0,39	0,44
2010	0,53	0,36	0,41	0,43
2011	0,48	0,75	0,56	0,59
2012	0,49	0,43	0,53	0,48
2013	0,61	0,68	0,64	0,64

Según los resultados, el nivel de sostenibilidad para Asocaña ha aumentado en general para cada periodo evaluado debido a que por cada dimensión el aumento en la sostenibilidad en general también ha sido anual.

Por ejemplo en relación con la dimensión ambiental el aumento en la sostenibilidad para el año 2013 se generó a causa de que algunos de los resultados con menor registro y relación negativa estuvieron registrados para este periodo y de manera similar, algunos de los mayores registros con relación positiva como se puede observar en la tabla 14, el caso de uno de los menores datos en generación de vertimientos de DBO, consumo de energía y agua, siendo estas variables de relación negativa, a diferencia del bagazo dispuesto para aprovechamiento de relación positiva con su mayor reporte en este periodo.

A pesar de que el mayor reporte de sostenibilidad en relación con los aspectos económicos fue para el año 2011 debido a que para este año fue mayor la productividad del bagazo y por ende el ahorro en cambio de materias primas, el indicador se recuperó en el 2013 hasta llegar a 0,64 porque para el año 2013 la sostenibilidad económica logró recuperarse a causa de las mayores ventas de energía y uno de los reportes más altos en el ahorro por el cambio de materias primas debido al aumento del precio de las toneladas de carbón.

La dimensión social tuvo el mayor índice de sostenibilidad debido a que para ese periodo se presentaron mayores personas beneficiadas en relación con la capacitación y participación en programas sociales por la concertación de nuevas alianzas educativas y de bienestar social con Asocaña.

La sostenibilidad de Asocaña presento los menores niveles para los primeros periodos porque como se puede observar en las tablas 11 y 12 para estos periodos fue menor la disposición de bagazo y las ventas de energía a causa de la menor producción de caña molida; Siendo este año también el de menos inversión social debido a que no se habían implementado proyectos sociales como el Programa Educativo Uno para cada Uno: Educando al Futuro.

4.1.2 Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general anual para Propal.

Tabla 30: Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general anual para Propal.

AÑO	ÍNDICE AMBIENTAL	ÍNDICE ECONÓMICO	ÍNDICE SOCIAL	ÍNDICE DESARROLLO SOSTENIBLE
2010	0,56	0,25	0,37	0,39
2011	0,63	0,32	0,71	0,55
2012	0,42	0,75	0,50	0,55

El análisis de la sostenibilidad para Propal por medio de los resultados del índice de desarrollo sostenible indica que hubo un aumento en uno de los periodos evaluados y para el siguiente periodo se mantuvo estable, donde en los dos últimos periodos analizados, la dimensión social, aporta al desempeño de la sostenibilidad de Propal y las dimensiones ambiental y económica lo hacen en uno de los tres periodos evaluados. El índice de desarrollo sostenible evaluado en el 2010 tiende a ser bajo porque es el periodo de tiempo donde se analizan los primeros datos de las variables, y estos nos indican que en los años posteriores existieron mejoras en el desarrollo sostenible, como se observa en la tabla 30.

El índice de sostenibilidad ambiental presenta un aumento y posterior disminución, estos cambios están dados, por variables que al interactuar, registran una diferencia muy amplia entre sus datos, generando promedio bajos y mostrando una sostenibilidad que ronda el 50%. Las variables que más influyen en estos cambios son el consumo de agua que tiene un promedio alto y resulta siendo un proceso sostenible, por el contrario el bagazo dispuesto para el aprovechamiento, presenta una sostenibilidad baja como se puede observar en la tabla 21.

El índice económico de Propal nos muestra un desempeño de sostenibilidad en crecimiento, porque las variables evaluadas como productividad del bagazo, ahorro económico por cambio de materia prima y generación de papel, se interrelacionan y tienden al aumento constante en los datos de sus variables, de acuerdo a los periodos analizados; Para el año 2012 alcanza su mayor nivel de sostenibilidad con un valor de 0,75 como se puede observar en la tabla 26.

Para finalizar el índice a nivel social es desequilibrado ya que algunos datos analizados presentan una gran diferencia de unidades, como lo es la variable de inversión de proyectos sociales, que afecta el resultado final de la sostenibilidad en los periodos evaluados, sin embargo tenemos variables que van en aumento como la mejora del perfil laboral y la cantidad de personas atendidas por los programas de inversión social.

4.1.3 Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general anual para Asocaña y Propal.

Tabla 31: Indicador integrado de desarrollo sostenible S³ general para Asocaña y Propal.

Variables		ASOCAÑA	PROPAL	GENERAL	DIMENSIÓN	GENERAL	
Ambiental	Vertimientos DBO	A1	0,49	0,56	0,53	0,54	0,51
	Vertimientos DQO	A2	0,53	0,56	0,55		
	Vertimientos SST	A3	0,48	0,56	0,52		
	Bagazo dispuesto para el aprovechamiento	A4	0,52	0,41	0,47		
	Consumo de energía GJ	A5	0,66	0,56	0,61		
	Emisiones PST	A6	0,54	0,63	0,58		
	Emisiones NOx	A7	0,54	0,55	0,55		
	Consumo de agua	A8	0,68	0,66	0,67		
	Ahorro de recursos naturales	A9	0,46	0,44	0,45		
	Residuos generados	A10	0,46	0,45	0,45		
Economico	Productividad del bagazo	E1	0,46	0,44	0,45	0,48	0,51
	Generación del producto final	E2	0,62	0,44	0,53		
	Venta de producto final	E3	0,60	0,44	0,52		
	Ahorro por cambio de materia prima	E4	0,37	0,44	0,41		
Social	Inverision en proyectos sociales	S1	0,54	0,50	0,52	0,52	0,51
	Mejora del perfil laboral	S2	0,36	0,46	0,41		
	Generacion de empleo	S3	0,79	0,57	0,68		
	Cantidad de beneficiados por programas	S4	0,34	0,59	0,46		

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que el resultado general del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar es inestable aunque supera el 50% del total de la escala de sostenibilidad propuesta por el IICA.

La dimensión ambiental obtuvo el mayor nivel de sostenibilidad general debido a que las variables de consumo de energía y agua representan alta sostenibilidad, porque son variables con relación negativa que en las dos formas de aprovechamiento han generado una disminución promedio considerable en el consumo durante los periodos evaluados. A diferencia de las variables con relación positiva como lo son ahorro de recursos naturales y bagazo dispuesto

para aprovechamiento, las cuales no generan un cambio considerable en los procesos productivos, porque, a pesar de tener registros en aumento la diferencia entre estos es pequeña, lo que no genera cambios en el indicador de sostenibilidad de acuerdo a la metodología de evaluación.

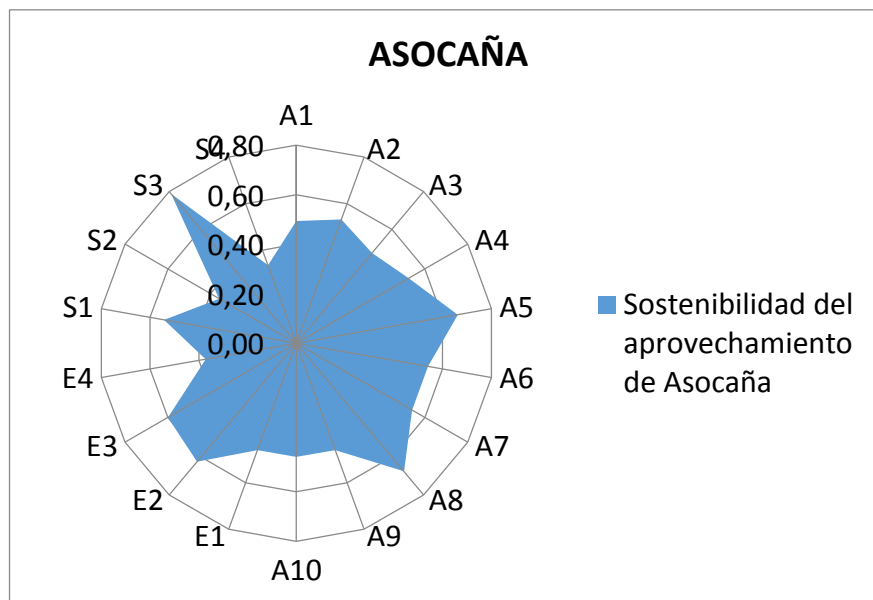
El segundo nivel de sostenibilidad es la dimensión social porque en dos de las variables evaluadas para esta dimensión como lo son, mejora del perfil laboral y la cantidad de beneficiados por programa, los datos aumentan de manera considerable debido a la ampliación de atención de la población en cada uno de los programas sociales y la implementación de nuevos programas, lo que compensa de alguna manera la disminución de personas empleo y la inversión económica que no es realizada de manera proporcional todos los años debido a que algunas inversiones son proyectadas a largo plazo.

Por último se encuentra la dimensión económica porque todas las variables son positivas (mayor sostenibilidad en relación con el aumento) y los primeros periodos, los registrados son considerablemente inferiores a debido a que cada año la rentabilidad del aprovechamiento aumenta lo que generó que el promedio del último año evaluado fuera disminuido por los bajos registros de sostenibilidad de los periodos anteriores.

4.1.4 Biogramas de la sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca

Los biogramas presentados a continuación, fueron graficados de acuerdo con las siglas del nombre de las variables especificadas en la tabla 6.

Figura 10: Biograma de la sostenibilidad general para Asocaña.

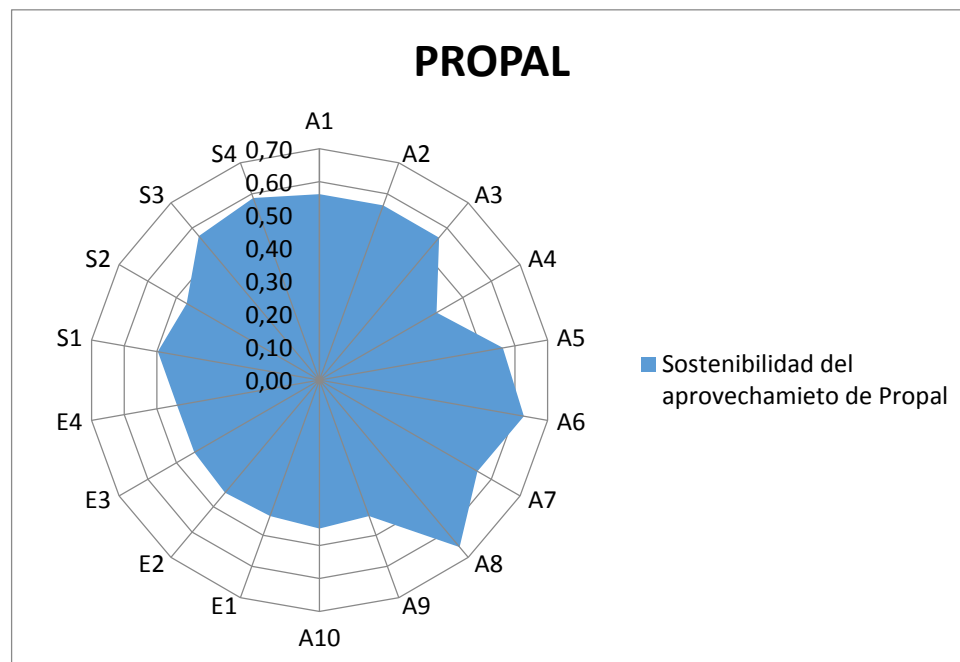


De acuerdo a la figura anterior se observa que en la dimensión ambiental las variables evaluadas se relacionan, en los periodos evaluados, siendo A5 (Consumo de energía) y A8 (Consumo de agua), las que representan un mayor desempeño ambiental.

En la dimensión económica la variable E4 (Ahorro por cambio de materias primas en millones) presenta un desequilibrio con respecto a las demás variables, porque es una variable inestable durante los periodos evaluados, ya que los millones ahorrados dependen del precio del carbón y de las toneladas de bagazo producidas.

Finalmente en la dimensión social la variable S3 (Generación de empleo), representa un alto desempeño en la cantidad de empleos otorgados, manteniéndose relativamente constante.

Figura 11: Biograma de la sostenibilidad general para Propal.

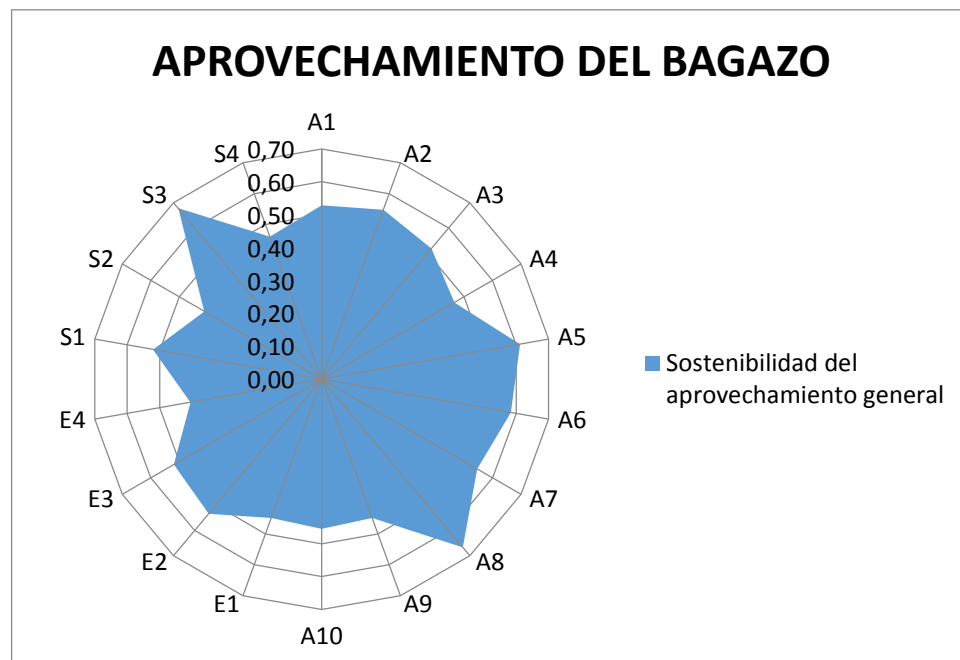


En la dimensión ambiental la variable A4 (Bagazo dispuesto para aprovechamiento), tiene un desempeño de sostenibilidad bajo debido a que las toneladas de bagazo que llegan a Propal fueron inferiores en dos, de los tres periodos evaluados; Por otra parte la variable A8 (Consumo de agua), resulta para este caso considerablemente sostenible, debido a que el consumo promedio en los periodos evaluados disminuyó.

Por otra parte en la dimensión económica las cuatro variables se encuentran bien relacionadas para determinar un desempeño de sostenibilidad importante de acuerdo aumento progresivo de las variables evaluadas en esta dimensión.

En la dimensión social la variable S2 (Mejoras en el perfil laboral) medida en horas por empleado, se ve afectada porque el aumento en los tres periodos analizados es alto, lo que genera como resultado que el promedio y tenga una sostenibilidad inestable.

Figura 12: Biograma de la sostenibilidad general del aprovechamiento de bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca.



En la figura 12 se puede evidenciar que las variables A8 (Consumo de agua) y S3 (Generación de empleo), son las que aportan una mayor sostenibilidad al aprovechamiento del bagazo de caña, dichas variables tienen un promedio de sostenibilidad de 0.675, lo que indica que la sostenibilidad es estable

Por el contrario las variables E4 (Ahorro por cambio de materia prima) y S2 (Mejora del perfil laboral) son las que proporcionan mayor desestabilidad del sistema porque son variables de relación positiva que en el periodos diferentes a los reportados con el máximo y menor registro tuvieron en promedio reportes con tendencia negativa.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- La sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar para la producción de energía y papel en los periodos evaluados es inestable, presentando que son las variables como vertimientos y productividad del bagazo en las que se deben implementar medidas para aumentar el resultado del indicador teniendo en cuenta que si se implementan medidas como secado previo al bagazo de caña se disminuirá el porcentaje de humedad permitiendo mayor eficiencia en la combustión.
- El aumento en la productividad del bagazo de caña de azúcar generaría beneficios económicos para los ingenios azucareros teniendo en cuenta que se podría disminuir el 10% de carbón que es utilizado en las calderas.
- La implementación de programas como producción de hongos comestibles o inserción de hojas secas para cogeneración en relación con los desechos de cosecha mejoraría el proceso de cultivo de la caña de azúcar evitando la saturación del suelo que genera la disposición de estos residuos picados en el área de cultivo y generando ingresos financieros por su implementación.
- Asocaña y Propal en el desarrollo de sus actividades industriales generan vertimientos caracterizados por su alta concentración de DBO y SST, aunque se cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales debe mejorarse la eficiencia de las mismas y asegurar que el 100% de las aguas residuales son tratadas para mejorar la calidad de los vertimientos y evitar la contaminación del río Cauca.
- No es posible analizar de forma independiente la sostenibilidad de ambos procesos de aprovechamiento; el uso del bagazo de caña de azúcar Vs la producción de azúcar, debido a que como resultado éstos, se obtienen beneficios comunes como la implementación de programas sociales o ingresos económicos derivados de las toneladas de caña molida.
- Se evidencia que al determinar la sostenibilidad en Propal en tan solo tres periodos, se afecta el resultado del índice integrado de desarrollo sostenible y biograma debido a la importancia que representa el dato intermedio para la determinación de la sostenibilidad.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda investigar nuevas formas de utilizar o disponer los residuos de cosecha como la integración de los mismos a las calderas para aumentar la producción eléctrica a partir de cogeneración; Usarlos como porción para alimentación animal, abono para suelos, producción de hongos alimenticios a partir de bagazo o producción de bioetanol como medidas para reducir la generación de residuos.

- Incorporación de los empleados destituidos por el cambio o las mejoras tecnológicas que realizan las empresas aprovechadoras de bagazo de caña de azúcar a otros programas o proyectos con el fin de ofrecer alternativas laborales a la población destituida.
- La productividad del bagazo de caña de azúcar y de los productos fabricados por las empresas pueden resultar afectados por la situación socio-política de la región y de las mismas empresas, por lo que se recomienda tener en cuenta la participación activa, de los grupos de interés, para evitar una disminución o parálisis de la producción tanto de bagazo como de producto final.
- La legislación colombiana proporciona herramientas legales con el fin de promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales, por ejemplo la ley 1715 de 2014; Pero durante el desarrollo de esta investigación se evidencio ausencia del gobierno colombiano en la implementación de incentivos tributarios para las empresas aprovechadoras del subproducto del bagazo de caña de azúcar. Por lo que se recomienda mejorar la comunicación gobierno – entidades para impulsar el aprovechamiento total del bagazo producido en el país.
- Se recomienda implementar la metodología de determinación de la sostenibilidad por medio del indicador integrado de desarrollo sostenible propuesta por el IICA para el aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca por parte de Asocaña y Propal anualmente, permitiendo de esta forma obtener resultados fiables, comparables y útiles para la toma de decisiones y acercamiento de a la sostenibilidad.
- Se recomienda que los datos ambientales utilizados para evaluar la sostenibilidad del aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca sean reportados a los entes ambientales como la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca) y el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; de igual forma que se reporten en los informes de sostenibilidad de Asocaña y de Propal, en las unidades que están estipuladas por la legislación, para corroborar el cumplimiento de la ley.
- Se recomienda que Asocaña y Propal al ser las entidades aprovechadoras del bagazo de caña de azúcar, reporten una mayor cantidad de datos, para que el índice integrado de desarrollo sostenible tenga una robustez y comparación mayor de acuerdo a los periodos de tiempo que se analicen.

Anexo A: Legislación ambiental

AnexoA-A1 El documento de Word incluye la tabla correspondiente al marco legal, que influyo en la determinación de indicador integrado de desarrollo sostenible y biograma para el aprovechamiento actual del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca.

Anexo B: Cálculo de datos

AnexoB-B1 El documento de Excel está conformado por las especificaciones de los datos reportados por Asocaña, y los datos calculados de acuerdo a la información disponible.

AnexoB-B2 El documento de Excel está conformado por las especificaciones de los datos reportados por Propal, y los datos calculados de acuerdo a la información disponible.

Anexo C: Determinación del índice S³

AnexoC-C1 El documento de Excel incluye el cálculo del indicador integrado de desarrollo sostenible por cada dimensión y en general para Asocaña.

AnexoC-C2 El documento de Excel incluye el cálculo del indicador integrado de desarrollo sostenible por cada dimensión y en general para Propal.

6. Bibliografía

- [1] ASOCAÑA, Aspectos generales del sector azucarero, Cali, 2014.
- [2] Técnicaña, «VIII Congreso Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar,» Santiago de Cali, 2009.
- [3] UPME, POTENCIALIDADES DE LOS CULTIVOS Y RESIDUOS AGRÍCOLAS EN COLOMBIA, Bogotá, 2003.
- [4] P. A. R. Mario Alejandro Pérez Rincón, Deuda social y ambiental del negocio de la caña de azúcar en Colombia, Bogotá: ARFO Editores e Impresores, Ltda., 2009.
- [5] Fedesarrollo, Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia, 2013.
- [6] N. R. A. & C. ., A. Aguilar, «Azúcar, coproductos y subproductos en la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar,» *Virtualpro* , pp. 1-29, 2010.
- [7] S. M. Rosa Garcés, Estudio del poder calorífico del bagazo de caña de azúcar en la industria azucarera en la industria azucarera de la zona de Risarada, 2007.
- [8] F. p. M. S. A. F. Zoycris Pernalet y C. Aiello, «Fraccionamiento del bagazo de caña de azúcar mediante tratamiento amoniacal: Efecto de la humedad del bagazo y la carga de amoníaco,» *Scielo*, vol. 20, nº 1, pp. 3-10, 2008.
- [9] D. Taurachand, «Sustrato, bagazo de caña de azúcar,» de *Cultivo del hongo ostra* , Angeles, copyright, 2005, p. 121.
- [1 J. C. Acevedo, «Simulación de las unidades de cogeneración de energía apartir de 0] bagazo de caña de azúcar,» Univerdad Industrial de Santander, 2009.
- [1 H. Vidal, Interviewee, *Visita técnica Propal*. [Entrevista]. 5 Mayo 2015.
1]
- [1 F. Proyungas, «Papel elaborado confiras alternativas provenientes de bagazo de caña
2] de azúcar,» Fundación Proyungas, 2009.
- [1 H. Isaacs, «Caracterización térmica de los equipos criticos de las área de calderas y
3] pulpa de Carvajarl Pulpa y Papel, Planta 2 basado en modelos de gestión integral

(MGIE).,» Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2013.

- [1 J. F. Gómez, «Balance de materiales para la legislación del producto terminado en la
4] empresa Carvajal Pulpa y Papel, zona franca permanente especial,» Universidad
Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2012.
- [1 Asocaña, «Cogeneración,» 2012.
5]
- [1 I. Providencia, «Ingenio Providencia,» 2015. [En línea]. Available:
6] <http://www.ingprovidencia.com>. [Último acceso: 18 Mayo 2015].
- [1 S. Sepúlveda, «Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de
7] territorios,» Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José ,
2008.
- [1 Asocaña, «Diagramas de entradas y salidas - Procesos productivos del sector
8] azúcarero».
- [1 Asocaña, «Anexo estadístico 2013-2014,» 2014.
9]
- [2 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial , «Manual de inventario de
0] fuentes puntuales,» Bogotá.
- [2 Fedepanela, «Aprovechamiento de subproductos de la caña panelera en la
1] alimentación animal,» Bogotá.
- [2 Asocaña, «Cogeneración,» [En línea]. Available:
2] [http://www.asocana.org/modules/documentos/califiquedocumento.aspx?id=10392&url=/documentos/1552015-6CE6F896-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D.pdf&urlzip=/documentos/1552015-6CE6F896-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,.](http://www.asocana.org/modules/documentos/califiquedocumento.aspx?id=10392&url=/documentos/1552015-6CE6F896-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D.pdf&urlzip=/documentos/1552015-6CE6F896-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,)
- [2 Asocaña, «Informe anual 2008-2009,» 2009.
3]
- [2 Cámara de comercio de Cali, «Enfoque competitivo unidad económica y de
4] planeación,» Cali, 2014.
- [2 Upme , «Precios internos del carbón y coque,» 2014.
5]

- [2 Repositorio Universidad industrial de Santander , «Simulación de las unidades de
6] cogeneración de energía a partir de bagazo de caña de azúcar,» Santander, 2009.
- [2 Asocaña, «Informe anual 2012-2013,» 2013.
7]
- [2 Asocaña, «Informe anual 2013-2014,» 2014.
8]
- [2 Fedesarrollo, «Impacto socioeconómico del sector azucarero colombiano en la
9] economía nacional,» 2010.
- [3 C. Ronderos, «Responsabilidad social empresarial en la industria de la caña de azúcar
0] en el Valle del río Cauca,» Universidad Sergio Arboleda , 2011.
- [3 Asocaña, «Informe social y ambiental,» 2012.
1]
- [3 Carvajal Pulpa y Papel, «Informe de sostenibilidad,» 2010.
2]
- [3 Carvajal S.A., «Informe de sostenibilidad,» 2011.
3]
- [3 Carvajal S.A., «Informe de sostenibilidad,» 2012.
4]
- [3 Carvajal Internacional S.A., «Informe anual,» 2010.
5]
- [3 Carvajal S.A., «Informe anual,» 2011.
6]
- [3 Carvajal S.A., «Informe anual,» 2012.
7]
- [3 BNDES, CGEE, CEPAL, FAO, Bioetanol de caña de azúcar: Energía para el desarrollo
8] sostenible, Río de Janeiro: BNDES, CGEE, CEPAL, FAO, 2008.
- [3 J. Goldemberg, C. Teixeira y P. Guardabassi, «The sustainability of ethanol production
9] from sugarcane,» *Energy Policy*, pp. 2086-2097, 2008.
- [4 C. Pereira y E. Ortega, «Sustainability assessment of large-scale ethanol production

- 0] from sugar cane,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 77-82, 2010.
- [4 C. Grogoletto Duarte, K. Gaudreau, R. Gibson y T. Malheiros, «Sustainability
1] assessment of sugarcane-ethanol production in Brazil: A case study of a sugar cane
2] mill in Sao Paulo state,» *Ecological Indicators*, pp. 119-129, 2013.
- [4 J. Moncada, M. El-Halwagi y C. A. Cardona, Techno-economic analysis for a
2] sugarcane biorefinery: Colombian case, Manizales: Colombia, 2013.
- [4 R. Quiroga Martínez, Indicadores Ambientales y de desarrollo sostenible: Avances y
3] perspectivas para América Latina y el Caribe, Chile: CEPAL, 2007.
- [4 Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Alimento
4] animal y energía de la caña de azúcar, La Habana, 2010.
- [4 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, «Alimento
5] animal y energía de la caña de azúcar,» *Red de Revistas Científicas de América
Latina, el Caribe, España y Portugal*, vol. 43, nº 1, p. 43, 2010.
- [4 P. Martín, «Bagazo como alimento para rumiantes,» FAO corporate document
6] repository, [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E12.htm>.
[Último acceso: 14 Septiembre 2014].
- [4 P. Martín, Bagazo como alimento para rumiantes, FAO.
7]
- [4 A. Pandey, C. Soccol, P. Nigam y V. Soccol, «Biotechnological potential of agro-
8] industrial residues. I: sugarcane bagasse,» *Bioresource Technology*, pp. 69-80, 2000.
- [4 C. Cardona, J. Quintero y I. Paz, « Production of bioethanol from sugarcane bagasse,»
9] *Bioresource Technology*, pp. 4754-4766, 2010.
- [5 E. V. Carolina Martínez, Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Químico,
0] Diseño de una planta piloto para la producción de etanol a partir de bagazo de caña
de azúcar, Bucaramanga, 2004.
- [5 N. G. C. Francisco Diez Torres, *Bagazo de caña de azúcar: ¿energía o etanol
1] carburante?*, La Habana: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la
Caña de Azúcar (ICIDCA).
- [5 D. Sanz, «Análisis y optimización exergetica de una planta de cogeneración para la
2] industria azucarera,» Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2014.

- [5 «Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios, Biograma
3] 2008,» San José, 2008.
- [5 J. Nagel, «Determination of an economic energy supply structure based on biomass
4] using a mixed-integer linear optimization model,» *Ecological Engineering*, pp. 592- s
102, 1999.
- [5 N. Ardila y H. Herrera, «Estimación del nivel de desarrollo sostenible estudio de caso:
5] el corregimiento de llano de palmas del municipio de Rionegro-Santander,»
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2006.
- [5 Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento técnico del sector de agua potable y
6] saneamiento básico RAS, Bogotá, 2000.
- [5 «Definición,» [En línea]. Available: <http://www.definicion.org/indicador>. [Último acceso:
7] Junio 2015].