



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL
AZÚCAR Y ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEIS INGENIOS
AZUCAREROS DEL ECUADOR

GORDILLO PERALTA NEY DAVID
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL
AZÚCAR Y ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEIS INGENIOS
AZUCAREROS DEL ECUADOR

GORDILLO PERALTA NEY DAVID
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL AZÚCAR Y
ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEIS INGENIOS AZUCAREROS DEL
ECUADOR

GORDILLO PERALTA NEY DAVID
INGENIERO QUÍMICO

YANEZ ROMERO MARIA ELENA

MACHALA, 14 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
14 de febrero de 2022

DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL AZÚCAR Y ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEIS INGENIOS AZUCAREROS DEL ECUADOR

por Ney David Gordillo Peralta

Fecha de entrega: 31-ene-2022 08:59p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1752411983

Nombre del archivo: NEY_GORDILLO_PERALTA_INVESTIGACION_PRCTICA.pdf (1.27M)

Total de palabras: 5513

Total de caracteres: 30990

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, GORDILLO PERALTA NEY DAVID, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Determinación de los procesos de fabricación del azúcar y análisis de la producción de seis ingenios azucareros del Ecuador, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

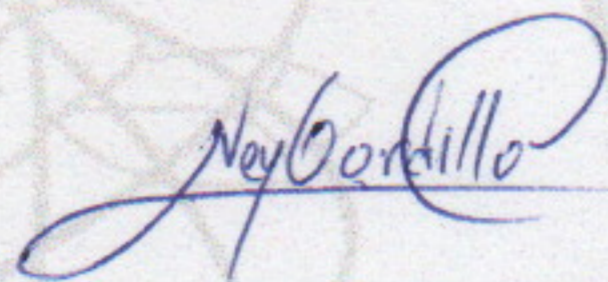
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 14 de febrero de 2022



GORDILLO PERALTA NEY DAVID
1105538118

RESUMEN

La producción de azúcar es una de las principales actividades económicas del país. Algunos de los principales Ingenios Azucareros del país son: La Troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey; siendo los Ingenios de mayor relevancia La Troncal, San Carlos y Valdez, ya que su aporte es de un noventa por ciento a la producción Nacional.

En la presente investigación se describe el proceso de fabricación del azúcar refinada de cada uno de los Ingenios Azucareros anteriormente mencionados. Por lo general, los procesos están compuestos por las siguientes operaciones unitarias: alimentación, molienda, purificación, clarificación, evaporación, cristalización, secado y envasado, pudiendo obtener dos tipos de azúcar: azúcar blanca y azúcar morena, cuyo destino cubre el mercado a nivel nacional e internacional.

En el año 2020 la producción nacional de azúcar total fue de un promedio de 7 363 443.5 sacos 50 kilogramos de azúcar donde los Ingenios con mayor aporte fueron: La Troncal, Valdez y San Carlos que produjeron 5 911 819,5 sacos 50 kilogramos de azúcar, mientras que la menor producción fue de los Ingenios Isabel María, IANCEM y Monterrey con 1 451 624 sacos 50 kilogramos de azúcar.

Palabras claves: Azúcar, fabricación, procesamiento, producción, distribución.

ABSTRACT

Sugar production is one of the country's main economic activities. Some of the main Sugar Mills in the country are: La Troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM and Monterrey; being the Sugar Mills of greater relevance La Troncal, San Carlos and Valdez, since their contribution is ninety percent to the National production.

In the present investigation, the manufacturing process of refined sugar of each of the sugar mills mentioned above is described. In general, the processes are made up of the following unit operations: feeding, grinding, purification, clarification, evaporation, crystallization, drying and packaging, being able to obtain two types of sugar: white sugar and brown sugar, whose destination covers the market at National and international.

In 2020, the national production of total sugar was an average of 7,363,443.5 bags of 50 kilograms of sugar, where the Sugar Mills with the greatest contribution were: La Troncal, Valdez and San Carlos, which produced 5,911,819.5 bags of 50 kilograms of sugar. , while the lowest production was from the Isabel María, IANCEM and Monterrey Sugar Mills with 1,451,624 sacks of 50 kilograms of sugar.

Keywords: Sugar, manufacturing, processing, production, distribution.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Caña de azúcar.....	3
1.2 Azúcar.....	3
1.3 Tipos de azúcar.....	3
1.3.1 <i>Azúcar Blanca</i>	3
1.3.2 <i>Azúcar Morena</i>	3
1.4 Industria del azúcar en Ecuador.....	3
1.5 Proceso de fabricación del azúcar.....	4
1.5.1 <i>Recepción de caña de azúcar</i>	4
1.5.2 <i>Preparación de caña</i>	4
1.5.3 <i>Molienda</i>	4
1.5.4 <i>Purificación</i>	4
1.5.5 <i>Clarificación</i>	4
1.5.6 <i>Evaporación</i>	4
1.5.7 <i>Cristalización</i>	4
1.5.8 <i>Centrifugación</i>	4
1.5.9 <i>Secado</i>	5
1.5.10 <i>Envasado</i>	5
1.6 Ingenios Azucareros del Ecuador.....	5
2.METODOLOGÍA.....	6
2.1 Diagramas de flujo de los Ingenios Azucareros.....	6
2.1.1 <i>Ingenio la troncal (COAZUCAR)</i>	6
2.2.2 <i>Ingenio San Carlos</i>	7
2.2.3 <i>Ingenio Valdez</i>	7
2.2.4 <i>Ingenio Isabel María</i>	8
2.2.5 <i>Ingenio IANCEM</i>	9
2.2.6 <i>Ingenio Monterrey</i>	10
2.2 Tipo de azúcar y destino del producto final de cada Ingenio.....	11
2.3 Producción anual, mensual y diaria de cada Ingenio.....	12
3.CONCLUSIONES.....	13
REFERENCIAS.....	14

ANEXOS	18
--------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio La Troncal.....	6
Figura 2. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio San Carlos.....	7
Figura 3. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio Valdez.....	8
Figura 4. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio Isabel María.....	9
Figura 5. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio IANCEM.....	10
Figura 6. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio Monterrey.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información de los Ingenios Azucareros del Ecuador.....	5
Tabla 2. Tipo de azúcar producido y destino del producto final de cada Ingenio Azucarero.....	11
Tabla 3. Producción promedio de los Ingenios Azucareros.....	12

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Área cosechada de las principales variedades de caña de azúcar en el Ingenio AGROAZUCAR, 2020.....	18
Anexo 2. Área cosechada de las principales variedades de caña de azúcar en el Ingenio SAN CARLOS, 2020.....	19
Anexo 3. Área cosechada de las principales variedades de caña de azúcar en el Ingenio VALDEZ, 2020.....	20

INTRODUCCIÓN

La industria dedicada a la fabricación de azúcar en Ecuador viene desarrollándose desde principios del año 1900. Debido al clima diverso que existe en nuestro país la caña de azúcar se convierte en la materia prima ideal para la fabricación del azúcar refinado, puesto que la podemos encontrar en diferentes zonas por su adaptabilidad a diferentes climas. Los Ingenios azucareros se ubican en diferentes lugares del país, entre los principales están: La Troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey; siendo los Ingenios de mayor producción La Troncal, San Carlos y Valdez, cuyo aporte a la fabricación Nacional es de un noventa por ciento.

Para la fabricación del azúcar se utiliza como materia prima la caña de azúcar, que mediante un proceso cuidadoso y tecnificado consta de las siguientes operaciones unitarias: alimentación, molienda, purificación, clarificación, evaporación, cristalización, secado y finalmente envasado, para luego ser comercializado. Pudiendo obtener como producto final dos tipos de azúcar: azúcar blanca, la misma que es refinada para obtener su color; y, azúcar morena, que tiene su color por una capa de miel de caña y que no tiene adición de azufre.

En cuanto a la producción nacional de azúcar, según el informe anual de CINCAE, en el año 2020 la cosecha de caña de azúcar fue de 139 400 ha, lo que significa un incremento del 14.4 %, en relación con el año anterior. En este sentido los Ingenios La Troncal, San Carlos y Valdez han producido 530 171, 2 toneladas métricas de azúcar (TM). Mientras que los Ingenios de menor producción a nivel nacional: IANCEM, Monterrey e Isabel María, produjeron 71 671, 2 TM de azúcar. Por lo que la industria azucarera ecuatoriana obtuvo una producción total de 601 842, 4 TM de azúcar en ese año. ¹

La presente investigación tiene como finalidad determinar los procesos de fabricación del azúcar de los seis Ingenios Azucareros antes mencionados, a través de diagramas de flujo que permitirán identificar el proceso de refinamiento del azúcar producido por los Ingenios; así como también la producción anual, mensual y diaria de azúcar mediante datos estadísticos, e identificar el destino del producto final obtenido.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los procesos de fabricación del azúcar y su producción anual de seis Ingenios Azucareros del Ecuador, a través de los diagramas de flujo y datos estadísticos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el proceso de refinamiento de cada tipo de azúcar producido por los Ingenios la troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey.
- Determinar la producción anual, mensual y diaria de azúcar de cada Ingenio Azucarero.
- Identificar el destino del producto final obtenido en los seis Ingenios Azucareros.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Caña de azúcar

La caña de azúcar en Ecuador se viene cultivando para la producción de azúcar desde la colonización de los españoles.² Su nombre científico es *Saccharum officinarum* L. y a nivel mundial es el endulzante más consumido.³ Este cultivo tiene versatilidad agroecológica, es decir puede ser cultivada en diferentes climas y suelos, además de la caña se puede obtener, además de azúcar, energía, etanol, y demás productos.⁴

1.2 Azúcar

El azúcar es uno de los productos alimenticios más consumidos a nivel mundial.³ Para que el azúcar, tenga calidad comercial se necesita de factores que le dan características deseadas como por ejemplo el rendimiento al moler cada tonelada de caña es dependiente de las características de la caña, gran porcentaje de sacarosa, pocos azúcares reductores y fibra, tienen relación directa con la cantidad de azúcar que se produce al final del proceso.⁵

1.3 Tipos de azúcar

1.3.1 Azúcar Blanca. Se le denomina también azúcar refinada, se obtiene a partir de la caña de azúcar, su color blanco se obtiene gracias la purificación en la que se aplica sulfitación y alcalinización para blanquear o refinar los cristales de azúcar.

1.3.2 Azúcar Morena. Se obtiene por el mismo proceso de fabricación de azúcar blanca, pero sin aplicar sulfitación ni alcalinización. Su color es oscuro porque los cristales de azúcar están cubiertos por una capa de melaza o miel.⁶

1.4 Industria del azúcar en Ecuador

La industria azucarera en Ecuador es de baja producción, en comparación con la producción a nivel mundial.⁷ Esta actividad representa el 8.7% del Producto Interno Bruto agrícola ecuatoriano.⁸ Se pueden encontrar Ingenios Azucareros en las regiones Costa y Sierra.⁹ La provincia del Guayas, y las provincias de Cañar, Loja e Imbabura son las de mayor importancia en cuanto al azúcar.¹⁰ El cultivo de la caña brinda empleo a 110 000 personas a nivel nacional. Todo el proceso de fabricación de azúcar da cerca de 30 000 empleos de forma directa y los restantes 80000 de manera indirecta.¹¹

1.5 Proceso de fabricación del azúcar

El proceso consta generalmente de las siguientes operaciones unitarias:

1.5.1 Recepción de caña de azúcar. Aquí se reciben los tallos de caña de azúcar que han sido cortados y transportados desde el campo, este transporte algunas veces es con la ayuda de animales de carga o con transporte automotriz, sobre todo en zonas con escasa disponibilidad de maquinaria que facilite el proceso. ¹²

1.5.2 Preparación de caña. Debido a que la caña viene con impurezas, se realiza la limpieza con agua y posteriormente se pica y desfibra para la molienda. ¹³

1.5.3 Molienda. En esta etapa se extrae el jugo de la caña y como subproducto bagazo de caña que es un residuo lignocelulósico que no tiene valor en la producción de azúcar pero sirve para otros procesos como la obtención de etanol ya que el costo de este bagazo es bajo. ¹⁴ El bagazo se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina, de las cuales para hacer el etanol se degrada la celulosa por hidrolisis enzimática. ¹⁵ Otra utilidad para el bagazo es la producción de ácido cítrico para aplicaciones industriales mediante la fermentación de los azúcares presentes. ¹⁶

1.5.4 Purificación. El jugo crudo se desinfecta en columnas de sulfitación poniendo en contacto el jugo con anhídrido sulfuroso, esto provoca el blanqueamiento del jugo y su acidificación, por lo que se neutraliza con lechada de cal y se consigue jugo alcalizado.

1.5.5 Clarificación. Se realiza la clarificación del jugo alcalizado con sedimentación de las impurezas, a 106 Celsius, arriba queda el jugo clarificado, en el fondo cachaza que se filtra para retornar al proceso. ¹³ La cachaza que se obtiene del clarificador también se aprovecha como compost para el cultivo de azúcar, ya que fortalece las propiedades físicas y químicas del suelo, es un fertilizante biológico de bajo costo. ¹⁷

1.5.6 Evaporación. El jugo clarificado se evapora dando como resultado meladura.

1.5.7 Cristalización. En la cristalización esta meladura se obtiene una masa cocida con que se compone de miel y azúcar.

1.5.8 Centrifugación. En la centrifugación se realiza la separación de los cristales de azúcar de la miel por acción de fuerza centrífuga, se obtiene azúcar húmeda.

1.5.9 Secado. Esta azúcar húmeda pasa a la secadora con aire caliente en el secador rotativo obteniendo azúcar con un porcentaje de humedad de 0,045 %.

1.5.10 Envasado. Se envasa dependiendo de la producción de los Ingenios. ¹³

1.6 Ingenios Azucareros del Ecuador

Los Ingenios Azucareros se centran en el procesamiento de la caña de azúcar para la obtención de azúcar comercial, por medio de cuidadosos procesos que permiten la fabricación del producto. En Ecuador es amplia la extensión de los cultivos de caña de azúcar y se pueden encontrar Ingenios Azucareros a lo largo de la Sierra y Costa ecuatoriana. ¹⁸

Tabla 1. Información de los Ingenios Azucareros del Ecuador

Ingenios Azucareros	Información
San Carlos	Es el Ingenio de mayor área de cultivo de caña de azúcar, pues tiene una extensión de 25 000 hectáreas. Se encuentra ubicado en Naranjito, Marcelino Maridueña y El Triunfo de la provincia del Guayas.
Valdez	Su extensión de cultivo es de 23 780 hectáreas y se encuentra ubicado en Milagro también perteneciente a la provincia del Guayas.
La Troncal	Cuenta con una extensión de cultivo de caña de azúcar de 23 262 hectáreas. Se ubica en el cantón La Troncal, de ahí su nombre, perteneciente a la provincia de Cañar.
Isabel María	Este Ingenio tiene una extensión de cultivo de caña de azúcar de 1 500 hectáreas y se encuentra en Babahoyo perteneciente a la provincia de Los Ríos
IANCEM	Dispone de 500 hectáreas de cultivo de caña de azúcar y se encuentra ubicado en Imbabura, Ibarra.
Monterrey	La extensión de cultivo de este Ingenio es de 1 653 hectáreas, está ubicado en Catamayo perteneciente a la provincia de Loja.

Fuente. Elaboración propia. En la literatura ¹⁸

2. METODOLOGÍA

La industria azucarera representa una parte muy importante en la economía de nuestro país, su producción se encuentra representada por 6 Ingenios Azucareros: La troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey, siendo los tres primeros los que producen el 90% de la producción nacional.

Se desea conocer el diagrama de flujo de la fabricación del azúcar de cada Ingenio, enfocados en los procesos de refinamiento del azúcar, y, el destino que tiene el producto final. Además, identificar el tipo de azúcar que se produce y su producción anual, mensual y diaria

2.1 Diagramas de flujo de los Ingenios Azucareros

2.1.1 Ingenio la troncal (COAZUCAR).

El proceso de fabricación de azúcar en el Ingenio La troncal inicia con la recepción en fábrica de la caña de azúcar, la misma que es picada para facilitar la extracción del jugo en la molienda, este jugo se desinfecta por sulfitación y alcalización, a continuación, se clarifica el jugo, con sedimentación de impurezas, en la parte superior se obtiene el jugo clarificado, en el fondo queda la cachaza de la cual se recupera el jugo.

En la evaporación se elimina el agua resultando meladura, que pasa a cristalización y se empiezan a formar los cristales de azúcar y también miel, el azúcar se separa de la miel en la centrifugación. Estos cristales son azúcar de primera calidad o azúcar comercial. Para finalizar se realiza el secado del azúcar y por último el envasado del producto. ¹⁹

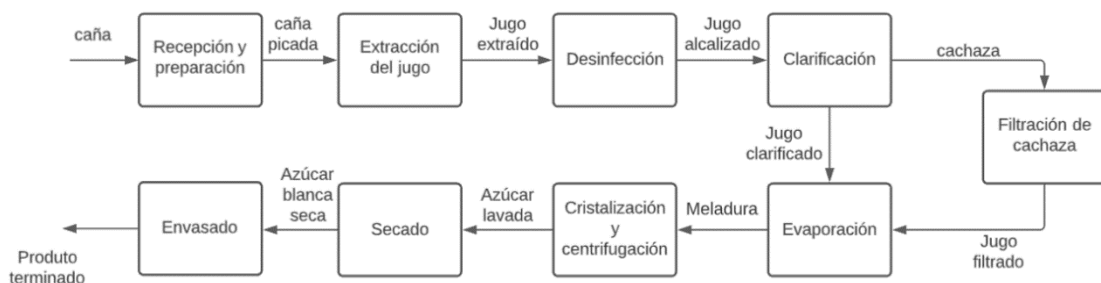


Figura 1. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio La Troncal. ¹⁹

2.2.2 Ingenio San Carlos.

El proceso de fabricación de azúcar en el Ingenio San Carlos inicia con la recepción de caña de azúcar, esta es lavada, picada y desfibra para la molienda donde se obtiene jugo crudo, que se desinfecta con anhídrido sulfuroso y lechada de cal. Luego se clarifica el jugo, se añade floculante para que se precipiten las impurezas al fondo del clarificador, y en la parte superior queda el jugo clarificado, la cachaza se filtra para aprovechar el jugo que tiene y retornarlo al proceso.

Estos jugos pasan al evaporador para concentrarlo, dando como resultado meladura. En la cristalización esta meladura se deposita en tachos que forman los cristales de azúcar, hasta obtener una masa cocida. Esta masa se compone de miel y azúcar y se la lleva a centrifugación para separar el azúcar de la miel. Se seca el azúcar obteniendo azúcar blanca con humedad de 0,06 %. Y finalmente se envasa.²⁰

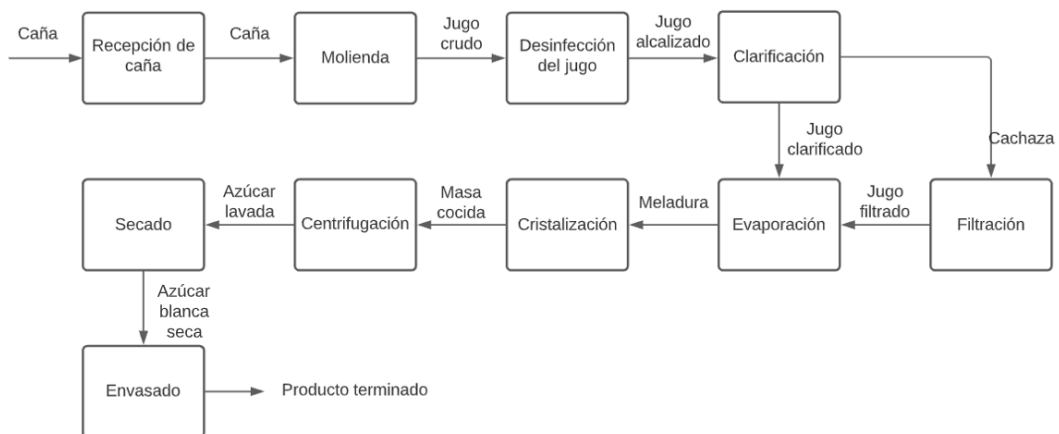


Figura 2. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio San Carlos.²⁰

2.2.3 Ingenio Valdez.

El proceso de fabricación de azúcar en el Ingenio Valdez inicia con el ingreso de la caña a la fábrica que se muele para extraer el jugo y llevarlo a sulfitación con anhídrido sulfuroso y lechada de cal. Luego se calienta a 105 grados Celsius para que se coagule. Este jugo pasa a los clarificadores que separan el jugo de la cachaza con adición de floculante. La cachaza es filtrada para recuperar el jugo y que recircule al proceso. En la evaporación se concentran los jugos formando meladura, que se clarifica por flotación. La meladura clarificada se cristaliza y resulta una masa cocida, que se compone de azúcar cristalizada y miel.

Para separar el azúcar de la miel se realiza la centrifugación. Para completar el secado del azúcar se aplica aire caliente en la secadora hasta que tenga humedad de 0,04 %. Para finalizar el proceso se envasa el azúcar terminado en sacos que se almacenan en las bodegas del Ingenio. ²¹

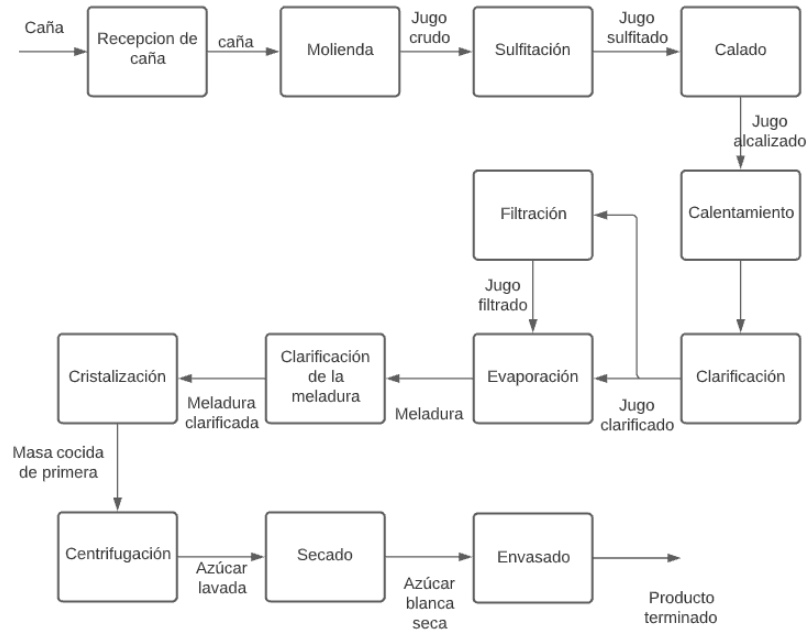


Figura 3. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio Valdez. ²¹

2.2.4 Ingenio Isabel María.

El proceso de fabricación de azúcar en el Ingenio Isabel María inicia con la alimentación de la caña, y se lava y pica para llevarla a los molinos. Luego el jugo se mezcla con anhídrido sulfuroso haciendo que se decolore y acidifique por lo que se debe neutralizar añadiendo lechada de cal. A continuación, se somete a calentamiento a 105 grados Celsius, para pasteurizar el jugo y acelerar la coagulación.

Para la clarificación primero se cuela el jugo y se adiciona floculante para que precipite los lodos del jugo en el fondo del clarificador y en la parte superior se separe el jugo clarificado. Estos lodos se denominan cachaza y tienen jugo que puede filtrarse para ser recirculados desde la sulfitación. Para la evaporación el jugo clarificado es llevado a evaporadores formando meladura, la misma que es cristalizada en los tachos, para que se forme el azúcar comercial. Luego se envían a centrifugación donde se separa el azúcar de la miel, que finalmente es secada con aire caliente. ²²

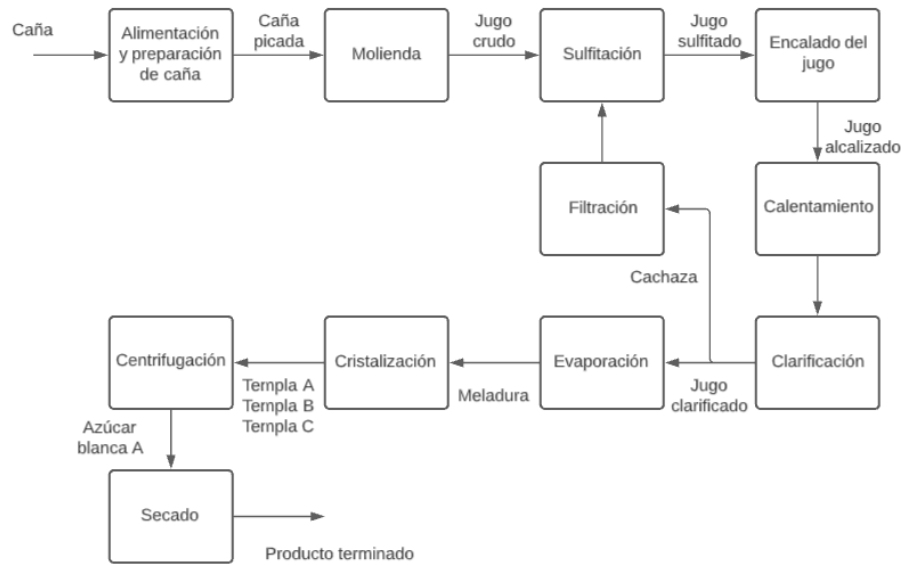


Figura 4. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio Isabel María. ²²

2.2.5 Ingenio IANCEM.

El proceso de fabricación de azúcar en el Ingenio IANCEM inicia con la recepción de la caña de azúcar a la fábrica, donde luego de ser pesada, es picada y desmenuzada para ser llevada a la molienda, para extraer el jugo de caña. El jugo que sale de los molinos es un jugo crudo, con impurezas, estos residuos son eliminados mediante desinfección en columnas de sulfitación, lo que desinfecta el jugo y a la vez lo blanquea y aumenta su acidez, por lo que hay que neutralizarlo con sacarato de calcio.

Ya desinfectado el jugo se procede a la clarificación para lo cual se van a precipitar sedimentos a temperaturas menores de 110 grados Celsius, obteniendo jugo clarificado y cachaza, que contiene jugo de caña que puede recuperarse en filtros, para conseguir un jugo que se puede reciclar al proceso. A continuación, se evapora el agua contenida en el jugo clarificado en evaporadores, obteniendo meladura.

La cristalización se realiza en tachos al vacío que evaporan el agua y saturan de azúcar a la meladura, Esta masa pasa luego a centrifugas con láminas perforadas cuya función es retener los cristales de azúcar que con la fuerza centrífuga son separados de la miel. Después se la seca, resultando azúcar comercial con humedad de 0,075%. ²³

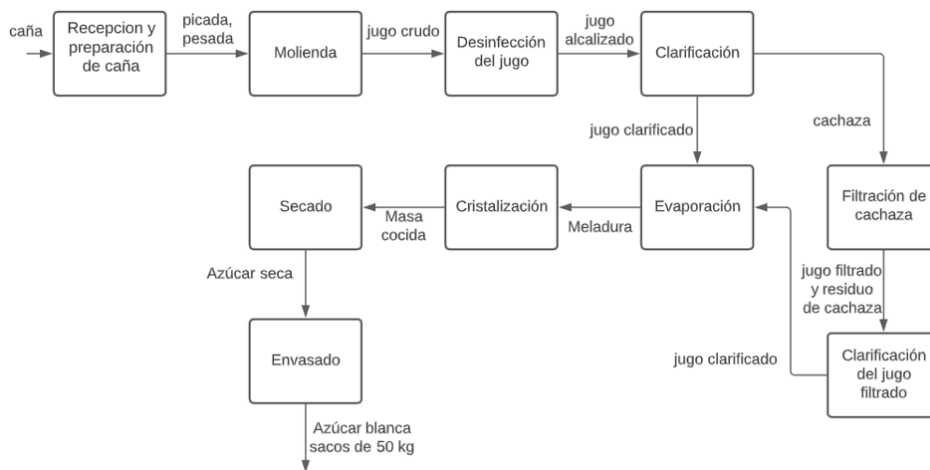


Figura 5. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio IANCEM. ²³

2.2.6 Ingenio Monterrey.

La fabricación de azúcar en el Ingenio Monterrey inicia con la recepción de la caña de azúcar, se pesa, lava, pica y desfibra para los molinos, que extraen el jugo. Se envía el jugo a purificar con sulfitación y sacarato de Calcio. Luego se lleva a un calentador a 105 grados Celsius, adicionando floculante para que clarifique el jugo. En la evaporación se reduce el agua, obteniendo meladura pura que debe ser clarificada para pasar a los tachos que forman masa cocida cuya composición es azúcar y miel. Para facilitar la cristalización se utiliza agotamiento que es una cristalización en movimiento.

A continuación, las masas pasan a un sistema de cocimiento llamado porta templa, donde se van a separar los cristales de la miel, por centrifugación. Se seca a humedad de 0,04 %. Por último, se envasa, para su posterior almacenamiento. ²⁴

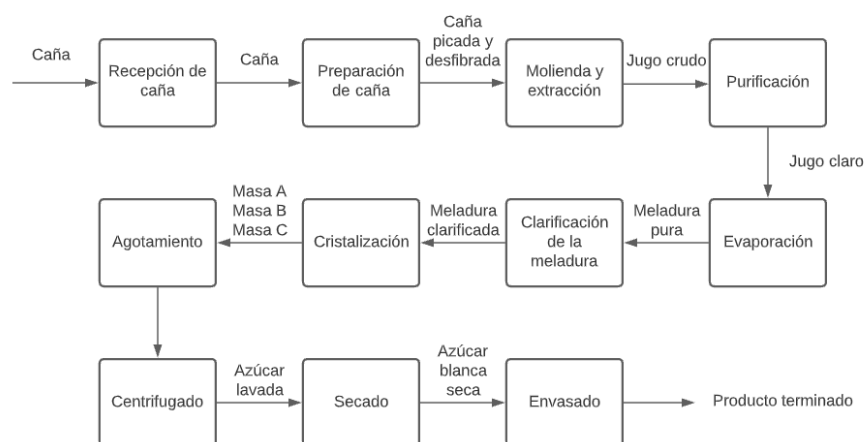


Figura 6. Diagrama de flujo de la fabricación de azúcar del Ingenio Monterrey. ²⁴

2.2 Tipo de azúcar y destino del producto final de cada Ingenio

Tabla 2. Tipo de azúcar producido y destino del producto final de cada Ingenio Azucarero.

INGENIO	TIPOS DE AZÚCAR	DESTINO DEL PRODUCTO FINAL
La Troncal	Azúcar blanca y azúcar morena	Abastece mercado nacional
San Carlos	Azúcar blanca y azúcar morena	Abastece mercado nacional e internacional.
Valdez	Azúcar blanca y azúcar morena	Abastece mercado nacional e internacional
Isabel María	Azúcar blanca	Abastece mercado nacional
IANCEM	Azúcar blanca y azúcar morena	Abastece mercado nacional e internacional.
Monterrey	Azúcar blanca y azúcar morena	Abastece mercado nacional.

Fuente. Elaboración propia. En la literatura^{22,25,26,27,28}

Todos los 6 Ingenios azucareros analizados fabrican azúcar blanca, y 5 de ellos fabrican azúcar morena, la excepción es el Ingenio Isabel María ya que solo produce azúcar blanca en una única presentación de sacos de 50 kilogramos.²²

En cuanto al destino del producto final, todos los Ingenios abastecen el mercado nacional. Los Ingenios que exportan el azúcar son La Troncal, San Carlos y Valdez que usualmente llevan el producto a Estados Unidos.²⁵ El Ingenio San Carlos exporta azúcar a Perú y Estados Unidos.²⁶ Valdez realiza sus exportaciones a Colombia, Perú y Estados Unidos.²⁷ La troncal exporta el azúcar a Estados Unidos. Adicionalmente el Ingenio IANCEM realiza exportaciones a Colombia desde el 2017.²⁸

2.3 Producción anual, mensual y diaria de cada Ingenio

Tabla 3. Producción promedio de los Ingenios Azucareros.

INGENIOS	Producción Anual (sacos de 50 kg)	Producción Mensual (sacos de 50 kg)	Producción Diaria (sacos de 50 kg)
La Troncal	2 120 867. 9	172 959. 7	5 765. 3
San Carlos	2 095 030. 63	161 817. 13	5 393. 9
Valdez	1 695 920. 97	136 161. 42	4 538. 7
Isabel María	246 824	20 568. 7	685. 6
IANCEM	600 000	50 000	1 667
Monterrey	604 800 - 657 000	54 000	1 800

Fuente. Elaboración propia. En la literatura^{1,23,29}

Como podemos observar, dentro de la producción promedio de los seis principales Ingenios Azucareros de Ecuador, la mayor fabricación de azúcar se concentra en los Ingenios La Troncal, San Carlos y Valdez cuya producción anual promedio, es de 2 120 867. 9, 2 095 030. 63 y 1 695 920. 97 sacos de 50 kg de azúcar respectivamente; por lo que la producción mensual promedio es de 172 959. 7, 161 817. 13 y 136 161. 42 sacos respectivamente y la producción diaria promedio es de 5 765. 3, 5 393. 9 y 4 538. 7 sacos. Mientras que la menor producción es por parte de los Ingenios Monterrey, IANCEM e Isabel María cuya producción anual promedio es de 604 800 - 657 000, 600 000 y 246 824 sacos de 50 kg de azúcar respectivamente; la producción mensual promedio es de 54 000, 50 000 y 20 568. 7 sacos respectivamente y la producción diaria promedio es de 1 800, 1 667 y 685. 6 sacos respectivamente.

3. CONCLUSIONES

Para el proceso de refinamiento del azúcar, los Ingenios Azucareros realizan el proceso de purificación, en el que se desinfecta el jugo crudo de la caña en columnas de sulfitación poniendo en contacto el jugo con anhídrido sulfuroso a contracorriente, lo que provoca el blanqueamiento del jugo y su acidificación. Luego es neutralizado con lechada de cal y se consigue jugo alcalizado, pudiendo obtener como producto final azúcar blanca; mientras que, para azúcar morena, no se aplica el proceso de sulfitación ni alcalinización del jugo.

La producción de azúcar de los Ingenios Azucareros se expresa en sacos de 50 kilogramos de azúcar. Se pudo evidenciar que los Ingenios La Troncal, San Carlos y Valdez tienen una producción anual promedio de 2 120 867. 9, 2 095 030. 63 y 1 695 920. 97 sacos, respectivamente; en tanto que, la producción mensual promedio es de 172 959. 7, 161 817. 13 y 136 161. 42 sacos, respectivamente; y finalmente, la producción diaria promedio es de 5 765. 3, 5 393. 9 y 4 538. 7 sacos. Es importante señalar que la menor producción es por parte de los Ingenios Monterrey, IANCEM e Isabel María cuya producción anual promedio es de 604 800 - 657 000, 600 000 y 246 824 sacos, respectivamente; siendo la producción mensual promedio de 54 000, 50 000 y 20 568. 7 sacos, respectivamente; y, la producción diaria promedio de 1 800, 1 667 y 685. 6 sacos, respectivamente.

En cuanto al destino del producto final, todos los Ingenios abastecen el mercado nacional. Pero también hay algunos Ingenios que exportan el azúcar, tal es el caso del Ingenio La Troncal, que exporta el azúcar a Estados Unidos; San Carlos, que exporta azúcar a Perú y Estados Unidos; Valdez realiza sus exportaciones a Colombia, Perú y Estados Unidos; y, el Ingenio IANCEM realiza exportaciones a Colombia.

REFERENCIAS

- (1) Vela, P.; Gonzales, M.; Linhares, W.; Rodríguez, R.; González, J. *Informe Anual 2020*; Informe anual del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador; CINCAE: El Triunfo, 2021; 70 p.
- (2) Aguirre, J. *Estudio del Sistema de Cogeneración a partir de la biomasa en los Ingenieros Azucareros*. Ingeniero Eléctrico. Tesis, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2015.
- (3) Ibarra, C.; Mancilla, O.; Guevara, R.; Hernández, O.; Palomera, C.; Can, Á.; Ortega, H.; Huerta, J.; Olguin, J.; Paz, J. Rentabilidad de la caña de azúcar con manejo orgánico y convencional. *Idesia*. [En línea] **2018**, 36. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292018000300005&lang=pt (consultado el 12 de enero de 2022).
- (4) García, Y. Efecto de dos sistemas de cosecha de la caña de azúcar sobre la calidad del suelo en el cantón Milagros Ecuador. *Acta Agr. Pec.* **2018**, 4, 60-68. ISSN 2448-7090.
- (5) Jara, O.; Munzón, M.; Alvarado, A. Efectos de la aplicación de compost sobre las propiedades físico químicas del suelo y el rendimiento de azúcar. *DELOS*. [En línea] **2017**, 10. ISSN-e 1988-5245. <https://www.eumed.net/rev/delos/29/compost-suelo.html> (consultado el 14 de enero de 2022).
- (6) Monterrey. Ficha Técnica A Morena. https://www.malca.ec/informes/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=1:bajar (consultado el 7 de enero de 2022).
- (7) AETA. Los primeros 20 años del centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador – Cincae. <http://www.aeta.org.ec/noticias.html>. (consultado el 7 de enero de 2022).

- (8) García, R.; Sarabia, D.; Pico, J.; Sancho, D.; Sarabia, D.; Matute, F. Utilización de tres métodos químicos para la conservación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), variedad POJ 93, en Pastaza, Ecuador. *La Técnica*. **2018**, *19*, 61-74. ISSN 1390-6895.
- (9) Cartay, R.; García, M.; Meza, D.; Intriago, J.; Romero, F. Caracterización económica de un productor de aguardiente en Junín, Manabí, Ecuador. *ECA Sinergia*, **2018**, *10*, 85-97.
- (10) Iñiguez, A.; Valle, L.; Gonzáles, M.; Ochoa, W. Análisis de la rentabilidad de la producción de caña de azúcar y sus derivados. Caso productores rurales de la parroquia de Malacatos –Loja, Ecuador. *Rev. Amazónica Cienc. Tecnol.* **2018**, *7*, 65-76. ISSN-e 1390-5600.
- (11) Soto, A.; Panimboza, A.; Ramones, A.; Pérez, A.; Sarduy, L.; Diéguez, K. Huella de carbono en el cultivo de la caña de azúcar. Evaluación agrícola de un caso de estudio de la amazonia ecuatoriana. *Ingio. Magno*. **2020**, *11*, 22-32. ISSN 2145-9282.
- (12) Pérez, R.; Herrera, M.; Ramírez, K.; Grzelczyk, M.; Cedeño, C.; Fuentes, J. Restrictive Factors for the Mechanization of Sugarcane Cultivation in Manabí Province, Ecuador. *Rev Cie Téc Agr*. [En línea] **2018**, *27*. ISSN-e 2071-0054. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542018000400010&lang=es (consultado el 14 de enero de 2022).
- (13) Jaramillo, S.; Torres, A. *Elaboración y evaluación de un proyecto de cultivo y comercialización de caña, como materia prima para la producción de azúcar, en la provincia del Guayas*. Ingeniero Comercial. Tesis, Universidad del Azuay, Cuenca, 2017.
- (14) Batallas, F.; Salvador, C.; Villavicencio, J.; González, H.; González, E. Hydrolysis of sugarcane bagasse to obtain ethanol using native and commercial enzymes. *Cen. Az.* [En línea] **2018**, *45*. ISSN-e 2223-4861 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000400009&lang=es (consultado el 14 de enero de 2022).

- (15) Salvador, C.; Rojas, M.; Mesa, L.; Londoño, P.; Villavicencio, J.; González, E. Obtention of cellulases in Ecuador to reduce enzyme costs in sugar cane bagasse hydrolysis. *Cen. Az.* [En línea] **2019**, *46*. ISSN-e 2223-4861. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612019000100018&lang=es (consultado el 14 de enero de 2022).
- (16) Tuquerres, H.; Cerda, G.; Tenemasa, V.; Diéguez, K.; Carrera, K.; Pérez, A. Diseño del proceso para la obtención de ácido cítrico a partir del bagazo de caña disponible en Pastaza, Ecuador. *Cen. Az.* [En línea] **2020**, *47*. ISSN-e 2223-4861. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612020000200086&lang=es (consultado el 14 de enero de 2022).
- (17) Rodríguez, I. Efecto del compost en el rendimiento agrícola de caña de azúcar en el Ingenio Valdez. *Cumbres.* **2017**, *3*, 119-126. ISSN 1390-9541.
- (18) Peña, D. *Procesos y parámetros de operación de un Ingenio Azucarero en el Ecuador*. Ingeniero químico. Examen Complexivo, Universidad Técnica de Machala, Machala, 2020.
- (19) Bojaya, E.; Ochoa, R. *Propuesta de implementación de un sistema de gestión de prevención de los riesgos de trabajo (SGP) en el Ingenio azucarero ECUDOS con énfasis en el proceso de corte de la caña durante la zafra*. Ingeniero Comercial. Tesis, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2014.
- (20) Ingenio San Carlos. *Fábrica Transformamos el fruto de la tierra en energía*. <https://www.ingeniosancarlos.com.co/procesos/fabrica> (consultado el 7 de enero de 2022).
- (21) Torres, S. *Reducir los costos de inventarios con la implementación del MRP en la CIA. Azucarera Valdez S.A.* Ingeniero Industrial. Tesis, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2010.

- (22) Vergara, V.; Villón, S.; Rochina, C. *Diseño de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2000 para el área de fábrica del Ingenio Isabel María*. Magister. Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2018.
- (23) Salazar, J. *Estrategias de control interno para el Ingenio Azucarero del Norte "IANCEM" CEM*. Ingeniera en contabilidad superior. Tesis, Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ibarra, 2014.
- (24) Benítez, K. *Levantamiento y diseño del proceso de elaboración en el área de fabricación de Monterrey azucarera lojana C.A. del cantón Catamayo, provincia de Loja*. Ingeniero en administración de empresas. Tesis, Universidad Nacional de Loja, Loja, 2020.
- (25) Mayorga, C. *Caña Verde una publicación de Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A.*; Noticiero; Editorial San Carlos: El Triunfo, 2015, 12 p.
- (26) Página de inicio de San Carlos. Hacienda San Carlos.
<https://www.sancarlos.com.ec/empresa/quienes-somos/> (consultado el 8 de enero de 2022).
- (27) López, H.; Ávila, M. *Calificación Segunda Emisión de Obligaciones Compañía Azucarera VALDEZ S.A.*; Informe anual; Global Ratings: Julio 2020; 50 p.
- (28) Hoyos, J.; Morales, L. *La integración vertical de la cadena productiva del azúcar refinado. La concentración de mercado, los precios y la inflación*. Economista. Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- (29) Quezada, M. *Estudio de la cadena de valor de la caña de azúcar. Caso Ingenio Monterrey, cantón Catamayo*. Economista. Tesis, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 2017.

ANEXOS

Anexo 1. Área cosechada de las principales variedades de caña de azúcar en el Ingenio AGROAZUCAR, 2020.

Cuadro 1. Área cosechada (ha), edad de corte (meses), corte mecanizado (%), producción de caña (TCH), producción de azúcar (SAH) y toneladas de sacarosa/ha (TSH) de las principales variedades de caña de azúcar en el ingenio AGROAZUCAR, 2020.

VARIEDAD	ÁREA COSECHADA (ha)	EDAD (meses)	COSECHA MECANIZADA (%)	TCH	TCH/M	SAH	SAH/M	TSH	TSH/M
CC85-92	6,263.4	12.6	63	74.7	5.9	137.5	10.9	6.9	0.54
Ragnar	1,137.0	12.0	51	62.8	5.2	123.1	10.2	6.2	0.51
ECU-01	409.1	12.6	59	76.3	6.0	140.5	11.1	7.0	0.56
CR74-250	151.0	12.2	63	54.2	4.5	89.7	7.4	4.5	0.37
EC-05	108.1	11.3	0	60.3	5.4	112.0	9.9	5.6	0.50
BJ70-46	76.8	11.9	0	84.0	7.0	166.1	13.9	8.3	0.70
EC-02	21.0	11.7	0	64.9	5.6	119.9	10.3	6.0	0.51
B73-16	8.0	19.8	0	102.8	5.2	140.0	7.1	7.0	0.35
B7678	6.3	13.0	0	54.3	4.2	97.3	7.5	4.9	0.37
Varias	1,576.2	12.7	64	66.6	5.3	125.5	9.9	6.3	0.50
Cañicultor	9,756.8	12.4	59	70.1	5.6	131.3	10.6	6.6	0.53
CC85-92	7,049.1	12.1	93	71.0	5.9	149.9	12.4	7.5	0.62
ECU-01	3,240.2	12.3	91	67.3	5.5	137.9	11.2	6.9	0.56
EC-05	1,979.4	12.4	92	71.6	5.8	148.2	11.9	7.4	0.60
EC-08	602.3	12.6	90	83.0	6.6	171.9	13.6	8.6	0.68
EC-02	411.6	12.4	87	69.5	5.6	133.1	10.8	6.7	0.54
EC-07	235.0	11.8	65	62.6	5.3	125.8	10.6	6.3	0.53
EC-06	191.5	11.2	82	74.1	6.6	146.2	13.1	7.3	0.65
EC-04	150.8	11.8	85	71.7	6.1	121.4	10.3	6.2	0.52
Ragnar	94.6	12.8	100	56.4	4.4	119.6	9.4	6.0	0.47
ECSP00-1315	89.9	11.7	88	47.4	4.1	94.6	8.1	4.7	0.41
B7678	37.2	13.0	100	43.9	3.4	87.3	6.7	4.4	0.34
EC-03	21.9	11.3	100	45.9	4.1	97.3	8.6	4.9	0.43
C132-81	20.5	14.4	0	81.4	5.7	172.2	12.0	8.6	0.60
ECSP02-204	16.5	11.1	0	69.2	6.3	134.5	12.2	6.7	0.61
Varias	517.4	12.5	75	61.8	4.9	126.1	10.0	6.3	0.50
Ingenio	14,657.6	12.2	90	69.9	5.7	144.7	11.8	7.2	0.59
TOTALES/PROMEDIO	24,414.4	12.3	78	70.0	5.7	139.5	11.3	7.0	0.57

TCH= Toneladas de caña/ha; TCH/M= Toneladas de caña/ha/mes; SAH= Sacos de azúcar/ha; SAH/M= Sacos de azúcar/ha/mes; TSH= Toneladas de sacarosa/ha; TSH/M= Toneladas de sacarosa/ha/mes.

Fuente. Imagen tomada de ¹

Anexo 2. Área cosechada de las principales variedades de caña de azúcar en el Ingenio SAN CARLOS, 2020.

Cuadro 2. Área cosechada (ha), edad de corte (meses), corte mecanizado (%), producción de caña (TCH), producción de azúcar (SAH) y toneladas de sacarosa/ha (TSH) de las principales variedades de caña de azúcar en el ingenio San Carlos, 2020.

VARIEDAD	ÁREA COSECHADA (ha)	EDAD (meses)	COSECHA MECANIZADA (%)	TCH	TCH/M	SAH	SAH/M	TSH	TSH/M
CC85-92	9,376.1	13.6	61	84.9	6.2	143.6	10.5	7.2	0.53
Ragnar	2,015.9	13.5	53	82.8	6.1	140.1	10.4	7.0	0.52
CR74-250	725.8	13.7	57	86.8	6.3	140.1	10.2	7.0	0.51
ECU-01	51.5	12.5	88	94.2	7.6	176.4	14.2	8.8	0.71
EC-05	14.6	13.2	0	75.0	5.7	149.7	11.4	7.5	0.57
Cañicultor	12,183.9	13.6	58	84.4	6.2	142.6	10.5	7.1	0.52
CC85-92	5,876.4	13.0	99	82.9	6.4	147.5	11.3	7.4	0.57
ECU-01	2,761.2	12.8	99	84.7	6.6	148.3	11.6	7.4	0.58
EC-02	1,009.4	12.8	99	93.4	7.3	156.7	12.2	7.8	0.61
CR74-250	849.2	12.7	98	75.1	5.9	125.8	9.9	6.3	0.49
EC-07	576.7	13.0	100	87.0	6.7	155.7	12.0	7.8	0.60
EC-08	548.5	12.6	100	86.6	6.9	153.0	12.1	7.7	0.61
EC-09	348.6	13.1	98	99.8	7.6	176.8	13.5	8.8	0.68
EC-05	324.3	14.5	98	74.4	5.1	126.6	8.7	6.3	0.44
EC-03	291.6	14.8	100	70.2	4.8	113.0	7.7	5.6	0.38
CC93-4181	278.3	14.1	100	71.5	5.1	123.0	8.7	6.1	0.44
CC01-1228	210.4	12.7	100	70.2	5.5	117.4	9.2	5.9	0.46
CLONES	201.5	13.4	100	93.9	7.0	158.9	11.9	7.9	0.59
EC-06	153.6	13.3	100	71.3	5.4	116.5	8.8	5.8	0.44
EC03-247	92.0	12.8	100	94.7	7.4	161.1	12.6	8.1	0.63
Ragnar	66.8	9.6	100	46.2	4.8	73.0	7.6	3.7	0.38
CC93-4418	39.9	16.0	100	81.2	5.1	142.9	8.9	7.1	0.45
ECSP02-204	7.8	12.0	100	76.0	6.4	121.1	10.1	6.1	0.51
Varias	683.9	12.9	100	93.7	7.3	158.9	12.3	7.9	0.62
Ingenio	14,320.1	13.0	99	83.9	6.5	146.3	11.3	7.3	0.56
TOTALES/PROMEDIO	26,504.0	13.3	79	84.2	6.3	144.5	10.9	7.2	0.54

TCH= Toneladas de caña/ha; TCH/M= Toneladas de caña/ha/mes; SAH= Sacos de azúcar/ha; SAH/M= Sacos de azúcar/ha/mes; TSH= Toneladas de sacarosa/ha; TSH/M= Toneladas de sacarosa/ha/mes.

Fuente. Imagen tomada de ¹

Anexo 3. Área cosechada de las principales variedades de caña de azúcar en el Ingenio VALDEZ, 2020.

Cuadro 3. Área cosechada (ha), edad de corte (meses), corte mecanizado (%), producción de caña (TCH), producción de azúcar (SAH) y toneladas de sacarosa/ha (TSH) de las principales variedades de caña de azúcar en el ingenio Valdez, 2020.

VARIEDAD	ÁREA COSECHADA (ha)	EDAD (meses)	COSECHA MECANIZADA (%)	TCH	TCH/M	SAH	SAH/M	TSH	TSH/M
CC85-92	4,271.6	13.3	83.9	81.9	6.1	151.3	11.3	7.5	0.57
FCII-01	3,451.6	12.8	89.2	91.5	7.1	163.8	12.8	8.2	0.64
Ragnar	1,945.9	12.9	83.6	77.3	6.0	144.6	11.2	7.2	0.56
EC-02	93.9	12.2	95	85.7	7.0	157.1	12.9	7.8	0.64
CR74-250(SC)	87.7	12.3	95.5	58.7	4.8	116.4	9.4	5.8	0.47
EC-03	9.8	12.7	75	68.3	5.4	124.3	9.8	6.2	0.49
B7678	8.9	12.1	100	85.1	7.1	170.3	14.1	8.5	0.71
Varias	821.5	12.8	84.7	80.9	6.3	149.3	11.6	7.5	0.58
Cañicultor	10,691.0	13.0	85.6	82.8	6.4	152.2	11.7	7.6	0.58
ECU-01	4,948.0	12.5	100	89.7	7.2	170.8	13.6	8.5	0.68
EC-02	1,875.3	12.5	100	94.9	7.6	176.0	14.1	8.8	0.70
CC85-92	1,510.0	12.4	100	87.4	7.1	162.8	13.2	8.1	0.66
EC-04	654.3	12.1	100	79.4	6.5	154.0	12.7	7.7	0.63
EC-06	427.7	12.9	100	87.2	6.7	175.4	13.6	8.8	0.68
EC-05	313.5	12.0	100	81.1	6.8	154.3	12.9	7.7	0.64
EC-09	72.0	13.3	100	102.9	7.7	202.5	15.2	10.1	0.76
EC-08	55.2	12.9	100	85.1	6.6	144.3	11.2	7.2	0.56
EC-07	44.0	12.6	100	86.5	6.9	155.1	12.3	7.7	0.61
EC-03	40.3	11.2	100	69.2	6.2	131.5	11.7	6.6	0.58
Ragnar	35.4	11.6	100	61.5	5.3	118.0	10.2	5.9	0.51
CC01-1228	1.4	12.9	100	94.7	7.4	222.0	17.3	11.1	0.86
Varias	184.1	12.6	100	82.7	6.5	154.5	12.2	7.7	0.61
Ingenio	10,161.3	12.5	100	88.2	7.1	166.9	13.4	8.3	0.67
TOTALES/PROMEDIO	20,852.4	12.8	90.4	84.6	6.6	157.1	12.3	7.8	0.61

TCH= Toneladas de caña/ha; TCH/M= Toneladas de caña/ha/mes; SAH= Sacos de azúcar/ha; SAH/M= Sacos de azúcar/ha/mes; TSH= Toneladas de sacarosa/ha; TSH/M= Toneladas de sacarosa/ha/mes.

Fuente. Imagen tomada de ¹