

Volumen 5 - Número Especial- Octubre/Diciembre 2018

# REVISTA INCLUSIONES

INSTITUTO VENEZOLANO DE HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

ISSN 0719-4706

*Homenaje a*

*Rodolfo Cruz Vadillo*

MIEMBRO DE HONOR COMITÉ INTERNACIONAL

REVISTA INCLUSIONES

Felipe  
millao  
errero

**221 B**

**WEB SCIENCES**

**CUERPO DIRECTIVO**

**Directora**

**Mg. © Carolina Cabezas Cáceres**  
*Universidad de Los Andes, Chile*

**Subdirector**

**Dr. Andrea Mutolo**  
*Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México*

**Dr. Juan Guillermo Mansilla Sepúlveda**  
*Universidad Católica de Temuco, Chile*

**Editor**

**Drdo. Juan Guillermo Estay Sepúlveda**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**Editor Científico**

**Dr. Luiz Alberto David Araujo**  
*Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil*

**Cuerpo Asistente**

**Traductora Inglés**

**Lic. Pauline Corthorn Escudero**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**Traductora: Portugués**

**Lic. Elaine Cristina Pereira Menegón**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**Portada**

**Sr. Felipe Maximiliano Estay Guerrero**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**COMITÉ EDITORIAL**

**Dra. Carolina Aroca Toloza**  
*Universidad de Chile, Chile*

**Dr. Jaime Bassa Mercado**  
*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dra. Heloísa Bellotto**  
*Universidad de Sao Paulo, Brasil*

**Dra. Nidia Burgos**  
*Universidad Nacional del Sur, Argentina*

**Mg. María Eugenia Campos**  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Lancelot Cowie**  
*Universidad West Indies, Trinidad y Tobago*

**Dr. Francisco José Francisco Carrera**  
*Universidad de Valladolid, España*

**Mg. Keri González**  
*Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México*

**Dr. Pablo Guadarrama González**  
*Universidad Central de Las Villas, Cuba*

**Mg. Amelia Herrera Lavanchy**  
*Universidad de La Serena, Chile*

**Dr. Aleksandar Ivanov Katrandzhiev**  
*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Mg. Cecilia Jofré Muñoz**  
*Universidad San Sebastián, Chile*

**Mg. Mario Lagomarsino Montoya**  
*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dr. Claudio Llanos Reyes**

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

**Dr. Werner Mackenbach**

*Universidad de Potsdam, Alemania  
Universidad de Costa Rica, Costa Rica*

**Mg. Rocío del Pilar Martínez Marín**

*Universidad de Santander, Colombia*

**Ph. D. Natalia Milanesio**

*Universidad de Houston, Estados Unidos*

**Dra. Patricia Virginia Moggia Münchmeyer**

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

**Ph. D. Maritza Montero**

*Universidad Central de Venezuela, Venezuela*

**Mg. Liliana Patiño**

*Archiveros Red Social, Argentina*

**Dra. Eleonora Pencheva**

*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Dra. Rosa María Regueiro Ferreira**

*Universidad de La Coruña, España*

**Mg. David Ruete Zúñiga**

*Universidad Nacional Andrés Bello, Chile*

**Dr. Andrés Saavedra Barahona**

*Universidad San Clemente de Ojrid de Sofía, Bulgaria*

**Dr. Efraín Sánchez Cabra**

*Academia Colombiana de Historia, Colombia*

**Dra. Mirka Seitz**

*Universidad del Salvador, Argentina*

**Dra. Leticia Celina Velasco Jáuregui**

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores  
de Occidente ITESO, México*

**COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL**

**Comité Científico Internacional de Honor**

**Dr. Adolfo A. Abadía**

*Universidad ICESI, Colombia*

**Dr. Carlos Antonio Aguirre Rojas**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Martino Contu**

*Universidad de Sassari, Italia*

**Dr. Luiz Alberto David Araujo**

*Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil*

**Dra. Patricia Brogna**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Horacio Capel Sáez**

*Universidad de Barcelona, España*

**Dr. Javier Carreón Guillén**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dra. Isabel Cruz Ovalle de Amenabar**

*Universidad de Los Andes, Chile*

**Dr. Rodolfo Cruz Vadillo**

*Universidad Popular Autónoma del Estado de  
Puebla, México*

**Dr. Adolfo Omar Cueto**

*Universidad Nacional de Cuyo, Argentina*

**Dr. Miguel Ángel de Marco**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dra. Emma de Ramón Acevedo**

*Universidad de Chile, Chile*

**Dr. Gerardo Echeita Sarrionandia**

*Universidad Autónoma de Madrid, España*

**Dra. Patricia Galeana**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dra. Manuela Garau**

*Centro Studi Sea, Italia*

**Dr. Carlo Ginzburg Ginzburg**

*Scuola Normale Superiore de Pisa, Italia  
Universidad de California Los Ángeles,  
Estados Unidos*

**Dr. José Manuel González Freire**

*Universidad de Colima, México*

**Dra. Antonia Heredia Herrera**

*Universidad Internacional de Andalucía, España*

**Dr. Eduardo Gomes Onofre**

*Universidade Estadual da Paraíba, Brasil*

**Dra. Blanca Estela Zardel Jacobo**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Miguel León-Portilla**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Miguel Ángel Mateo Saura**

*Instituto de Estudios Albacetenses “don Juan  
Manuel”, España*

**Dr. Carlos Tulio da Silva Medeiros**

*Diálogos en MERCOSUR, Brasil*

**Dr. Álvaro Márquez-Fernández**

*Universidad del Zulia, Venezuela*

**Dr. Oscar Ortega Arango**

*Universidad Autónoma de Yucatán, México*

**Dr. Antonio-Carlos Pereira Menaut**

*Universidad Santiago de Compostela, España*

**Dr. José Sergio Puig Espinosa**

*Dilemas Contemporáneos, México*

**Dra. Francesca Randazzo**

*Universidad Nacional Autónoma de Honduras,  
Honduras*

**Dra. Yolanda Ricardo**

*Universidad de La Habana, Cuba*

**Dr. Manuel Alves da Rocha**

*Universidade Católica de Angola Angola*

**Mg. Arnaldo Rodríguez Espinoza**

*Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica*

**Dr. Miguel Rojas Mix**

*Coordinador la Cumbre de Rectores Universidades  
Estatales América Latina y el Caribe*

**Dr. Luis Alberto Romero**

*CONICET / Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dra. Maura de la Caridad Salabarría Roig**

*Dilemas Contemporáneos, México*

**Dr. Adalberto Santana Hernández**

*Universidad Nacional Autónoma de México,  
México*

**Dr. Juan Antonio Seda**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dr. Saulo Cesar Paulino e Silva**

*Universidad de Sao Paulo, Brasil*

**Dr. Miguel Ángel Verdugo Alonso**

*Universidad de Salamanca, España*

**Dr. Josep Vives Rego**

*Universidad de Barcelona, España*

**Dr. Eugenio Raúl Zaffaroni**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Comité Científico Internacional**

**Mg. Paola Aceituno**

*Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile*

**Ph. D. María José Aguilar Idañez**

*Universidad Castilla-La Mancha, España*

**Mg. Elian Araujo**

*Universidad de Mackenzie, Brasil*

**Mg. Romyana Atanasova Popova**

*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Dra. Ana Bénard da Costa**

*Instituto Universitario de Lisboa, Portugal  
Centro de Estudios Africanos, Portugal*

**Dra. Alina Bestard Revilla**

*Universidad de Ciencias de la Cultura Física y  
el Deporte, Cuba*

**Dra. Noemí Brenta**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Ph. D. Juan R. Coca**

*Universidad de Valladolid, España*

**Dr. Antonio Colomer Vialdel**

*Universidad Politécnica de Valencia, España*

**Dr. Christian Daniel Cwik**

*Universidad de Colonia, Alemania*

**Dr. Eric de Léséulec**

*INS HEA, Francia*

**Dr. Andrés Di Masso Tarditti**

*Universidad de Barcelona, España*

**Ph. D. Mauricio Dimant**

*Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel*

**Dr. Jorge Enrique Elías Caro**

*Universidad de Magdalena, Colombia*

**Dra. Claudia Lorena Fonseca**

*Universidad Federal de Pelotas, Brasil*

**Dra. Ada Gallegos Ruiz Conejo**

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú*

**Dr. Francisco Luis Giraldo Gutiérrez**

*Instituto Tecnológico Metropolitano,  
Colombia*

**Dra. Carmen González y González de Mesa**

*Universidad de Oviedo, España*

**Mg. Luis Oporto Ordóñez**

*Universidad Mayor San Andrés, Bolivia*

**Dr. Patricio Quiroga**

*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dr. Gino Ríos Patio**

*Universidad de San Martín de Porres, Per*

**Dr. Carlos Manuel Rodríguez Arrechavaleta**

*Universidad Iberoamericana Ciudad de  
México, México*

**Dra. Vivian Romeu**

*Universidad Iberoamericana Ciudad de  
México, México*

**Dra. María Laura Salinas**

*Universidad Nacional del Nordeste, Argentina*

**Dr. Stefano Santasilia**

*Universidad della Calabria, Italia*

**Mg. Silvia Laura Vargas López**

*Universidad Autónoma del Estado de  
Morelos, México*

**Dra. Jaqueline Vassallo**

*Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*

**Dr. Evandro Viera Ouriques**

*Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil*

**Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez**

*Universidad de Jaén, España*

**Dra. Maja Zawierzeniec**

*Universidad Wszechnica Polska, Polonia*

Editorial Cuadernos de Sofía / Revista  
Inclusiones / Santiago – Chile  
Representante Legal  
Juan Guillermo Estay Sepúlveda Editorial

### Indización y Bases de Datos Académicas

Revista Inclusiones, se encuentra indizada en:



Information Matrix for the Analysis of Journals



CATÁLOGO



DOAJ DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS





**WZB**

Berlin Social Science Center



uOttawa

Bibliothèque  
Library



REX

BIBLIOTECA ELECTRÓNICA  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Ministerio de  
Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva



Uniwersytet  
Wrocławski



Stanford University  
LIBRARIES



PRINCETON UNIVERSITY  
LIBRARY

WESTERN  
THEOLOGICAL SEMINARY



ROAD

DIRECTORY  
OF OPEN ACCESS  
SCHOLARLY  
RESOURCES

**ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DEL AZÚCAR: CASO ECUADOR<sup>1</sup>**

**LIFE CYCLE ANALYSIS OF SUGAR: CASE ECUADOR**

**Mg. Pedro Noboa-Romero**

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

pnooar@unemi.edu.ec

**Mg. Antonio Parra Freire**

Importadora Industrial Agrícola IIASA-CAT, Ecuador

parra\_antonio@iiasacat.com

**Mg. Carlos Campoverde Pillajo**

Ingenio San Carlos, Ecuador

danielcarlos0777@gmail.com

**Mg. Ítalo Mendoza Haro**

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

emendozah@unemi.edu.ec

**Fecha de Recepción:** 07 de agosto de 2018 – **Fecha de Aceptación:** 12 de septiembre de 2018

**Resumen**

La investigación demuestra la caracterización y cuantificación de las entradas y salidas del proceso de obtención del azúcar. El objetivo de la investigación es analizar el ciclo de vida del azúcar, desde la recepción de la materia prima hasta la obtención del producto final. Se revisó información de ingenios azucareros del Ecuador, y se pudo cuantificar las emisiones de los gases de efecto invernadero, la interacción de sus procesos, productos y residuos de cada proceso productivo.

**Palabras Claves**

Análisis de ciclo de vida – Azúcar – Caña de azúcar – Gases de efecto invernadero

**Abstract**

Research shows the characterization and quantification of inputs and outputs of the process of obtaining sugar. The objective of the research is analyzing the lifecycle of sugar, from receipt of raw materials to obtain the final product. Reviewed information from sugar mills of the Ecuador, and it could quantify emissions of greenhouse gases, the interaction of its processes, products and waste of each productive process.

**Keywords**

Life cycle assessment – Sugar – Sugarcane – Greenhouse gases

---

<sup>1</sup> El artículo se lo desarrolló, como trabajo de investigación correspondiente al módulo de “Análisis de ciclo de Vida” que fue impartido en la Maestría en Ecoeficiencia Industrial de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y se utilizó financiamiento propio de los autores (gastos logísticos para recopilar datos de los ingenios azucareros).

## Introducción

Ecuador es un país agroindustrial por los diversos productos que se obtienen a partir de los distintos procesos de producción; en el sector del azúcar, se cuenta con varios ingenios azucareros, donde los principales son el Ingenio Valdez y el Ingenio San Carlos, ubicados en los cantones Milagro y Marcelino Maridueña de la provincia del Guayas respectivamente.

El proceso de producción de azúcares en ingenios ha ido evolucionando constantemente, haciendo uso de la tecnología, nuevos equipos e instalaciones, una reingeniería y un enfoque por procesos con responsabilidad social y ambiental, que optimicen los recursos, que se conserve el medio ambiente para las actuales y futuras generaciones.

El análisis del ciclo de vida se originó en Estados Unidos y en Europa, el primer análisis se realizó en 1969 por *Midwest Research Institute*, para la compañía Coca-Cola, con el propósito de reducir el consumo de recursos y las emisiones al ambiente<sup>2</sup>.

El análisis de un producto se origina desde el diseño o materia prima, hasta su disposición final, con el objetivo de contribuir a reducir desperdicios, emisiones, optimizar el uso de recursos en el proceso de fabricación o producción. Adicionalmente se puede aplicar nuevas alternativas de producción y una mejora de los procesos.

Para el desarrollo de la investigación, se hace referencia a varios términos y definiciones establecidas por la norma ISO 14040:2006 Gestión ambiental -Análisis del ciclo de vida- Principios y marco de referencia:

## Términos y definiciones

Ciclo de vida: “Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final”<sup>3</sup>.

Análisis del ciclo de vida: “Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida”<sup>4</sup>.

Análisis del inventario del ciclo de vida: “Fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida”<sup>5</sup>.

Unidad funcional: Medida de la función del sistema estudiado, con una interacción entre las entradas y salidas del proceso<sup>6</sup>.

<sup>2</sup> B. Romero, El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Tendencias Tecnológicas. Boletín iIE, (2003) 91–97. Retrieved from <https://www.ineel.mx/boletin032003/tend.pdf>

<sup>3</sup> ISO. ISO 14040:2006 (es), Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. 2006. Retrieved October 12, 2017, p. 1. from <https://dgn.isolutions.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

<sup>4</sup> ISO, ISO 14040:2006 (es), Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida... 1.

<sup>5</sup> ISO, ISO 14040:2006 (es), Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida... 1.

<sup>6</sup> ECOIL, Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Life. 2004. Retrieved from [http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2\\_SP.pdf](http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf)

Límites o fronteras del sistema: Establecer que secciones del proceso se van a analizar, los límites pueden ser: natural, geográfico, temporal<sup>7</sup>.

Según Sánchez et al

Una característica fundamental del análisis del ciclo de vida frente a otras metodologías de evaluación ambiental, es el análisis de un sistema en todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción y procesamiento de las materias primas hasta la disposición de los productos considerando sus efectos sobre todo el medio ambiente circundante (por ejemplo, sobre el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono, etc.)<sup>8</sup>.

Para esta investigación, el grupo de interés o personas involucradas en el proceso son:

- Cañicultores
- Transportistas
- Industrias del alcohol
- Compañías de electricidad
- Comerciantes/consumidores

Leiva determina que un análisis del ciclo de vida se puede diferenciar de tres tipos<sup>9</sup>:

- Análisis del ciclo de vida conceptual: Es un análisis sencillo y muy general, enfocado a identificar los impactos ambientales de forma cualitativa.
- Análisis del ciclo de vida simplificado: Es un análisis más complejo, en el cual se considera las etapas más importantes del proceso o las más relevantes
- Análisis del ciclo de vida completo: Este análisis es el más completo, en el cual se analiza todo el sistema de forma cualitativa y cuantitativa, se establecen objetivos, alcance, análisis de inventario, análisis de impactos ambientales, y se interpretan los resultados a fin de optimizar recursos y reducir al mínimo las emisiones y desperdicios.

Según Leiva se establecen cuatro etapas del análisis del ciclo de vida<sup>10</sup>:

- Etapa 1. Definición del objetivo y alcance del ACV.
- Etapa 2. Análisis de inventario del ciclo de vida.
- Etapa 3. Evaluación de impacto del ciclo de vida.
- Etapa 4. Interpretación.

## Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones relacionadas a la temática, y recopilación de información de dos Ingenios azucareros:

<sup>7</sup> ECOIL, Análisis del Ciclo de Vida...

<sup>8</sup> O. Sánchez; C. Cardona y D. Sánchez, Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: Una aproximación cualitativa. Revista Universidad EAFIT, 43(146) (2007), 62.

<sup>9</sup> E. H. Leiva, Análisis de Ciclo de Vida. Escuela de Organización Industrial, 43 (2016). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2207.3689>

<sup>10</sup> <sup>10</sup> E. H. Leiva, Análisis de Ciclo de Vida. Escuela de Organización...

- Informe de producción de fábrica.
- Datos de entradas, salidas y emisiones generadas del proceso productivo.
- Manuales de gestión integrado y de procesos.

Adicionalmente se utilizó un factor de caracterización con la finalidad de estandarizar las distintas emisiones a kg de CO<sub>2</sub> Equivalente y realizar una comparación entre el o los productos generados y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para el análisis se determinó la unidad funcional, considerando el proceso en estudio 50 kg de azúcar.

El proceso productivo se ilustra en la figura 1, en la cual se evidencia la secuencia del mismo de forma general.



Figura 1  
Proceso obtención del azúcar  
Fuente: Autores

### Análisis de inventario

En esta etapa se cuantificaron los las entradas y salidas de los distintos procesos de producción del azúcar, además del flujo de energía y de las emisiones generadas de los mismos<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> B. Ramírez; S. Bayona y P. Pabón, Evaluación del análisis del ciclo de vida para la producción de biodiesel a partir de aceite de Higuierilla empleando la metodología “de la cuna a la cuna .” Revista ION, 21(1) (2008), 17–26.

### Selección de categoría de impacto

Para esta investigación se seleccionó la categoría de impacto “cambio climático”, la misma que considera como datos de inventario a las siguientes emisiones:

- Emisiones de CO<sub>2</sub>
- Emisiones de N<sub>2</sub>O
- Emisiones de HCFC-22

La tabla 1 y 2, se muestra la cuantificación general de las entradas y salidas del proceso de obtención del azúcar, con su respectiva unidad.

Entrada	Cantidad	Unidad (día)
Energía	12	Mw-h
Caña	10000	Ton
Bactericidas	92,857	Kg
Cal	9814,289	Kg
Azufre	1601,714	Kg
Floculante	94,28	Kg
Vapor	11149,57	Kg
Soda Caustica Líquida	1000	Kg
Agua superficial	498,82	Litros/seg
Agua subterránea	761838	M-cúbicos
Material de empaque	4,04	Kg-ton de azúcar producida

Tabla 1  
Entradas del proceso de obtención del azúcar  
Fuente: Autores

Salida	Cantidad	Unidad (día)
Sacos de 50 Kg (blanco)	20000	50 Kg
Bagazo	2005,484	Ton
Sacos de 50 Kg (blanco especial)	20000	Kg
Panela	431,14	Kg
Azúcar morena (2Kg)	3329,71	2 Kg
Melaza	2490,57	Kg
Cachaza	255000	Kg
Emisiones CO <sub>2</sub>	10877	Ton CO <sub>2</sub> eq.
Agua residual	422,11	Litros/seg
Energía	27	Mw-h
Desperdicios de material de empaque	0,02	Kg-ton de azúcar producida

Tabla 2  
Salidas del proceso de obtención del azúcar.  
Fuente: Autores

El proceso de obtención del azúcar a partir de la caña, consta de entradas y salidas principales, las cuales se pueden observar en la figura 2. Dentro del proceso de obtención del azúcar se considera que un 30% es considerado como materia prima, un

35% dentro del proceso, y un 35% las salidas, el cual vendría a ser la utilidad inicial del Ingenio azucarero.

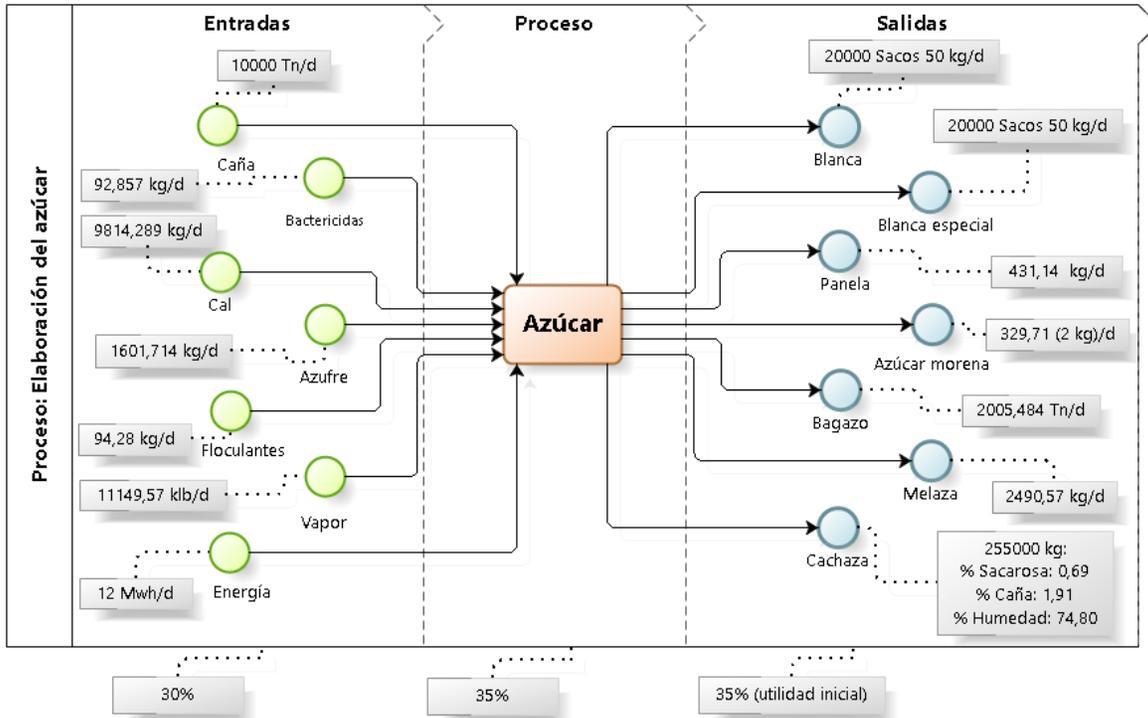


Figura 2  
Diagrama EPS general  
Fuente: Autores

Para inicial el análisis del ciclo de vida de la azúcar se estableció el límite del sistema natural, desde el proceso de recepción y preparación de la caña hasta el proceso de envasado del producto final.

## Resultados

A partir de la recopilación de información concerniente al proceso, se pudo establecer las entradas, salidas y desechos de cada uno de los procesos establecidos dentro del límite del sistema natural.

## Cambio climático

Se determinó los contaminantes presentes en el proceso general, los cuales son:

- CO<sub>2</sub>
- N<sub>2</sub>O
- HCFC-22

## Consumo de energía

Para la producción de 20000 sacos de 50 kg de azúcar se consumen 12 Mw de electricidad, la cual es generada por la incineración del bagazo, residuo del proceso de la

extracción o molienda de la caña de azúcar, en la figura 3 se muestra el proceso de cogeneración de energía eléctrica (27 Mw).

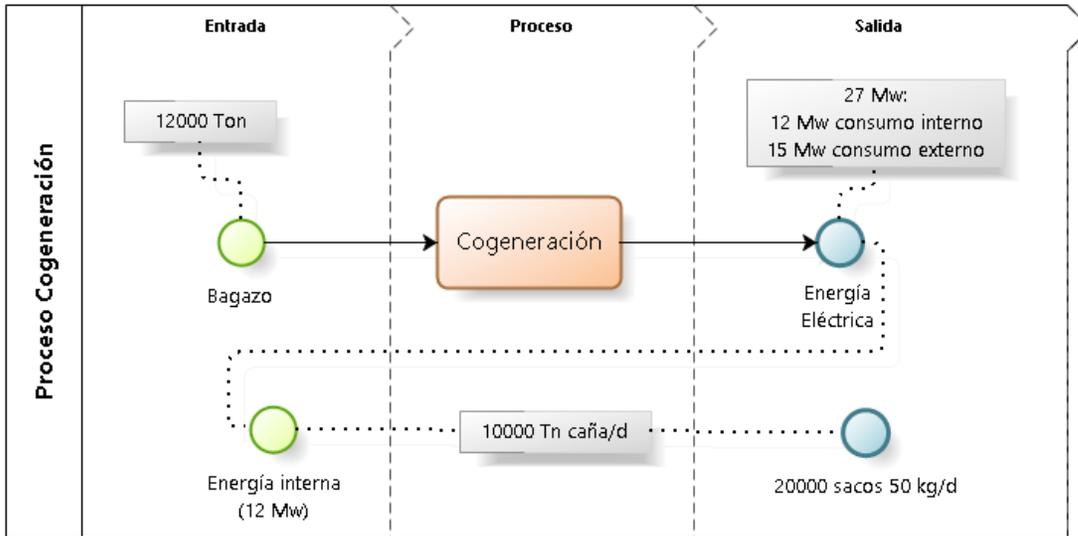


Figura 3  
Proceso: Cogeneración  
Fuente: Autores

### Entradas y salidas de cada proceso

Se pudo compilar información de las entradas y salidas de cada proceso:

**Recepción y preparación de la caña:** En este proceso se recepta la caña y es preparada con agua de río, eliminando sedimentos que pueden venir en la caña producto del proceso de cosecha con la finalidad de que esté lista para el proceso de extracción (Figura 4)<sup>12</sup>.



Figura 4  
Proceso: Recepción y preparación de caña  
Fuente: Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración

<sup>12</sup> Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración. 2017. Retrieved October 14, 2017, from <http://www.azucarervaldez.com/elaboracion.html>

Entrada	Cantidad	Unidad (día)	Salida	Cantidad	Unidad (día)
Caña	10000	Ton	Caña preparada	10000	Ton
Energía	500	Kw-h	-	-	-

Tabla 3

Entradas y salidas: Recepción y preparación de caña

Fuente: Autores

**Extracción:** Se recupera la sacarosa contenida en la caña, a través de un difusor, se obtiene como salidas el jugo, el mismo que avanza al siguiente proceso, y como subproducto se obtiene el bagazo el cual es utilizado como biocombustible en los calderos para la generación de vapor y energía eléctrica (Figura 5)<sup>13</sup>



Figura 5

Proceso: Recepción y preparación de caña

Fuente: Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración

Entrada	Cantidad	Unidad (día)	Salida	Cantidad	Unidad (día)
Caña preparada	10000	Ton	Jugo diluido	7994,52	Ton
Energía	2,5	Kw-h	Bagazo	2005,48	Ton
Soda Caustica líquida	1000	Kg	-	-	-
Vapor	11149,57	Klb	-	-	-

Tabla 4

Entradas y salidas: Extracción

Fuente: Autores

**Clarificación:** Las impurezas (lodos, cenizas) del jugo son extraídas, al calentarlo a 106 °C; se utiliza cal para estabilizar su pH, además de la aplicación de azufre con la finalidad de reducir el color del jugo (Figura 6)<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración...

<sup>14</sup> Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración...



Figura 6

Proceso: Clarificación

Fuente: Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración

Entrada	Cantidad	Unidad (día)	Salida	Cantidad	Unidad (día)
Jugo diluido	7994,52	Ton	Jugo clarificado	7994,52	Ton
Azufre	800,85	Kg	Cachaza	255000	Kg
Cal	2404,5	Kg	-	-	-
Floculante	23,1	Kg	-	-	-
Ácido fosfórico	100	Kg	-	-	-
Energía	1	Mw-h	-	-	-

Tabla 5

Entradas y salidas: Clarificación

Fuente: Autores

**Evaporización:** En la evaporización se elimina en un 60\% el agua contenida en el jugo clarificado, al final sale una miel llamada meladura (Figura 7)<sup>15</sup>



Figura 7

Proceso: Evaporización

Fuente: Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración

<sup>15</sup> Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración...

Entrada	Cantidad	Unidad (día)	Salida	Cantidad	Unidad (día)
Jugo clarificado	7994,52	Ton	Meladura clarificada	5995,89	Ton
Azufre	800,85	Kg	-	-	-
Cal	196,29	Kg	-	-	-
Floculante	47,14	Kg	-	-	-
Ácido fosfórico	100	Kg	-	-	-
Energía	2,5	Mw-h	-	-	-

Tabla 6  
Entradas y salidas: Evaporización  
Fuente: Autores

**Cristalización:** Se da formación y crecimiento de cristales de azúcar de 0,55 mm (tamaño de grano comercial) (Figura 8)<sup>16</sup>.

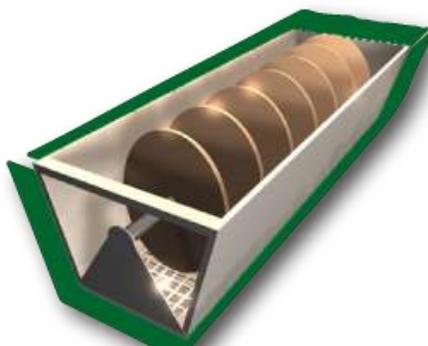


Figura 8  
Proceso: Cristalización  
Fuente: Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración

Entrada	Cantidad	Unidad (día)	Salida	Cantidad	Unidad (día)
Meladura clarificada	7994,52	Ton	Masa de primera	65651733,1	Ft <sup>3</sup> de masa/ Tn caña
Energía	2	Mw-h	-	-	-

Tabla 7  
Entradas y salidas: Cristalización  
Fuente: Autores

**Centrifugado y secado:** La masa de primera pasa a centrifugas de alta velocidad que separan los cristales de azúcar de la miel, entra en una secadora para obtener 0,045% de humedad<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración...

<sup>17</sup> Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración...

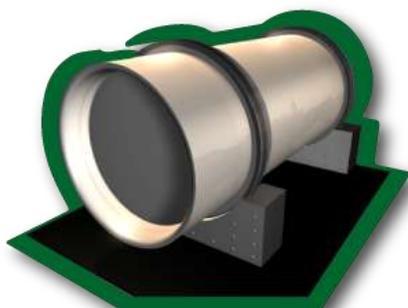


Figura 9

Proceso: Centrifugado y secado

Fuente: Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración

Entrada	Cantidad	Unidad (día)	Salida	Cantidad	Unidad (día)
Masa de primera	65651733,1	Ft <sup>3</sup> de masa/ Tn caña	Azúcar seca	1000000	Kg
Energía	2	Mw-h	Miel fina	2490,57	Kg

Tabla 8

Entradas y salidas: Centrifugado y secado

Fuente: Autores

**Envasado:** Una vez que el azúcar esté seco y frío, es empacado en diferentes presentaciones (Figura 10)<sup>18</sup>.



Figura 10

Proceso: Envasado

Fuente: Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración

Entrada	Cantidad	Unidad (día)	Salida	Cantidad	Unidad (día)
Azúcar seca	1000000	Kg	Azúcar envasada	20000	50 Kg
Energía	1,5	Mw-h	Miel fina	-	-

Tabla 9

Entradas y salidas: Envasado

Fuente: Autores

<sup>18</sup> Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración...

### Emisiones de CO<sub>2</sub> considerando el consumo de energía de cada proceso

Para determinar las emisiones de CO<sub>2</sub>, se utilizó un factor de relación de *Kwh-KgCO<sub>2eq</sub>*. (Figura 11):

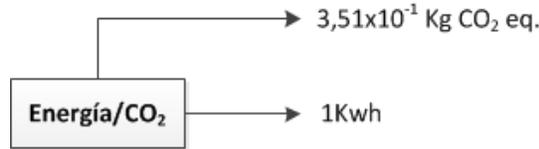


Figura 11  
Relación Energía – CO<sub>2</sub>  
Fuente: Autores

La figura 12 muestra la relación Energía/CO<sub>2</sub> de cada proceso:

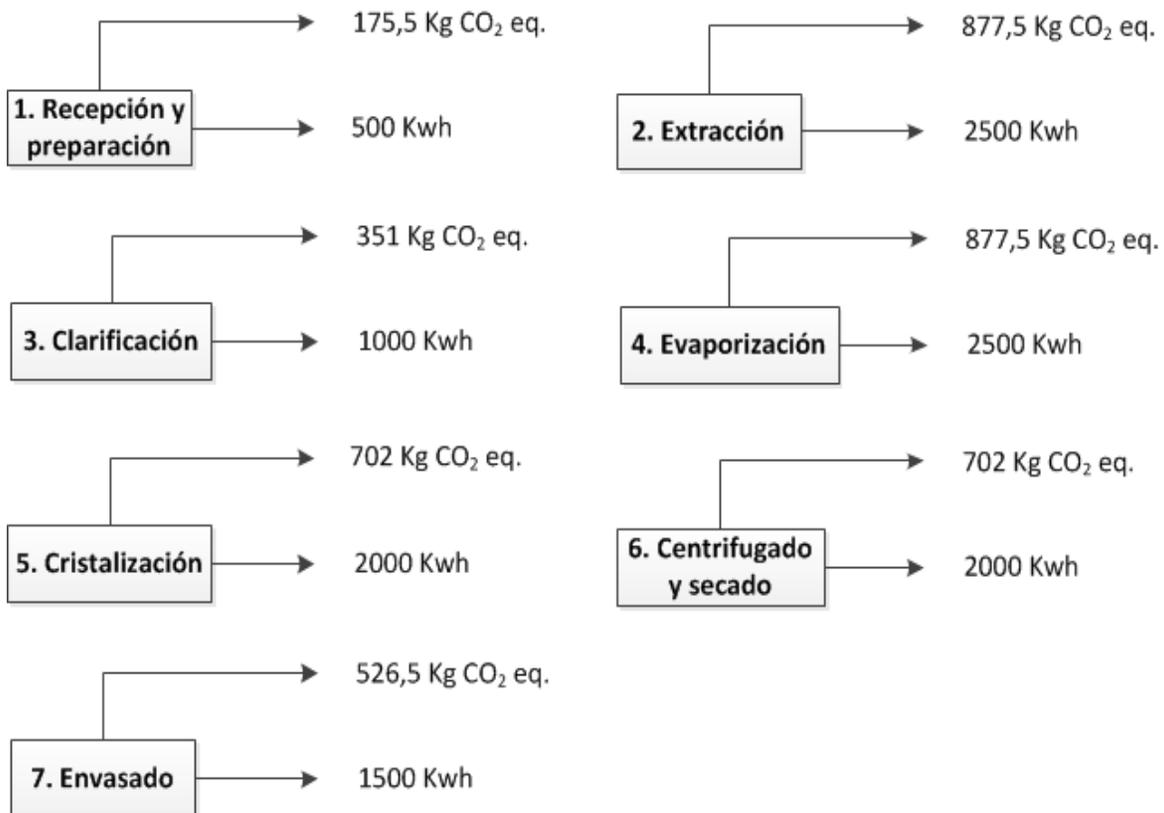


Figura 12  
Emisiones de CO<sub>2</sub> de cada proceso  
Fuente: Autores

La figura 13 muestra la relación Energía/CO<sub>2</sub> de todo el proceso de producción:



Figura 13  
Emisiones de CO<sub>2</sub> proceso de producción  
Fuente: Autores

La figura 14 y la tabla 10 muestran las emisiones de los gases CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y HCFC-22 correspondiente al área de calderas y consumo eléctrico.

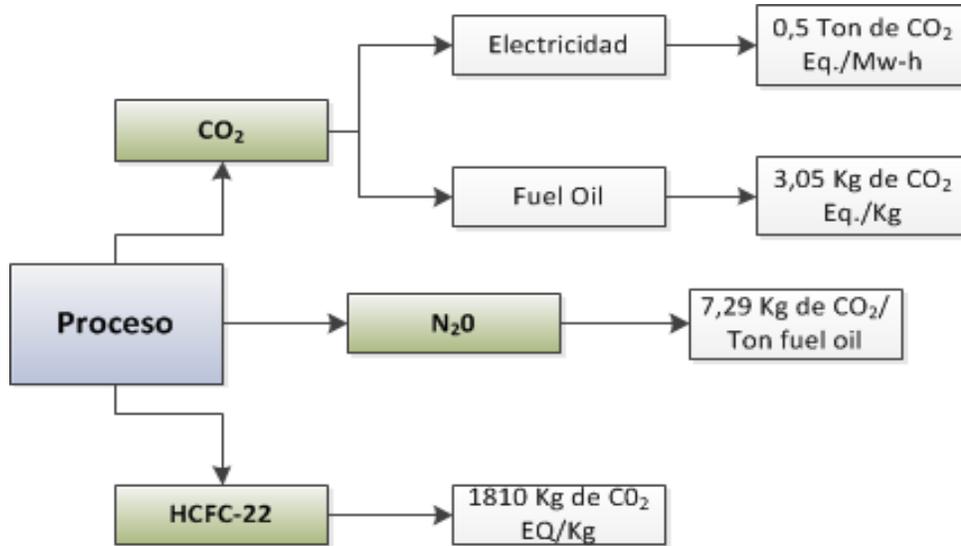


Figura 14  
Emisiones de gases del área de calderas y consumo eléctrico  
Fuente: Autores

Emisiones	Cantidad	Total
CO <sub>2</sub>	Fuel oil 61400 gl/mes	4157,39 Ton CO <sub>2</sub> eq.
	Electricidad 12 Mw	1096,41 Ton CO <sub>2</sub> eq.
N <sub>2</sub> O	Fuel oil 61400 gl/mes	9,89 Ton CO <sub>2</sub> eq.
HCFC-22	40,80 Kg de HCFC	73,89 Ton CO <sub>2</sub> eq.

Tabla 10  
Emisiones de gases del área de calderas y consumo eléctrico  
Fuente: Autores

En el Anexo 1 se muestra el diagrama general del proceso del azúcar, además de las entradas y salidas de agua del mismo.

En el Anexo 2 se detallan los flujos de cada proceso del sistema, con sus respectivas entradas y salidas.

### Conclusiones

Un estudio del ciclo de vida de un producto es fundamental para toda organización; al analizar cada recurso utilizado, producto y procesos, se puede establecer mejoras en el sistema, a fin de reducir las emisiones generadas por la fabricación o elaboración del producto, minimizar los impactos ambientales.

Se determinó que tipos de contaminantes se generan de cada proceso, además de los residuos que son utilizados para nuevos procesos y poder obtener subproductos.

El análisis del ciclo de vida del azúcar nos permitió cuantificar las entradas y salidas de cada proceso, además de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero; se pudo establecer una relación de qué cantidad de materia prima se necesita para obtener sacos de 50 kg de azúcar blanca.

Se obtuvo el consumo de energía eléctrica en cada proceso, así como la cantidad de emisiones de  $CO_2$ ,  $N_2O$ ,  $HFCF-22$  según el caso o actividad de cada proceso, además del consumo de combustible dentro del sistema

### Anexo 1

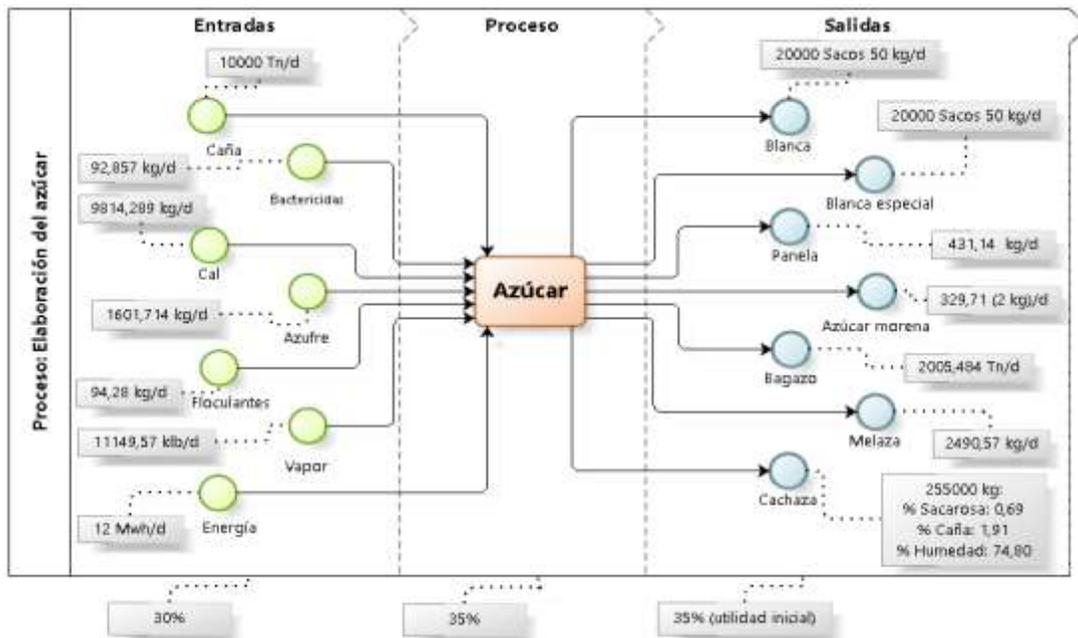


Figura 15  
Entradas y salidas del proceso del azúcar  
Fuente: Autores

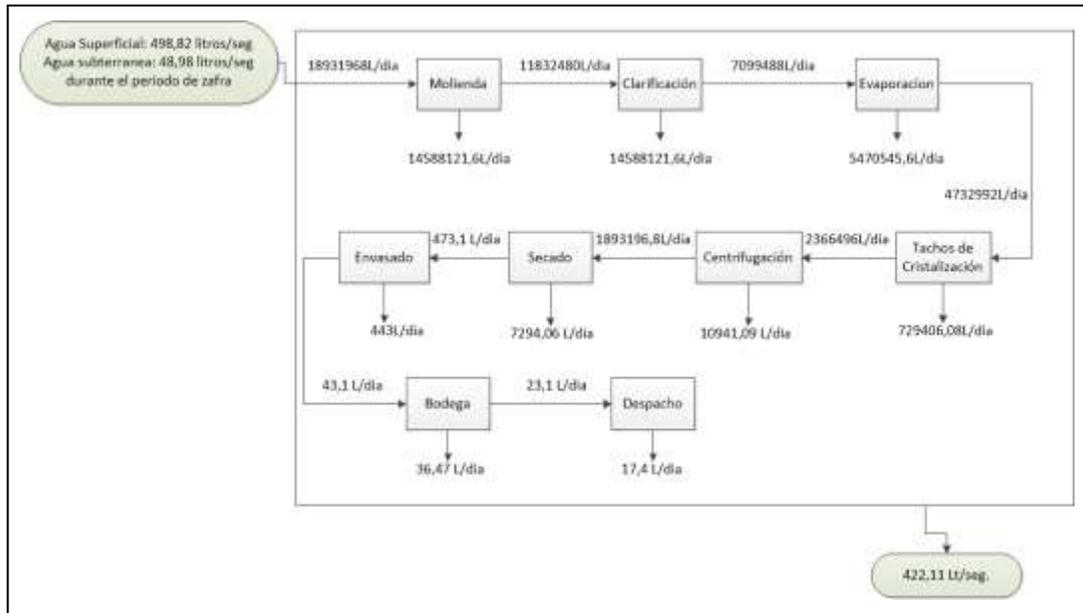


Figura 16  
Entradas y salidas de agua para los procesos  
Fuente: Autores

Anexo 2

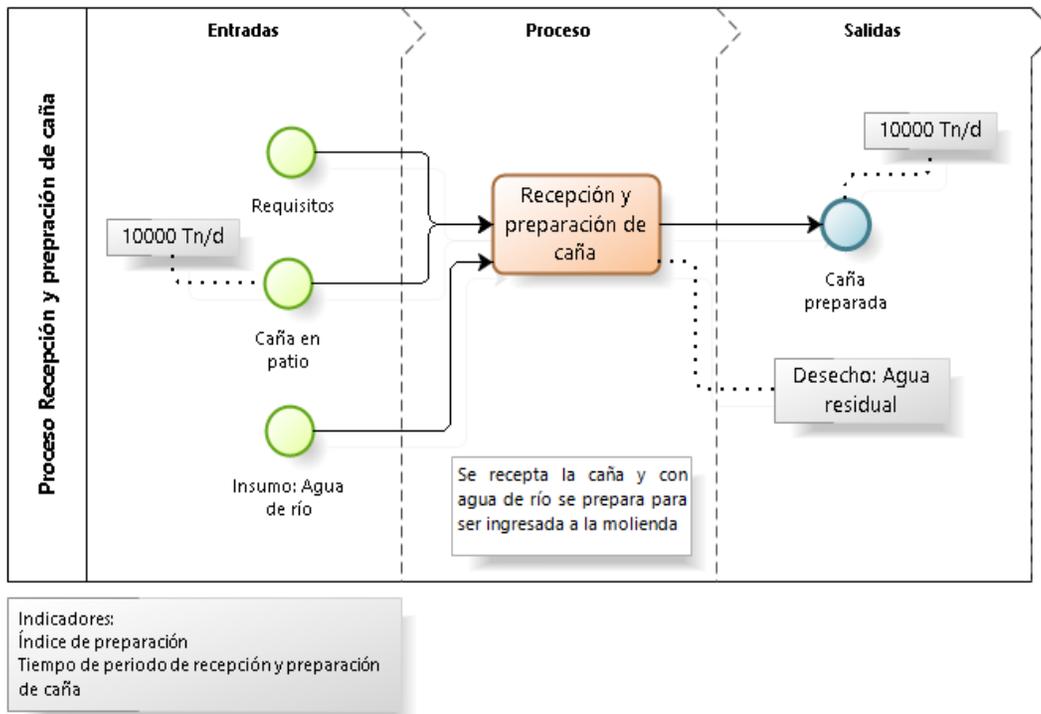


Figura 17  
Flujo: Recepción y preparación de caña  
Fuente: Autores

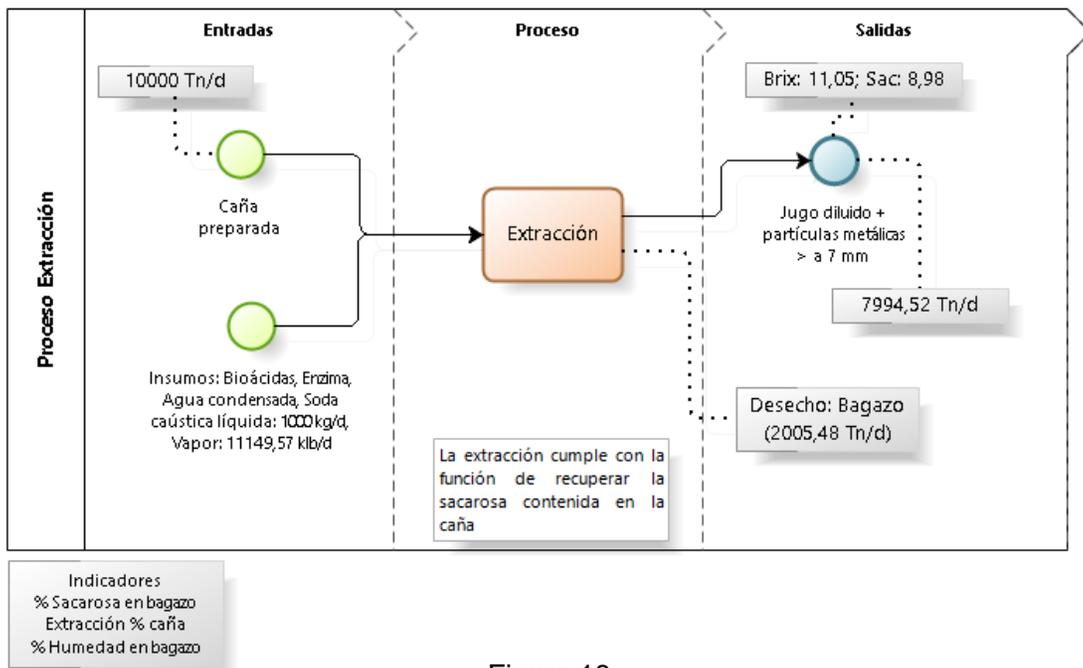


Figura 18  
 Flujo: Extracción  
 Fuente: Autores

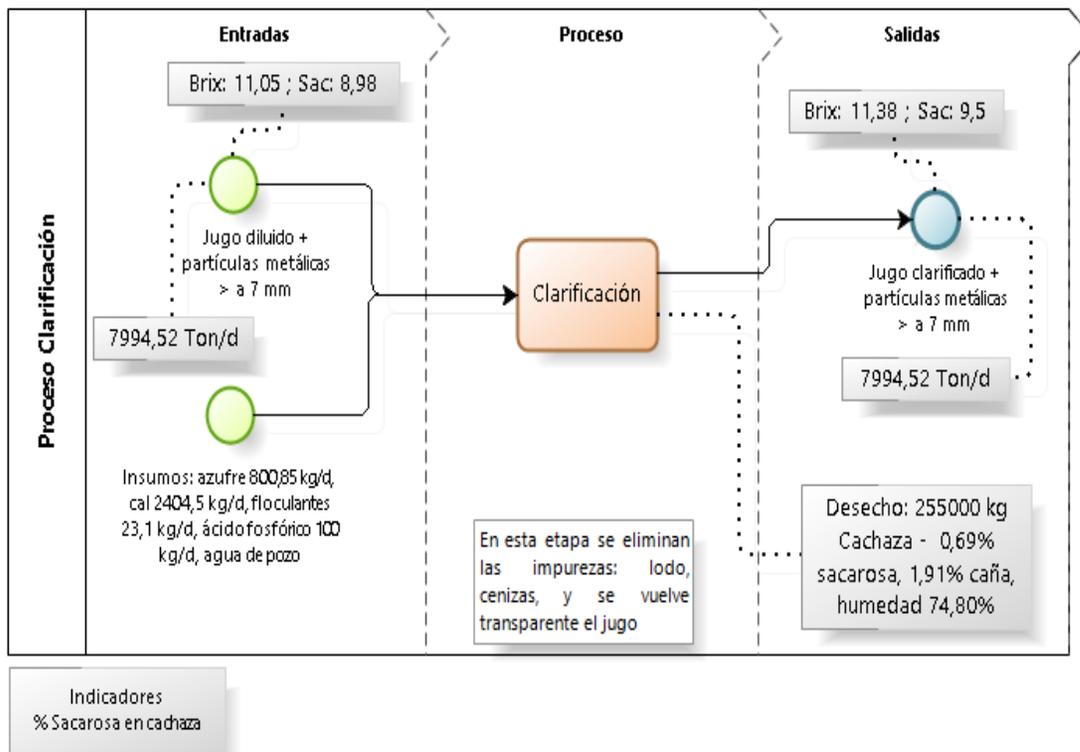


Figura 19  
 Flujo: Clarificación  
 Fuente: Autores

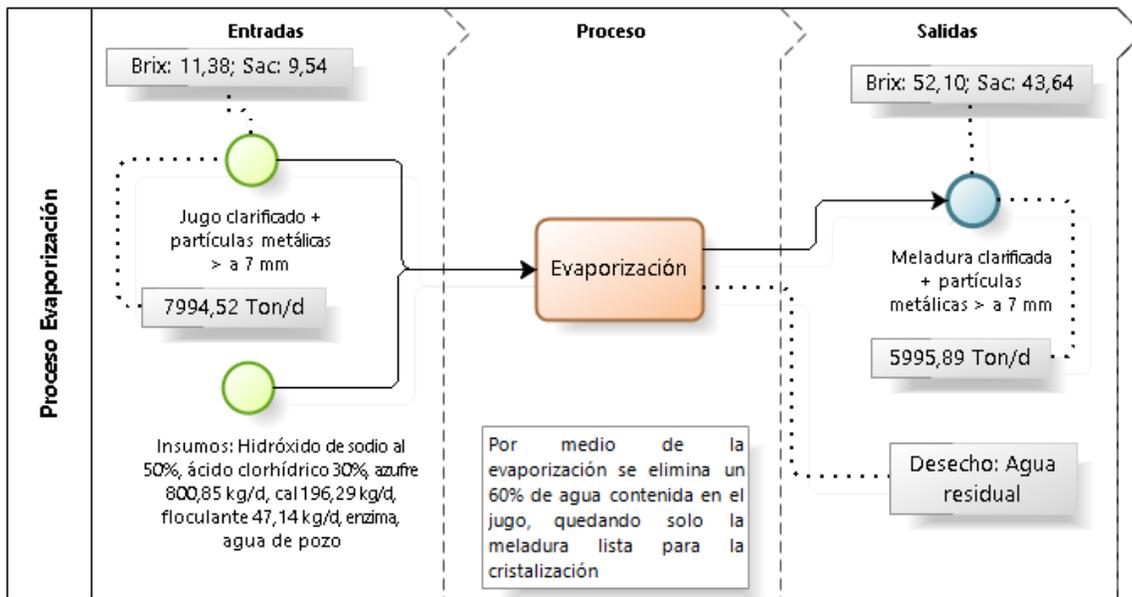
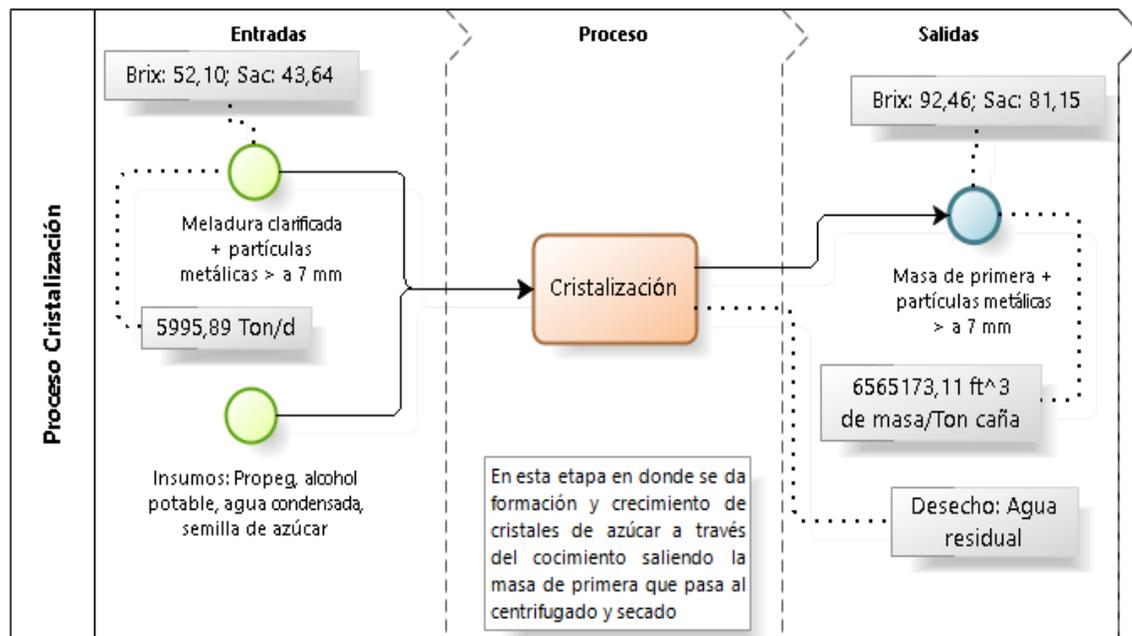


Figura 20  
 Flujo: Evaporización  
 Fuente: Autores



Indicadores  
 Pureza de miel fina

Figura 21  
 Flujo: Cristalización  
 Fuente: Autores

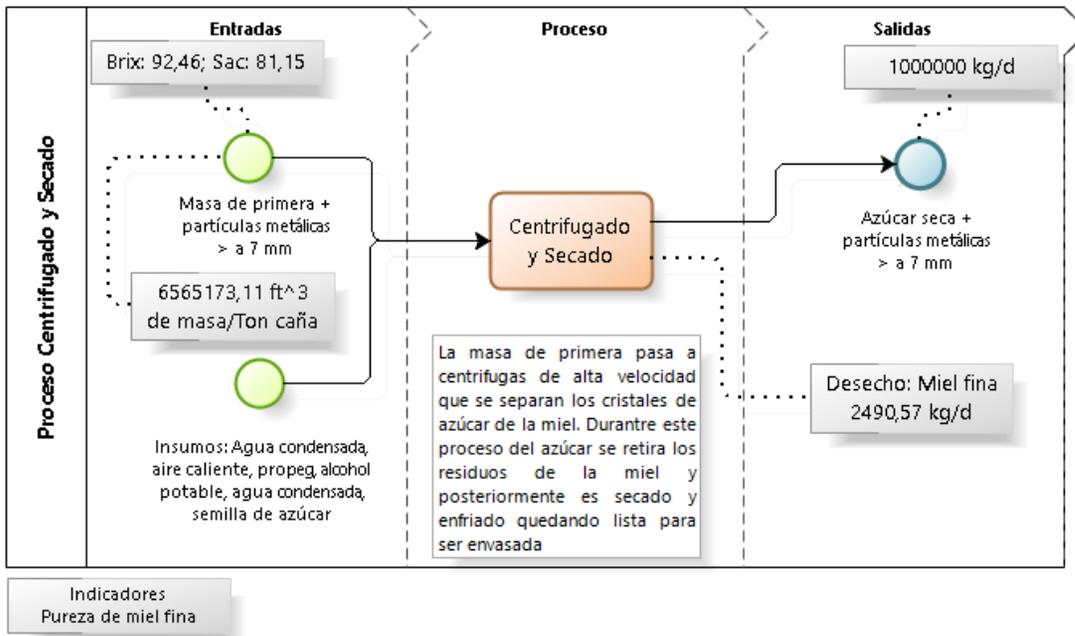


Figura 22  
 Flujo: Centrifugado y secado  
 Fuente: Autores

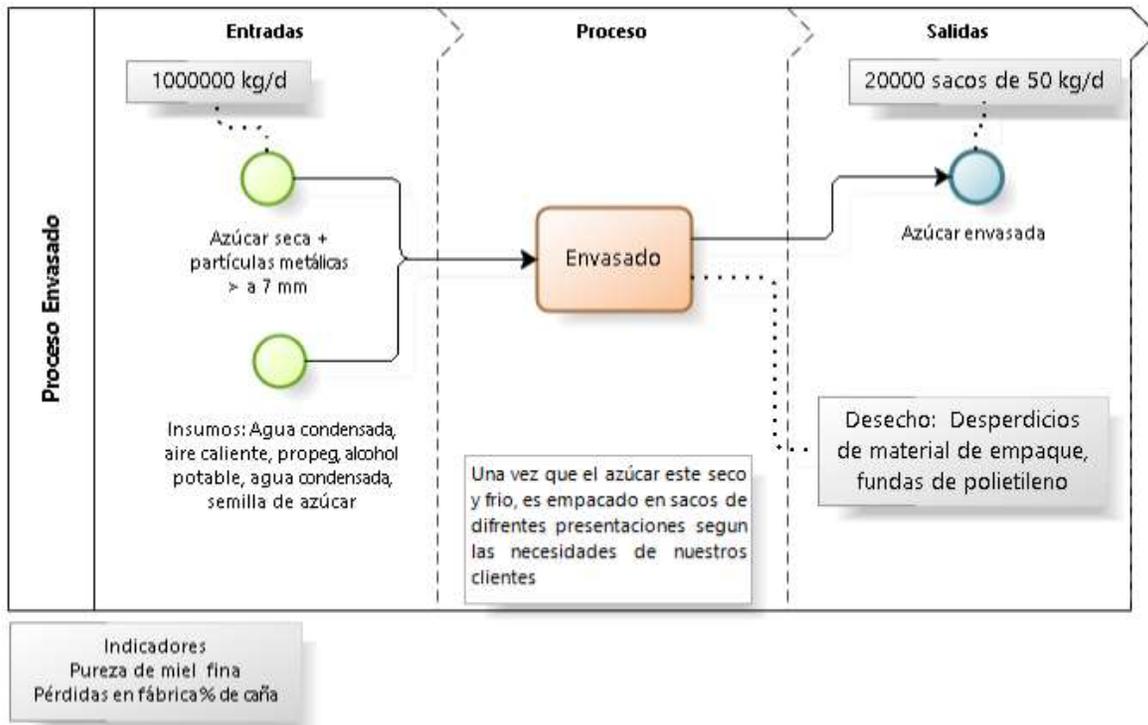


Figura 24  
 Flujo: Envasado  
 Fuente: Autores

## Bibliografía

Compañía Azucarera Valdez. Proceso de elaboración. 2017. Retrieved October 14, 2017, from <http://www.azucarervaldez.com/elaboracion.html>

ECOIL. Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Life. 2004. Retrieved from [http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2\\_SP.pdf](http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf)

ISO. ISO 14040:2006 (es), Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. 2006. Retrieved October 12, 2017, from <https://dgn.isolutions.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

Leiva, E. H. Análisis de Ciclo de Vida. Escuela de Organización Industrial, 43 (2016). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2207.3689>

Ramírez, B.; Bayona, S. y Pabón, P. Evaluación del análisis del ciclo de vida para la producción de biodiesel a partir de aceite de Higuera empleando la metodología “de la cuna a la cuna .” Revista ION, 21(1) (2008), 17–26.

Romero, B. El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Tendencias Tecnológicas. Boletín iE, (2003) 91–97. Retrieved from <https://www.ineel.mx/boletin032003/tend.pdf>

Sánchez, O.; Cardona, C. y Sánchez, D. Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: Una aproximación cualitativa. Revista Universidad EAFIT, 43(146) (2007), 59–79.

### Para Citar este Artículo:

Noboa-Romero, Pedro; Parra Freire, Antonio; Campoverde Pillajo, Carlos y Mendoza Haro, Ítalo. Análisis del ciclo de vida del azúcar: caso Ecuador. Rev. Incl. Vol. 5. Num. 4, Octubre-Diciembre (2018), ISSN 0719-4706, pp. 117-135.

## CUADERNOS DE SOFÍA EDITORIAL

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Inclusiones**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Inclusiones**.