



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

ANÁLISIS DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR



VOLUMEN

1

MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

Néstor Huanca Chura

Ministro de Desarrollo Productivo y Economía Plural

Nelson Aruquipa Arce

Viceministro de la Micro y Pequeña Empresa

Luis Siles Castro

Viceministro de Producción Industrial a Mediana y Gran Escala

COORDINACIÓN

Hugo Tórrez Yáñez

Director General de Análisis Productivo

Alejandro Durán Grájeda

Director General de Desarrollo Industrial a Mediana y Gran Escala

Miguel Molina Argandoña

Jefe de Unidad de Complejos Productivos

CONTENIDO Y REDACCIÓN

Luis Antonio Herrera Arandia

Israel Gutiérrez Ulo

DISEÑO

Unidad de Comunicación Social

DIRECCIÓN

Av. Mcal. Santa Cruz, Edif. Centro de Comunicaciones La Paz, piso 16 y 20

Teléfono: +591 (2) 2184444 - Fax: +591 (2) 2124933

www.produccion.gob.bo

La Paz - Bolivia

Diciembre - 2021



Luis Alberto Arce Catacora
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



David Choquehuanca Céspedes

VICEPRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



PRESENTACIÓN

En el periodo 2006 - 2019, el Gobierno de la Revolución Democrática Cultural implementó el Modelo Económico Social Comunitario Productivo, y a partir de la recuperación de la democracia a finales de 2020, con el gobierno del presidente Luis Arce y el vicepresidente David Choquehuanca, se da continuidad al modelo boliviano cuyo énfasis está en la producción y la redistribución del ingreso, basa su enfoque en el Estado como promotor y protagonista del desarrollo económico, social y ambiental, prioriza el mercado interno y la industrialización de los recursos naturales. El modelo identifica a los sectores generadores de excedentes como hidrocarburos,

minería y energía eléctrica y a los sectores generadores de empleo e ingresos, en este segundo sector se ubica la industria manufacturera y artesanía, turismo, desarrollo agropecuario, vivienda y servicios.

La crisis política y económica a la que condujo el gobierno de facto, en la gestión 2020, impactó de forma negativa en el sector productivo transformador de la economía. La ausencia de políticas productivas y las limitadas acciones para enfrentar las consecuencias de la pandemia incidieron que en la gestión 2020 la economía registre una caída del PIB de -8.8% y en la industria manufacturera de -8.3% siendo uno de los sectores más afectados.

En las elecciones nacionales de 18 de octubre de 2020, con la fuerza del pueblo, se recupera la democracia en Bolivia, con una victoria contundente del Movimiento al Socialismo - Instrumento Político para la Soberanía de los Pueblos (MAS-IPSP) con el 55,1% de preferencia electoral en favor del binomio Luis Arce Catacora, Presidente, David Choquehuanca Céspedes, Vicepresidente. Desde el inicio de gestión de Gobierno del presidente Arce, se tomaron medidas económicas para la reactivación del aparato productivo, como el financiamiento para el sector productivo, la reactivación de la inversión pública, la articulación y el fortalecimiento de la producción nacional con el mercado interno, la protección de la producción nacional, la reactivación de las empresas del Estado y el apoyo a la recuperación del sector turismo, entre otras. Estas medidas han logrado que el PIB tenga un crecimiento acumulado al tercer trimestre del 2021, del 8,51% y el PIB manufacturero del 6,92%.

La Ley 307 del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar, de 10 de noviembre de 2012, y sus reglamentos: el Decreto Supremo 1554, de 10 de abril de 2013, y el Decreto Supremo 3456, de 11 de enero de 2018, regulan las actividades y relaciones productivas de este complejo productivo, que se constituye en el

segundo con mayores exportaciones y uno de los más importantes en términos de volúmenes de producción dentro el rubro de alimentos en el país.

Con la apertura del mercado nacional del etanol anhidro, como aditivo vegetal de las gasolinas, se ha generado una demanda adicional de caña de azúcar que ha permitido incrementar los niveles productivos y que logra sustituir importaciones de gasolina, que busca la recuperación de la economía y reactivación productiva.

El Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, como cabeza de sector para la implementación de las políticas de sustitución de importaciones, desarrollo productivo integral e industrialización establecidas en el Plan de Desarrollo Económico Social 2021-2025, ha elaborado la presente publicación: “El Complejo Productivo de la Caña de Azúcar en Bolivia”, un instrumento de información sectorial productiva para uso de todos los niveles del Estado, actores productivos y la sociedad en su conjunto, para fortalecer la toma de decisiones en la optimización de mejorar la competitividad e incrementar las capacidades de producción e industrialización de la caña de azúcar.

Néstor Huanca Chura
MINISTRO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

INDICE

1. MARCO HISTÓRICO	15
2. MARCO REGULATORIO DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	18
2.1 Ley 307	18
2.2 Decreto Supremo 1554	18
2.3 Decreto Supremo 3456	19
2.4 RM MDPyEP/Despacho N°045.2018	19
2.5 RM MDPyEP/Despacho N°144.2018	19
2.6 Resoluciones de coparticipación	20
2.7 Autorización para creación o ampliación de capacidades productivas	20
3. CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	22
3.1 Producción primaria	22
3.1.1 Fase agrícola	22
3.1.1.1 Evolución de la producción de la caña de azúcar	22
3.1.1.2 Regiones productoras de caña de azúcar	24
3.1.1.3 Número y tipología de productores	25
3.1.1.4 Calendario agrícola y datos técnicos agrícolas	26
3.1.2 Estimación de la producción del cultivo de caña de azúcar – campaña de verano 2021	28
3.1.2.1 Estimación de la precipitación acumulada y la producción del cultivo de caña de azúcar	30
3.1.3 Producción caña de azúcar	31
3.1.3.1 Producción del último decenio	31
3.2 Transformación e industrialización de la caña de azúcar	33
3.2.1 Ingenios azucareros	33
3.2.2 Capacidades productivas de la industria azucarera en Bolivia	35
3.2.3 Caña de azúcar homologado	36
3.2.4 Procesamiento de caña de azúcar	37
3.2.5 Molienda programada vs ejecutada	38
3.2.6 Pol en caña de azúcar	39
3.2.7 Producción de azúcar	40
3.2.8 Rendimiento fabril de azúcar (qq/t caña)	41
3.2.9 Relación entre el rendimiento fabril y el contenido de sacarosa	42
3.2.10 Azúcar entregado al sector agrícola cañero	42
3.2.11 Producción de alcohol	43
3.2.12 Índice de producción de caña, azúcar y alcohol	44
3.3 Comercialización	44
3.3.1 Ventas de azúcar al mercado interno	44
3.3.2 Análisis de ventas de azúcar por tipo de cliente	45
3.3.3 Ventas de alcohol al mercado interno	46
3.3.4 Consumo nacional per cápita de azúcar	46
3.3.5 Precio promedio de azúcar en Bolivia	47
3.3.6 Precios de azúcar en mercados internacionales	49
3.3.7 Precio promedio de alcohol	51

3.3.8 Precio internacional de alcohol (USD./litro)	52
3.3.9 Exportaciones e importaciones de azúcar	53
3.3.10 Exportaciones de alcohol	53
4. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	56
4.1 Participación de la industria azucarera en el valor bruto de producción	56
4.2 Contribución al PIB Industrial.....	57
4.3 Unidades económicas	58
4.4 Empleo	59
5. FINANCIAMIENTO	61
6. PERSPECTIVAS DE COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	65
7. BIBLIOGRAFÍA	67
8. ANEXOS	69
ANEXO 1 - Procesamiento y análisis satelital del comportamiento de las variables meteorológicas del cultivo de caña de azúcar - campaña de verano 2021.....	70
ANEXO 2 - Metodología de identificación de áreas de cultivo de caña de azúcar - campaña de verano 2021	80
ANEXO 3 - Contexto internacional de la producción de caña de a zúcar convencional y orgánica.....	86
ANEXO 4 - Historia de los ingenios azucareros	89
ANEXO 5 - Proceso productivo de azúcar	93

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1: Distribución geográfica de producción departamental de caña de azúcar.....	23
Mapa N° 2: Municipios productores de caña de azúcar, 2020.....	24
Mapa N° 3: Identificación de superficies de cultivos de caña de azúcar.....	29
Mapa N° 4: Ubicación de ingenios sucroalcoholeros.....	34
Mapa N° 5: Producción comunitaria de cultivo de caña de azúcar, 2020.....	71
Mapa N° 6: Cobertura final de imágenes satelitales TRMM, MODIS-Terra, NOAH y Sentinel 2B.....	73
Mapa N° 7: Distribución espacio temporal de la precipitación acumulada 2011-2021.....	74
Mapa N° 8: Distribución espacio temporal de la temperatura suelo 2011-2021.....	76
Mapa N° 9: Distribución espacio temporal de la evapotranspiracion 2011-2021.....	77
Mapa N° 10: Distribución espacio temporal del promedio mensual del NDVI, años 2011 a 2021.....	78
Mapa N° 11: Producción mundial orgánica e inorgánica.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Modulo de gestión de datos climáticos – NASA GIOVANNI.....	72
Figura N° 2: Esquema metodológico de identificación de cultivos de caña de azúcar.....	80
Figura N° 3: Combinación de bandas.....	81
Figura N° 4: Zona de muestro en el municipio de Bermejo – Tarija.....	82
Figura N° 5: Zona de muestro del departamento de Santa Cruz.....	82
Figura N° 6: Firma espectral del cultivo de caña de azúcar.....	83
Figura N° 7: Clasificación supervisada para determinar cultivos de caña de azúcar.....	84
Figura N° 8: Diagrama del proceso productivo del azúcar de caña.....	96

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Producción de caña de azúcar (miles de toneladas).....	22
Gráfico N° 2: Superficie cultivada de caña de azúcar por municipio, 2013 y 2020.....	25
Gráfico N° 3: Bolivia, Participación de las UPA en cultivo de caña por tipo de propiedad.....	26
Gráfico N° 4: Periodo de recepción de caña en ingenios 2013-2021.....	27
Gráfico N° 5: Bolivia: Superficie cultivada de caña de azúcar, 2010-2021.....	32
Gráfico N° 6: Bolivia: Rendimiento agrícola de caña de azúcar, 2010-2021.....	32
Gráfico N° 7: Rendimientos agrícolas de caña de azúcar en países de la región por año, 2000 y 2019.....	33
Gráfico N° 8: Capacidad Instalada de molienda de caña (TM/día).....	35
Gráfico N° 9: Cantidad de molienda planificada de caña de azúcar.....	36
Gráfico N° 10: Caña Molida (toneladas y % crecimiento).....	37
Gráfico N° 11: Participación de ingenios en la compra de caña (en porcentaje).....	38
Gráfico N° 12: Grado de cumplimiento.....	39
Gráfico N° 13: Pol en caña.....	39
Gráfico N° 14: Contenido de sacarosa, según departamento.....	40
Gráfico N° 15: Producción de azúcar.....	41
Gráfico N° 16: Rendimiento fabril de azúcar.....	41
Gráfico N° 17: Rendimiento fabril (qq /caña) y contenido de sacarosa (%)......	42
Gráfico N° 18: Entrega de azúcar al sector agrícola cañero (qq).....	43
Gráfico N° 19: Producción de alcohol 2013-2021.....	43
Gráfico N° 20: Índice de producción de caña, azúcar y alcohol.....	44
Gráfico N° 21: Ventas de azúcar al mercado interno.....	45
Gráfico N° 22: Ventas de la industria al mercado interno.....	45
Gráfico N° 23: Ventas de alcohol al mercado interno 2013 y 2020.....	46
Gráfico N° 24: Consumo per cápita anual de azúcar en Bolivia (kg/hab).....	47
Gráfico N° 25: Consumo mundial per cápita de azúcar (en kg/hab).....	47
Gráfico N° 26: Precio productor promedio de azúcar en el mercado interno (Bs/qq).....	48
Gráfico N° 27: Evolución del precio productor mensual de azúcar en el mercado interno en Bolivia (Bs/qq).....	48
Gráfico N° 28: Precio mensual promedio del azúcar al consumidor (Bs/kilo).....	49
Gráfico N° 29: Índice del precio del azúcar 2020-2021.....	50
Gráfico N° 30: Precio internacional mensual promedio del azúcar (\$us/tonelada).....	50
Gráfico N° 31: Evolución del precio promedio mensual del alcohol 2018-2021 en el mercado interno de Bolivia (Bs/litro).....	51
Gráfico N° 32: Precio promedio mensual del alcohol (Bs/litro).....	52
Gráfico N° 33: Precio internacional del alcohol (\$us/litro).....	52
Gráfico N° 34: Exportaciones e importaciones de azúcar (qq).....	53
Gráfico N° 35: Exportaciones de alcohol.....	54
Gráfico N° 36: Valor Bruto de Producción a precios básicos.....	56
Gráfico N° 37: Participación VBP complejo productivo azúcar / VBP Industria manufacturera (en porcentaje %).....	57
Gráfico N° 38: Evolución del PIB industrial, PIB de alimentos y VAB Azúcar y confitería a precios corrientes.....	57
Gráfico N° 39: Crédito para la elaboración de azúcar.....	61
Gráfico N° 40: Crédito para la elaboración de azúcar por tamaño de crédito.....	62
Gráfico N° 41: Crédito para la destilación de alcohol etílico.....	62
Gráfico N° 42: Crédito para la destilación de alcohol etílico por tamaño de crédito.....	63
Gráfico N° 43: Dispersión de la PP acumulada mensual.....	75
Gráfico N° 44: Dispersión de la temperatura suelo.....	76

Gráfico N° 45: Dispersión de la evapotranspiración total.....	78
Gráfico N° 46: Tendencia del promedio mensual del NDVI, meses Ene-Mar, 2011-2021	79

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Porcentajes de coparticipación por ingenio	20
Tabla N° 2: Bolivia: Superficie cultivada de caña de azúcar 2020-2021.....	24
Tabla N° 3: Bolivia: Unidades productivas agropecuarias dedicadas al cultivo de caña de azúcar, 2012	26
Tabla N° 4: Bolivia: Superficie cultivada de caña de azúcar 2021	30
Tabla N° 5: Estimación de producción y rendimiento campaña de invierno cultivo de caña de azúcar, 2021	31
Tabla N° 6: Capacidad instalada de la industria azucarera boliviana (2021).....	35
Tabla N° 7: Molienda programada vs. ejecutada (en toneladas y %)	38
Tabla N° 8: Número de unidades productivas en actividades de producción y transformación por tamaño, según clase de actividad. 2014.....	58
Tabla N° 9: Balance de azúcar zafra 2021-2022	65

1. MARCO HISTÓRICO





1. MARCO HISTÓRICO

Los inicios de la producción azucarera en Bolivia datan de la época de la colonia. En la zona de Los Yungas (Hacienda Cañamina). Posteriormente, la expansión de las zonas de producción azucarera abarcó las Misiones Franciscanas de Moxos y Chiquitos en Santa Cruz; en Tarija, Chuquisaca y Cochabamba¹.

En el siglo XX, se dio impulso a la producción azucarera en el departamento de Santa Cruz, siendo una de sus primeras experiencias la hacienda “La Esperanza”, fundada en 1949, ubicada en la provincia Warnes. Los pequeños ingenios azucareros tradicionales recibieron un empuje de grandes dimensiones las siguientes décadas, donde la agroindustria y la producción de alimentos se convirtieron en los sectores más dinámicos, además de la refinación de petróleo y de productos derivados, así como la fundición de minerales².

Como consecuencia de la incorporación de tecnología, Bolivia pasaría de producir azúcar morena y alcohol en pequeñas factorías, a la producción actual de azúcar

blanca, azúcar refinada, alcohol etílico, bebidas alcohólicas (ron, melaza, cachazas) bioabono, producto resultante del tratamiento y mezcla de la cachaza y vinaza, e incluso energía a partir del vapor generado por la combustión del bagazo³.

La Compañía Industrial Azucarera “San Aurelio” que inició su actividad en el año 1951, produjo 5.000 quintales de azúcar y subió a más de 1 millón de quintales hasta el año 1976. En el año 1952 se instaló el ingenio “La Bélgica” con una molienda de 800 Tn/día que representaba una producción diaria de 1.623 quintales de azúcar. En 1956 se inicia la primera zafra del Ingenio Azucarero “Guabirá”; con una capacidad de molienda de 1.000 toneladas de caña/día. La primera ampliación de la fábrica, realizada en el año 1963, incrementó la molienda a 1.500 toneladas de caña/día.

En el año 1968, en la localidad de Bermejo, Tarija nació el ingenio “Stephan Leigh” con una producción de 68 mil quintales de azúcar, incrementándose a más de un millón de quintales en la gestión de 1976.

1 Orígenes de Agroindustria azucarera en Bolivia. Homenaje al IV Centenario de La Paz. Ramiro Fernández Quisbert, Historiador. Abril 2010.

2 Hitos de la historia de la industria en Bolivia. Alfredo Vicente Seoane. CIDES UMSA. Junio 2015

3 Historia del azúcar en Bolivia. Andreas W. Noack, Historia del sector azucarero en Bolivia. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Abril 2010.

En diciembre de 1972, se funda la Unión Industrial de Cañeros S.A. UNAGRO, conformado por un grupo de agricultores bajo la conducción Roberto Barbery Paz, instalando en 1977 en la localidad de Mineros, el Ingenio Azucarero Santa Cruz, siendo la primera empresa colectiva conformada sobre una base societaria que integraría a miles de familias del sector cañero buscando romper con los tratos preferenciales que se daban a algunas agremiaciones.

Actualmente existen seis industrias sucroalcoholeras en Santa Cruz: la Unión Agroindustrial de Cañeros S.A. UNAGRO; Compañía Industrial Azucarera San Aurelio CIASA; Ingenio Azucarero GUABIRÁ S.A.; POPLAR CAPITAL S.A.; Ingenio Sucroalcoholero AGUAÍ S.A. y una planta mediana dedicada a la producción de alcohol Sociedad Colectiva Industrial y Comercial SANTA CECILIA. Además, en Bermejo-Tarija se encuentra Industrias Agrícolas de Bermejo S.A. IABSA y en el Norte de La Paz, la estatal Empresa Azucarera San Buenaventura EASBA.



2. MARCO REGULATORIO DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2. MARCO REGULATORIO DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.1 Ley 307 del Complejo Productivo de Caña de Azúcar

La Ley 307 del Complejo Productivo de Caña de Azúcar del 10 de noviembre de 2012, tiene por objeto regular las actividades y relaciones productivas, de transformación y comerciales del sector agrícola cañero y agroindustrial cañero, y la comercialización de productos principales y subproductos derivados de la caña de azúcar. Esta Ley, entre sus principales disposiciones, establece:

- Precautelar la seguridad con soberanía alimentaria, priorizando el abastecimiento del mercado interno de productos principales y subproductos derivados de la transformación de la caña de azúcar.
- Establece el Control Técnico Cañero en cada ingenio, como instancia de monitoreo y control de la totalidad del proceso de acopio, recepción, análisis y transformación de la caña de azúcar, sus productos principales y subproductos.
- Crea un sistema de trazabilidad de productos principales y subproductos de la caña de azúcar con objeto de conocer la ubicación y trayectoria de un producto a lo largo de la cadena de suministros.
- Faculta al Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (MDPyEP) en coordinación con el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) a realizar el monitoreo y control de las actividades y relaciones en los procesos de producción, recepción y transformación de la caña de azúcar; así como en el almacenamiento, distribución y comercialización.
- Crea los registros de productores del sector agrícola cañero y el registro de ingenios, así como permite la creación de otros registros necesario.
- Señala que, mediante decreto supremo, creará el Centro Nacional de la Caña de Azúcar (CENACA) con la finalidad de fomentar el desarrollo e innovación en la producción de la caña de azúcar.
- Se crea la retención por producción de azúcar y la retención por producción directa de alcohol de caña de azúcar, determinando cuotas de retención por quintal de azúcar y por litro de alcohol, mismas que financiarán el funcionamiento del CENACA (96%) y de la Autoridad de Fiscalización de Empresas (AEMP) (4%) para realizar la recaudación, control y fiscalización del correcto pago de las retenciones. También establece un régimen sancionatorio.

2.2 2.2.2 DECRETO SUPREMO 1554 Reglamenta la ley 307

El Decreto Supremo 1554, de 10 de abril de 2013, tiene por objeto reglamentar la Ley 307 del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar. Principalmente:

- Regula el aprovisionamiento de caña de azúcar estableciendo las modalidades Compra directa y Convenio de Cooperación, estableciendo que el MDPyEP definirá los porcentajes de coparticipación de los productos principales y subproductos mediante Resolución Ministerial.

- Regula el proceso de transformación, señalando el porcentaje máximo de la pérdida fabril, estableciendo atribuciones del Control Técnico Cañero, el contenido y procedimientos de elaboración y homologación del Plan de Zafra, y requerimientos para la recepción de caña de azúcar.
- Regula el registro, control y monitoreo del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar, estableciendo los parámetros de los diferentes instrumentos que componen el Sistema de trazabilidad.
- Establece inspecciones físicas u otros medios para el proceso de monitoreo de la información declarada para el sistema de trazabilidad y el procedimiento de calibración y/o verificación de equipos en los ingenios.
- Dispone que la creación y/o ampliación de capacidades de producción de la agroindustria cañera, debe ser autorizada por el MDPyEP y el MDRyT.
- Crea el Centro Nacional de la Caña de Azúcar (CENACA) señalando sus funciones y la coordinación institucional requerida.
- Modifica la cuota de retención por producción directa de alcohol, estableciendo procedimientos para la liquidación, pago y control de ambas retenciones.
- Establece el procedimiento para garantizar el abastecimiento interno y crea la licencia de exportación de caña de azúcar, sus productos principales y subproductos como un documento soporte de la Declaración Única de Exportación. Asimismo, establece el régimen sancionatorio y el procedimiento de impugnación.

2.3 2.3 DECRETO SUPREMO 3456 para establecer mecanismos de control y seguimiento para garantizar las condiciones de abastecimiento interno y precio justo

El Decreto Supremo 3456, de 10 de enero de 2018, tiene por objeto modificar e incorporar disposiciones al

Decreto Supremo 1554 y establecer mecanismos de control y seguimiento para garantizar las condiciones de abastecimiento interno y precio justo, tomando en cuenta las condiciones de mercado.

Adicionalmente, modifica plazos para los convenios de cooperación y contratos de compra venta, modifica plazo de remisión de planes de zafra, establece el plan de producción cuyos requisitos, procedimiento y plazos serán establecidos en Resolución Ministerial. Asimismo, deroga las licencias de exportación y manda al Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural a cuantificar el volumen de producción necesario para el abastecimiento del mercado interno y el inventario de seguridad obligatorio, así como la aplicación de mecanismos de control y seguimiento para garantizar las condiciones de abastecimiento interno, precio justo y medidas correctivas en función de los casos.

2.4 2.4 RM MDPyEP/Despacho N°045.2018 Reglamento de Mecanismos de Control y Seguimiento del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar

La Resolución Ministerial N° 045.2018, emitida el 28 de marzo del 2018, aprueba el Reglamento de Mecanismos de Control y Seguimiento del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar señalado en los decretos supremos 1554 y 3456.

El Reglamento establece los mecanismos de control y seguimiento del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar, entre ellos: el procedimiento de homologación de planes de zafra y aprobación de planes de producción, el procedimiento de registro y actualización de ingenios, el procedimiento de reporte de información de ingenios, el procedimiento de remisión de reporte de información del Control Técnico Cañero, el reporte de información de instituciones cañeras, las estimaciones del saldo exportable y el régimen sancionatorio.

Finalmente, identifica las responsabilidades institucionales en el monitoreo, el procedimiento de emisión de las licencias de exportación y las situaciones que motivan su aplicación.

2.5 RM MDPyEP/Despacho N°144.2018

La Resolución Ministerial N° 144.2018, emitida el 2 de agosto de 2018, modifica parcialmente los artículos 8 y 10 del “Reglamento de los Mecanismos de Control y Seguimiento del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar” aprobado mediante Resolución Ministerial MDPyEP/Despacho N° 045.2018.

El Reglamento establece las modificaciones relacionadas a la presentación de los reportes quincenales por las instituciones cañeras, el criterio de aprobación de planes de producción y la inclusión de la posibilidad de modificar este criterio por Resolución Administrativa.

2.6 Resoluciones de coparticipación

El Decreto Supremo 1554, Reglamento de la Ley 307 del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar, en su Artículo 4 inciso a) establece el aprovisionamiento vía convenio de cooperación, en la cual el productor cañero mantiene la propiedad de la caña de azúcar y participa en el total de los productos principales y subproductos, de acuerdo con el porcentaje de coparticipación.

Los porcentajes de coparticipación señalados en la Ley 307 fueron aprobados por seis resoluciones ministeriales de octubre de 2013, donde individualmente definen el porcentaje de coparticipación del sector agrícola cañero para cada ingenio azucarero.

TABLA 1:
Porcentajes de coparticipación por ingenio

Ingenio	Resolución Ministerial	Porcentaje de coparticipación
Ingenio Azucarero Guabirá S.A.	R.M. 258/2013 de 12 de noviembre de 2013	Azúcar: 57,20% Alcohol: 60,60%
Ingenio Sucroalcoholero AGUAI S.A.	R.M. 009/2014 de 15 de enero de 2014	Azúcar: 57,20% Alcohol: 60,60%
Unión Agroindustrial de cañeros UNAGRO	R.M. 259/2013 de 12 de noviembre de 2013	Azúcar: 57,20% Alcohol: 57,20%
Ingenio Azucarero POBLAR CAPITAL S.A.	R.M. 256/2013 de 12 de noviembre de 2013	Azúcar: 57,20% Alcohol: 57,20%
Compañía Industrial Azucarera San Aurelio (CIASA)	R.M. 230/2013 de 18 de octubre 2013	Azúcar: 57,20% Alcohol: 57,20%
Industrias Agrícolas de Bermejo S.A.	R.M. 230/2013 de 18 de octubre 2013	Azúcar: 60,60% Alcohol: 57,20%

Fuente: Elaboración VPIMGE

2.7 Autorización para la creación o ampliación de capacidades productivas

La Resolución Biministerial MDPyEP-MDRyT N° 002.2018, de 07 de junio de 2018, reglamenta el procedimiento de autorización para la creación de un nuevo ingenio o ampliación significativa de capacidades de producción de la agroindustria cañera, estableciendo las condiciones, requisitos y el procedimiento de autorización, así como las infracciones y sanciones por su incumplimiento.



3.

**CARACTERÍSTICAS
DEL COMPLEJO PRODUCTIVO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR**



3. CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

3.1 Producción Primaria

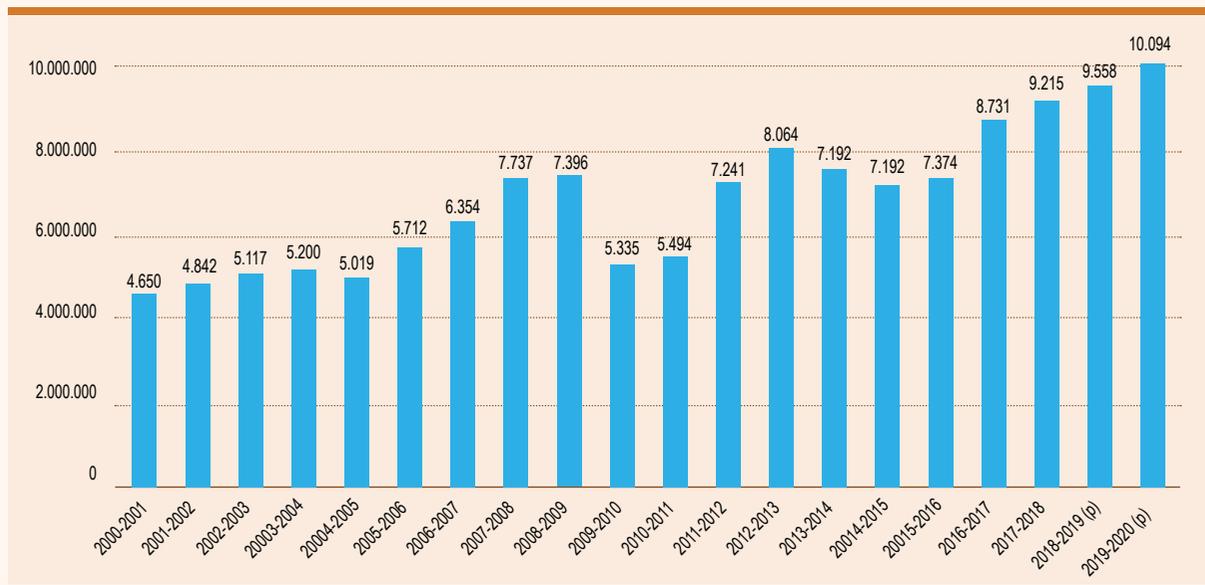
3.1.1 Fase agrícola

Con base en los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), el cultivo de caña de azúcar es el séptimo cultivo más grande producido en el país, en términos de superficie cultivada (luego de la soya, maíz, girasol, sorgo, arroz y papa). Asimismo, es el principal cultivo en el país en términos de volumen producido.

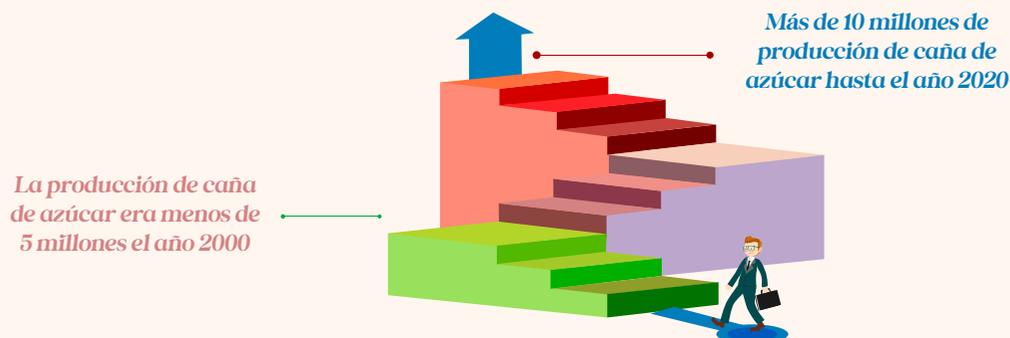
3.1.1.1 Evolución de la producción de la caña de azúcar

En base a los datos del INE, la siguiente información y análisis se refiere al cultivo de caña de azúcar correspondiente al año agrícola 2019-2020. Cabe señalar que por efectos de simplificación: las zafras mencionadas se referirán al año final del año agrícola.

GRÁFICO 1:
Producción de Caña de Azúcar
(miles de toneladas)



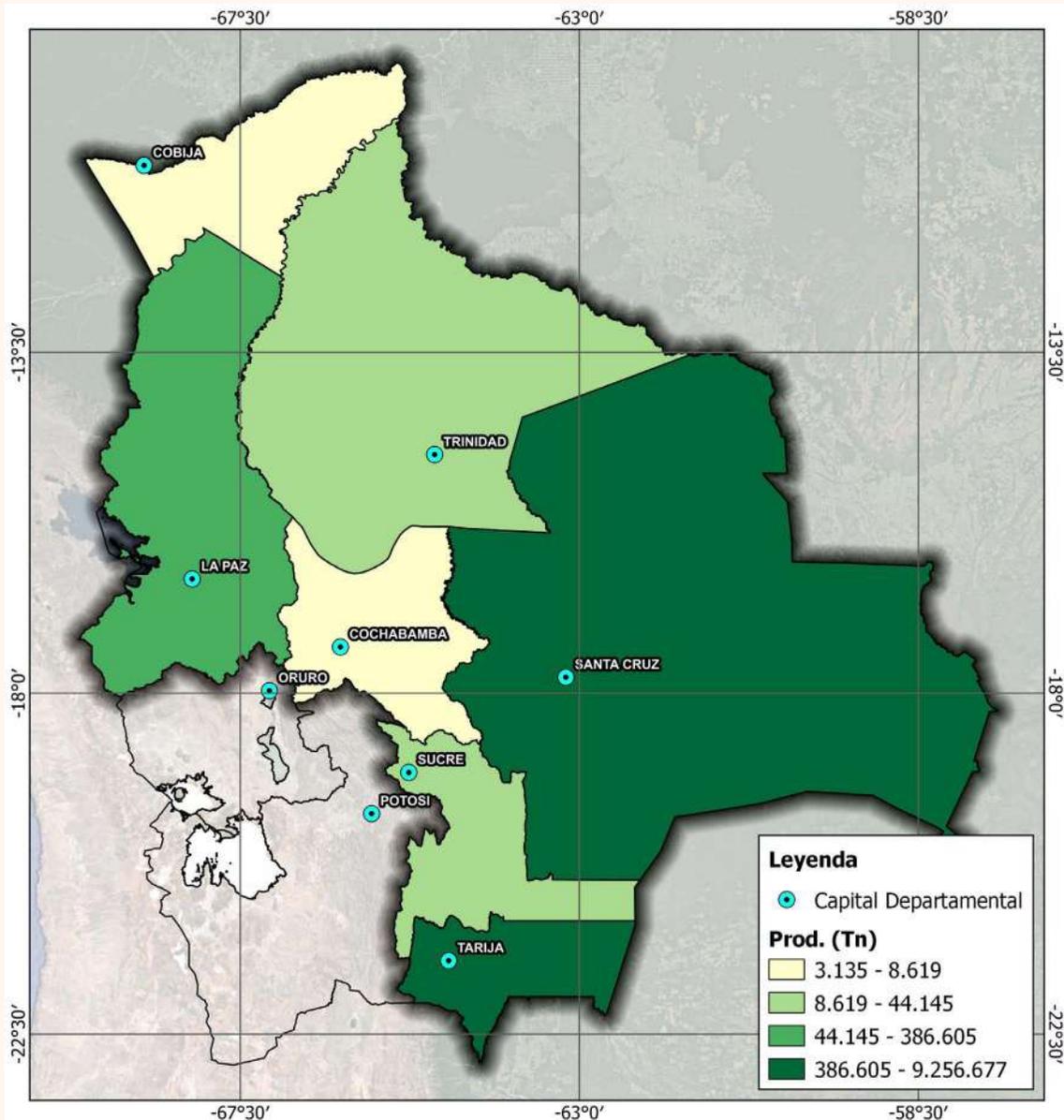
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2020



La producción nacional de caña de azúcar, en la zafra 2020 alcanzó una producción de 10 millones de toneladas, que muestra un crecimiento sostenido, pese a periodos donde se estancó o se redujo la producción (zafras 2005, 2010, 2011, 2015, 2016). A lo largo de los veinte años se tuvo una tasa promedio de crecimiento interanual de 6%

en la producción de caña de azúcar, aunque a partir de la zafra 2018 se presenta una mayor tasa de crecimiento (9%), mostrando el dinamismo sectorial, impulsado en estos últimos años por la apertura del mercado nacional del etanol anhidro como aditivo vegetal de combustibles que cuadyuvara en la sustitución de importaciones.

MAPA 1:
Distribución geográfica de producción departamental de caña de azúcar



Fuente: Censo Nacional Agropecuario, 2013. Encuesta Nacional Agropecuario, 2015. PSARDI – MDRyT, 2017. Atlas de Vocaciones y Potencialidades – MDPyEP, 2018. INE, 2019.
Elaboración: DAPRO, 2021

Los departamentos de Santa Cruz y Tarija agrupan la mayor producción con más de 9.794.247 toneladas para el año 2020. El departamento de La Paz alcanza una producción de 235.640 toneladas. Los demás departamentos tienen una producción baja destinada principalmente para el intercambio y consumo local.

3.1.1.2 Regiones productoras de caña de azúcar

Según los datos del Censo Nacional Agropecuario del 2013, y en complementación con los datos de la Encuesta Nacional Agrícola del 2015⁵ y del Plan del Sector Agropecuario y Rural con Desarrollo Integral Para Vivir⁶, la caña de azúcar se produce en todos los departamentos excepto Oruro, aunque el área cultivada se concentra en Santa Cruz (93%), Tarija (4%) y La Paz (3%)⁷.

TABLA 2:

Bolivia: Superficie cultivada de caña de azúcar 2020-2021

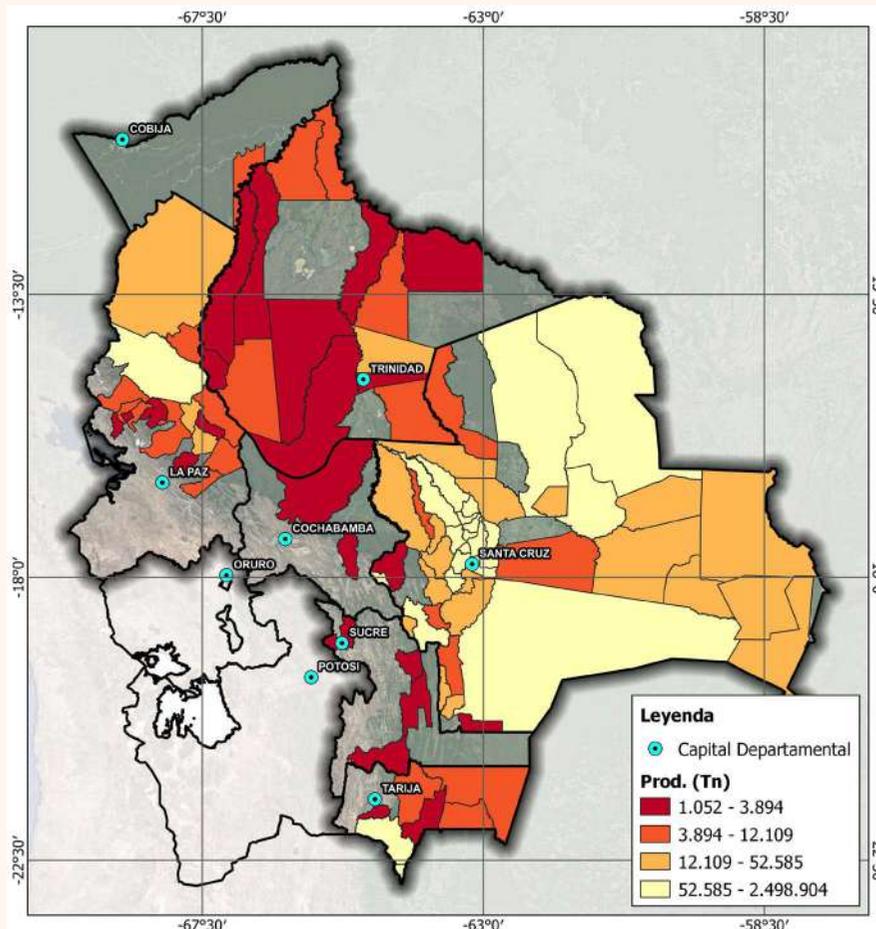
Departamento	Zafra 2020 Superficie (ha)	Zafra 2021 (prelim.) Superficie (ha)
Santa Cruz	164.417	167.705
Tarija	9.710	9.734
La Paz	4.300	4.597
Beni	1.032	1.805
Chuquisaca	284	278
Cochabamba	182	182
Pando	136	136
Potosí	4	4
Total	180.065	184.441

Fuente: MDRyT.

El año 2020, la superficie cultivada de caña de azúcar en el país fue de 180.065 hectáreas, mientras que para el año 2021 subió a 184.441 hectáreas.

MAPA N° 2:

Municipios productores de caña de azúcar, 2020



Fuente: OAP-MDRyT

5 Instituto Nacional de Estadística.
6 Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.
7 Censo Nacional Agropecuario 2013. INE.

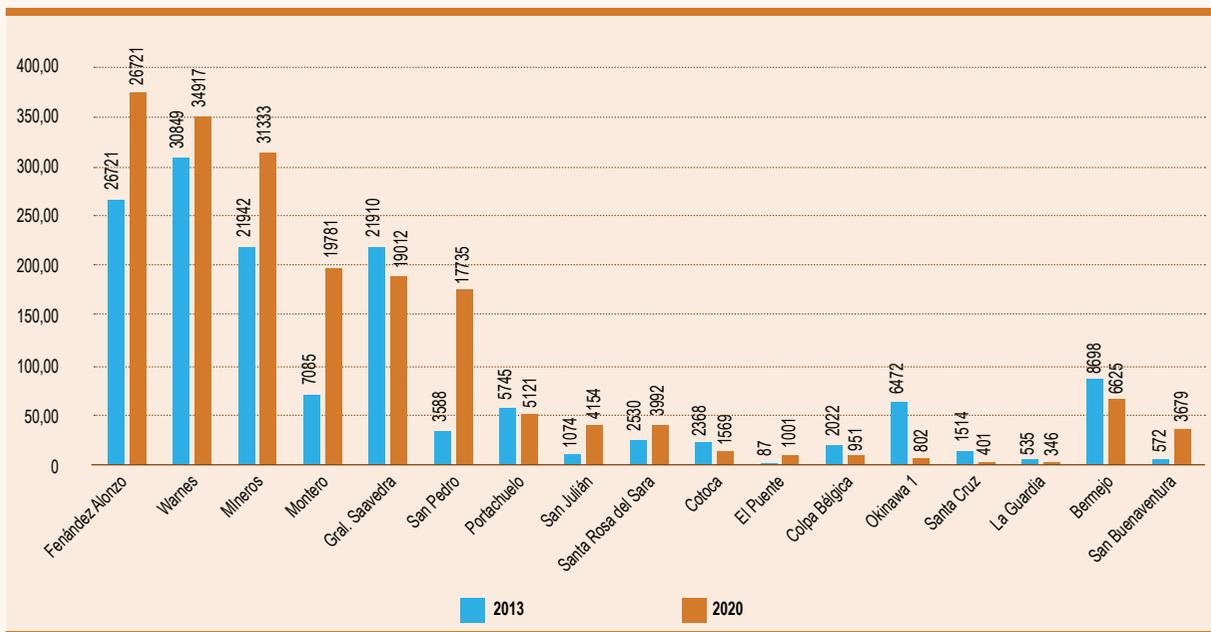
Los principales municipios productores del país son seis: Fernández Alonso, Warnes, Mineros, Montero, Gral. Saavedra y San Pedro, que se encuentran en el departamento de Santa Cruz y que participan con 84% del total nacional demostrando la alta concentración geográfica de la producción de caña de azúcar. (Ver gráfico 2)

En el departamento de Tarija, el municipio de Bermejo concentra el 91% de la superficie cultivada con caña de azúcar y que abastece al ingenio azucarero asentado

en esa región. Esta zona productora durante los últimos años muestra una reducción de la superficie cultivada de caña de azúcar.

En el departamento de La Paz, se observa un incremento de la superficie cultivada con caña de azúcar en los últimos cinco años de 572 hectáreas en 2013 4.300 hectáreas para el año 2020, gracias a la implementación del ingenio de San Buenaventura se amplió hasta en 2020.

GRÁFICO 2:
Superficie cultivada de caña de azúcar por municipio, 2013 y 2020
(En hectáreas)



Fuente: Censo Nacional Agropecuario, 2013. Encuesta Nacional Agropecuario, 2015. PSARDI – MDRyT, 2017. Atlas de Vocaciones y Potencialidades – MDPyEP, 2018. INE, 2019.

Las mayores perspectivas de crecimiento de este cultivo se encuentran en el departamento de Santa Cruz, donde se proyecta que la superficie cultivada se extienda hacia el Norte Integrado, región donde se encuentran instaladas las plantas industriales de los cuatro ingenios azucareros.

Otra región potencialmente productora se encuentra en la provincia Ballivián en el departamento del Beni, que de manera progresiva muestra incrementos en el cultivo de caña de azúcar.

3.1.1.3 Número de productores de caña de azúcar

El Censo Nacional Agropecuario 2013 señala que en el país existen 11.618 Unidades Productivas Agrícolas (UPAs) que cultivan caña de azúcar de un total de 871.927 en el país.

La relación entre superficie cultivada por UPA se muestra que cada parcela en promedio tiene aproximadamente 13 hectáreas de caña de azúcar.

Sin embargo, un análisis desagregado muestra que los productores cruceños quintuplican la superficie cultivada por productores tarijeños en promedio, y más sobre el resto de los productores del país, que cultivan caña de azúcar en superficies menores a una hectárea, mostrando que lo hacen con fines de autoconsumo o uso artesanal

En La Paz, debido a la instalación y funcionamiento de la estatal EASBA, se estima que está relación habría subido de 0,61 a 8,2 hectáreas por UPA entre el periodo 2012 y 2015.

TABLA 3:
Bolivia: Unidades Productivas Agropecuarias dedicadas al cultivo de caña de azúcar, 2012

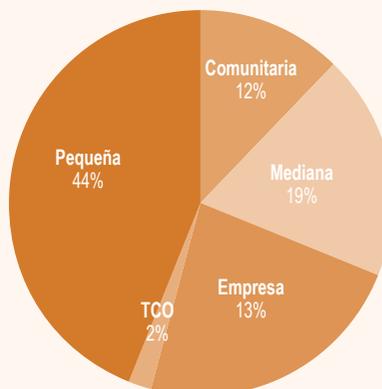
Departamento	UPAs	Ha/UPA
Chuquisaca	421	0,29
La Paz	937	0,61
Cochabamba	376	0,53
Potosí	29	0,18
Tarija	2.290	4,18
Santa Cruz	5.994	23,16
Beni	1.383	0,80
Pando	188	0,65
Bolivia	11.618	12,96

Fuente: Instituto Nacional de Estadística - Censo Nacional Agropecuario 2013

La Ley de Reforma Agraria⁸ clasifica en Santa Cruz a la pequeña propiedad cuando es menor a 50 hectáreas, la propiedad mediana cuando es mayor a 50 hectáreas y menor a 500 hectáreas y la empresa cuando es mayor a 500 hectáreas. En otras regiones del país, las clasificaciones presentan valores menores a los de Santa Cruz.

Con esta tipología se establece que las propiedades pequeñas, comunitaria y TCO participan con el 58% del total de la superficie cultivada de caña de azúcar en el país, mientras que la propiedad mediana y la empresa aportan con el 42% restante.

GRÁFICO 3:
Bolivia, participación de las UPA en cultivo de caña por tipo de propiedad
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración DAPRO

La superficie promedio cultivada de caña de azúcar (13 ha/UPA) indica un comportamiento típico en los cultivos industriales, que busca la generación de economías de escala para mejorar sus ingresos y con empresas industriales grandes que aseguren su abastecimiento de materia prima, al contrario de otro tipo de cultivos que son más de autoconsumo y/o que no generan suficientes ingresos al productor por la baja superficie cultivada (alrededor de 1 ha/UPA).

Por otro lado, un análisis por departamento, con datos de la encuesta agropecuaria del año 2015, nos muestra que en La Paz las empresas tienen una participación más alta en la superficie cultivada, esto debido a la etapa inicial de desarrollo del complejo productivo donde los cultivos son promovidos por la empresa y se espera generar interés en los productores de la región para que empiecen a cultivar caña de azúcar.

3.1.1.4 Calendario agrícola y datos técnicos agrícolas

La caña de azúcar es un cultivo semi-perenne con un ciclo promedio de cinco a seis años tras el cual debiera ser reemplazada. El periodo de cosecha de la caña de azúcar y la recepción de la misma en ingenios, están estrechamente vinculados. La caña de azúcar debe ser cosechada cuando alcanza un máximo contenido de

⁸ Ley de Reforma Agraria de 2 de agosto de 1953, la clasificación se establece en los artículos 15, 16 y 17.

sacarosa y ser transportada a los ingenios en el menor tiempo posible, ya que el contenido de sacarosa va disminuyendo con el transcurso del tiempo. Por ello, los ingenios generalmente identifican la evolución de cada área productiva en los cañaverales y programan su cosecha, transporte y recepción, para evitar la disminución del contenido de sacarosa.

La recepción de caña de azúcar en los ingenios sucroalcoholeros durante los últimos seis años, tuvo duraciones variables, con fechas de inicio y fin diferentes. Así, las zafras 2015 y 2019 presentan el periodo más largo de recepción, con 14 quincenas, mientras que en la gestión 2014 y en 2018 solamente fue de 12 quincenas.

GRÁFICO 4:
Periodo de recepción de caña en ingenios 2013-2021

Safr	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Duración Quincenas
	1ra. Quinc.	2da. Quinc.															
2013																	13
2014																	12
2015																	14
2016																	13
2017																	13
2018																	12
2019																	14
2020																	13

Fuente: Elaboración UCP-VPIMGE en base a reportes de la industria azucarera

El inicio del periodo de zafra está condicionado por el inicio y la frecuencia de lluvias, su mayor presencia impide la cosecha de la caña de azúcar. Mientras que el fin del periodo de zafra depende también de las lluvias y de la accesibilidad a los campos más alejados y el deterioro en el desarrollo fenológico de la planta (disminución del contenido de sacarosa).

Algunos datos técnicos del sector agrícola cañero, nos muestra que solamente el 3,3% de la superficie cultivada con caña de azúcar cuenta con riego⁹, que equivale a 4.970 hectáreas. Un 88% de las hectáreas bajo riego se encuentran en el departamento de Santa Cruz, 4% en Tarija y 8% en otros departamentos productores.

Respecto del uso de maquinaria por parte de los productores, un estudio del MDRyT (2016)¹⁰ identifica que el 90% de los productores en el departamento de Santa Cruz usan maquinaria para la cosecha

de caña de azúcar, mientras que el 10% de los productores cosechan de forma manual, distribuida de la siguiente forma: 47% emplean maquinaria propia, 27% maquinaria alquilada y 26% emplean maquinaria propia como alquilada.

En el mismo estudio se identificó que entre los productores cruceños, un 82% utiliza algún agroquímico para controlar el cultivo de caña de azúcar, entre los agroquímicos más empleados se tiene: triple mezcla (47%) y 24-D (28%), y entre los fertilizantes más empleados urea (46%) y NPK (19%).

Existe una relación proporcional entre el uso de fertilizante y el rendimiento agrícola, por ello se espera que la producción de urea-amoniaco de la planta ubicada en Bulu Bulu, Cochabamba, aporte de gran manera al rendimiento y la producción de caña de azúcar en el país.

9 Reporte Estadístico de la Encuesta de pronóstico de cosecha de la zafra 2016 de la caña de Azúcar – MDRyT

10 Reporte estadístico de la encuesta de pronóstico de cosecha de la zafra 2016 de la caña de azúcar. MDRyT-OAP.

3.1.2 Identificación de la superficie de producción del cultivo de caña de azúcar – ZAFRA 2021

La ejecución de planes y programas en las diferentes zonas de producción del país, depende directamente de la disponibilidad de información geo estadística y un conocimiento conciso de la superficie ocupada del cultivo de caña de azúcar, y la tendencia de producción y rendimiento.

El conocimiento de su distribución geográfica, resulta muy importante tanto para la actividad privada, como para el Estado, con el propósito de mejorar la calidad de sus intervenciones y satisfacer los requerimientos propios de un proceso de planificación.

El MDPyEP, utilizó los sensores remotos y los sistemas de procesamiento de imágenes digitales, para realizar estudios de monitoreo, identificación y cuantificación de cultivos de caña de azúcar en Bolivia.

Se identificó y cuantificó las zonas de cultivo de caña de azúcar, a partir de la captura, procesamiento y análisis digital de imágenes satelitales de resolución espacial adecuada que permita evaluar las variables meteorológicas y estimar su producción para la campaña de verano 2021, que se efectuó las siguientes tareas:

- Procesamiento de imágenes satelitales de variables meteorológicas que cubran las zonas de cultivos de caña de azúcar.
- Tratamiento e interpretación de las imágenes de satélite para la identificación de la superficie cultivada de caña de azúcar.
- Estimación de volúmenes y rendimientos proyectados en las zonas productoras de cultivo de caña de azúcar.

El factor más importante para obtener los volúmenes estimados de la producción del cultivo de caña depende directamente de la precipitación y la temperatura del suelo, en este caso de la acumulación en la superficie

caracterizada por los pisos ecológicos en las zonas de producción.

Se planteó la metodología de focalizar las comunidades dedicadas a la producción agrícola, analizando su distribución, las conexiones y la correlación entre los datos y la representación espacial, para lo cual, se empleó los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2013, como línea base, Encuesta Agropecuaria del 2015 – INE, los volúmenes de producción agrícola proyectados en el Plan Sectorial del MDRyT de 2017 y el Atlas de Vocaciones y Potencialidades Productivas de 2019.

En esa línea metodológica, la información de las comunidades agro productivas estructurada de acuerdo a condiciones de clasificación por la cantidad de producción, fueron sometidos a criterios algebraicos de carácter cartográfico; resultando información cuantitativa y cualitativa de aquellos volúmenes de producción que se manifiestan en el espacio territorial de acuerdo al tipo de actividad agrícola.

Se obtuvo imágenes satelitales de la época húmeda (enero, febrero y marzo) en una serie de tiempo de 2011 al 2021, debidas principalmente a que partir del año 2010; en adelante, los efectos del cambio climático inciden en el proceso de frecuencia paramétrica de la precipitación y temperatura a nivel nacional. El conjunto de datos de los productos satelitales, se detallan a continuación:

- Precipitación acumulada mensual, obtenidas del sensor TRMM.
- Temperatura suelo día mensual, obtenidas del sensor MODIS-Terra.
- Índice de vegetación NDVI obtenidas del sensor MODIS-Terra.
- Evapotranspiración, obtenidas del Modelo GLDAS.
- Modelo Digital de Elevación obtenido de SRTM.

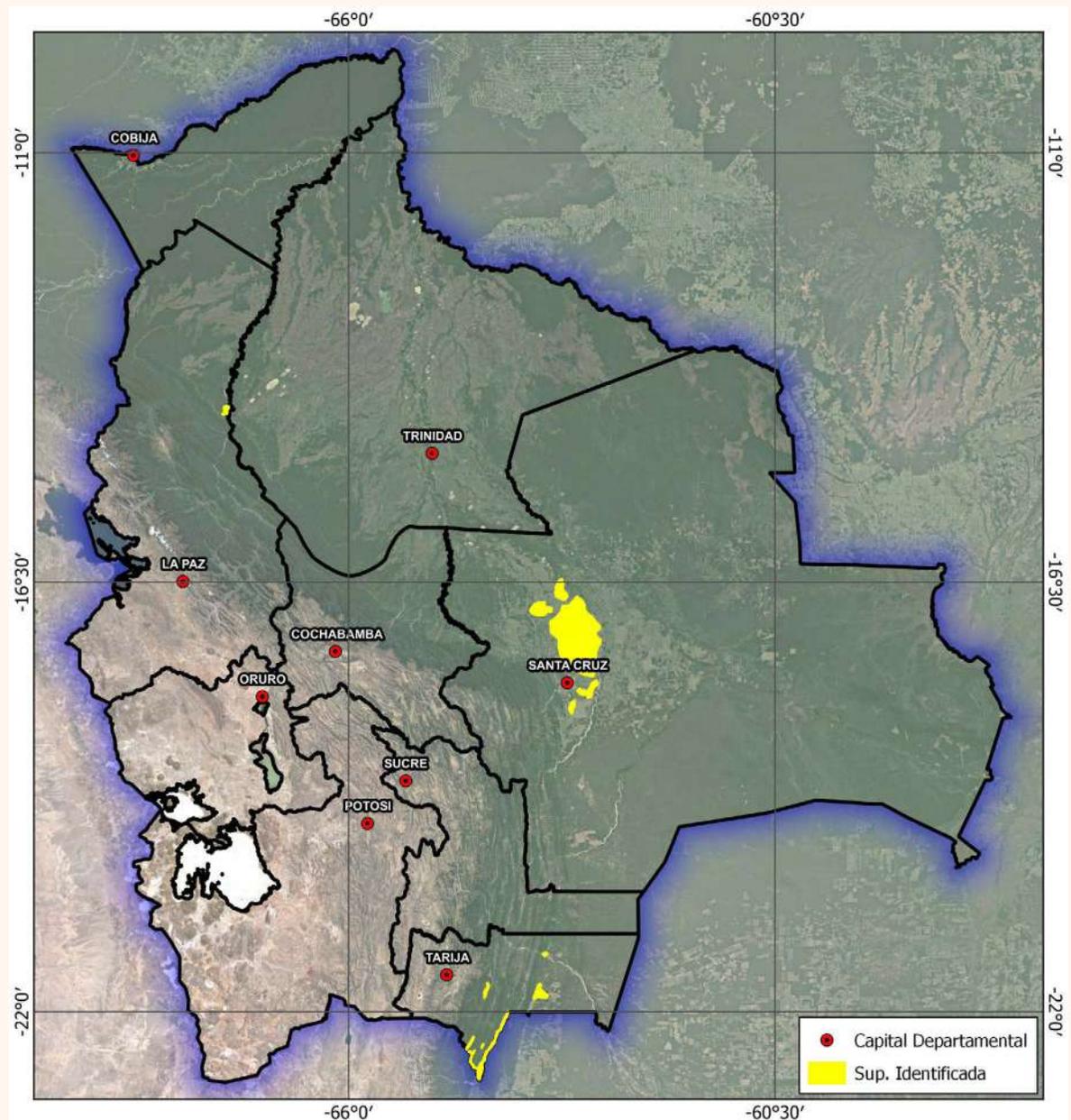
Se descargó en un total de 80 imágenes de satélite en formato netCDF, con una cobertura

de aproximadamente de 10.050 km². Estas se organizaron a partir del 2011 al 2021 y fueron distribuidas para los meses de la época húmeda (enero a marzo).

Definida la tecnología de geo procesamiento de datos de tipo raster; en el software QGis 3.16, se

procedió al análisis de la variabilidad meteorológica y su correlación la producción del cultivo de caña de azúcar, abordándose desde dos perspectivas: una es la aplicación de la geo estadística; empleándose el software estadístico Rstudio, y otra es el análisis multivariado de las imágenes de satélite empleándose el Google Engine.

MAPA 3:
Identificación de superficies de cultivos de caña de azúcar



Fuente: DAPRO, 2021

Con las imágenes que fueron resultado de la clasificación supervisada donde se identificó las áreas de cultivo de caña de azúcar en los departamentos de Santa Cruz y Tarija, se procedió a poligonizar estas zonas de cultivo identificadas para calcular el área aproximada de cultivos de caña de azúcar para la campaña de verano.

TABLA 4:
Bolivia: Superficie cultivada de caña de azúcar 2021

Departamento	Municipio	Superficie Estimada (ha)
Santa Cruz	Fernandez Alonso	37.431,22
	Warnes	34.917,50
	Mineros	31.333,27
	Montero	19.780,66
	General Saavedra	19.012,27
	San Pedro	17.735,03
	Portachuelo	5.120,93
	San Julián	4.153,94
	Santa Rosa del Sara	3.992,49
	Cotoca	1.569,13
	El Puente	1.000,62
	Copa Bélgica	951,10
	Okinawa	802,49
	Santa Cruz	401,18
La Guardia	346,17	
Sub Total		178.548,00
Tarija	Bermejo	6.625,17
	Padcaya	562,03
	Caraparí	320,77
	Yacuiba	200,38
	Entre Ríos	193,51
	Villamontes	178,14
Sub Total		8.080,00
La Paz	San Buenaventura	4.322,00
Total		190.950,00

Fuente: DAPRO, 2021

De acuerdo al análisis y procesamiento geoestadístico del resultado del mapa 11 y figura 7 de la imagen clasificada, se obtiene como resultado que en el

departamento de Santa Cruz se tiene una superficie aproximada de 178.548 hectáreas, que representa el 94% de área cultivada; donde el municipio de Fernández Alonso tiene la mayor superficie de cultivos de caña de azúcar. Seguidamente se tiene al departamento de Tarija con una superficie aproximada de 8.080 hectáreas, siendo el 4% de las zonas de cultivo del total nacional; donde el municipio de Bermejo es el principal cultivador con 6.625,17 hectáreas y finalmente el departamento de La Paz, del municipio de San Buenaventura con una superficie aproximada de 4.322 hectáreas; representando un 2% de la superficie nacional de cultivos de caña de azúcar.

3.1.2.1 Estimación de la producción del cultivo de caña de azúcar – campaña de verano 2021

Se realizó el cálculo estimado de la precipitación acumulada para el año 2021 empleando el modelo geoestadístico de regresión lineal múltiple para la época de siembra para la campaña de verano, tomándose en cuenta que para su crecimiento fenológico se requiere una precipitación de 900mm a 1.200mm y a una temperatura suelo máxima de 30°C.

En el departamento de Santa Cruz se estima una precipitación acumulada de 900mm a 1.250mm, en las zonas de cultivo del departamento de Tarija entre los 800mm a 950mm, para el departamento de La Paz se proyecta una precipitación entre los 601mm a 1.798mm, en el departamento de Potosí se estima una precipitación de 1.000mm a 1.200 mm.

Para estimar la producción del cultivo de caña de azúcar, se empleó la colección de imágenes de satélite meteorológicas de precipitación acumulada, temperatura suelo, evapotranspiración y el índice de vegetación, bajo un análisis de multi variante, se determinó un modelo un modelo geoestadístico de regresión lineal múltiple por cada zona de producción del cultivo de caña de azúcar.

$$Prod. (Tm) = -9608714,38 + 1855,42 \sum PP - 62671,55 \sum TEMP + 7849545,83 \sum EVP + 2137983,32 \sum NDVI + MDT$$

Indicar que este modelo ajustado tiene un 90% de confianza y un coeficiente de correlación múltiple del 84%.

Aplicando este modelo de regresión lineal múltiple, se obtuvo los volúmenes proyectados de producción y rendimiento para la campaña de verano en las zonas productoras de caña de azúcar.

TABLA N° 5:
Estimación de producción y rendimiento campaña de invierno cultivo de caña de azúcar, 2021

Departamento	Superficie Identificada (Ha)	PP (mm) Mínima requerida	PP (mm) Estimada Ene-Mar 2021	Variación PP (mm) Ene-Mar 2021	Estimación Producción Campaña Ver-2021 (Tn)	Estimación Rendimiento Campaña Ver-2021 (Tn/Ha)
Santa Cruz	178.548	900-1.200	900-1250	175	9.956.789	55,8
Tarija	8.080		800-950	75	412.321	51,0
La Paz	4.322		1000-1200	100	235.357	54,5
Total	190.950		259	117	10.604.467	53,8

Fuente: DAPRO, 2021

En la tabla, se describe la comparación de valores estimados de precipitación acumulada calculados a partir del modelo geoestadístico para la época húmeda respecto a la precipitación mínima requerida para el crecimiento fenológico el cultivo de caña de azúcar.

Se estima que la producción de caña de azúcar para la campaña de verano 2021, en los departamentos de Santa Cruz, Tarija y La Paz, será de más 10.604.467TM, en una superficie identificada de 190.950 hectáreas y un rendimiento promedio de 54 TM/ha.

Deduciéndose de los resultados que en las zonas productoras de caña de azúcar del departamento de Santa Cruz se tendrá la mayor producción con un valor estimado de más de 9.956.789TM y un rendimiento de 55,8 TM/ha, pero se debe tomar en cuenta los niveles de precipitación acumulada estimado a través de las imágenes de satélite, teniendo un excedente de más de 175mm que puede llegar a afectar el crecimiento fenológico por exceso de precipitación. De la misma forma el departamento de La Paz puede tener comprometido por exceso promedio de más de 100mm de precipitación acumulada.

De acuerdo a estos resultados estimados se tendrá un superávit de producción de caña de azúcar de consumo del mercado local así también para sus productos derivados.

3.1.3 Producción caña de azúcar

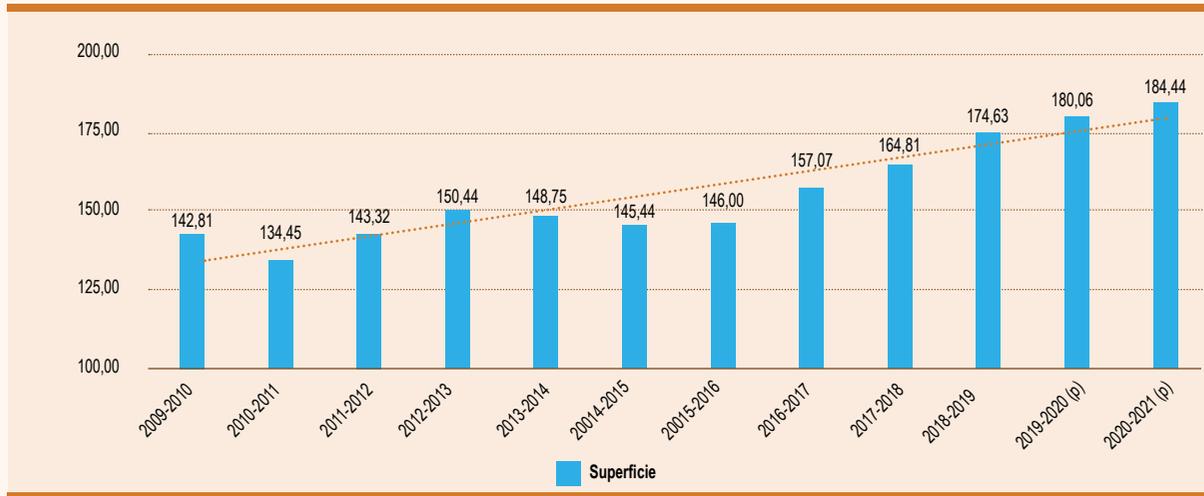
3.1.3.1 Producción de caña 2010-2021

En este decenio, hubo un incremento continuo tanto de la superficie cultivada como de la producción obtenida. La producción tuvo tasas de crecimiento mayores a las tasas de crecimiento de la superficie, debido a que los rendimientos también subieron, mejorando la productividad de los cañaverales.



En Bolivia la superficie cultivada de caña de azúcar hasta el 2021 fue de 184 mil hectáreas ocupando el 4to. lugar en la región solo por debajo de Colombia

GRÁFICO 5:
Bolivia: Superficie cultivada de caña de azúcar, 2010-2021
 (En miles de hectáreas)



Fuente: MDRyT-UDAPRO

La superficie cultivada se incrementó hasta alcanzar 180.065 hectáreas en la zafra 2020. Para la zafra 2021, DAPRO estima que la superficie cultivada alcance casi 191.000 hectáreas de caña de azúcar en todo el país.

La tasa promedio de crecimiento de la superficie agrícola de caña de azúcar fue de 3% anual que

representa un crecimiento promedio de casi 4.100 hectáreas por año.

Respecto al rendimiento agrícola, la tasa promedio de crecimiento del rendimiento agrícola de caña de azúcar fue de 4% anual que representa un crecimiento promedio de casi 1,3 Tn/ha por año.

GRÁFICO 6:
Bolivia: Rendimiento agrícola de caña de azúcar, 2010-2021
 (En toneladas por hectárea)

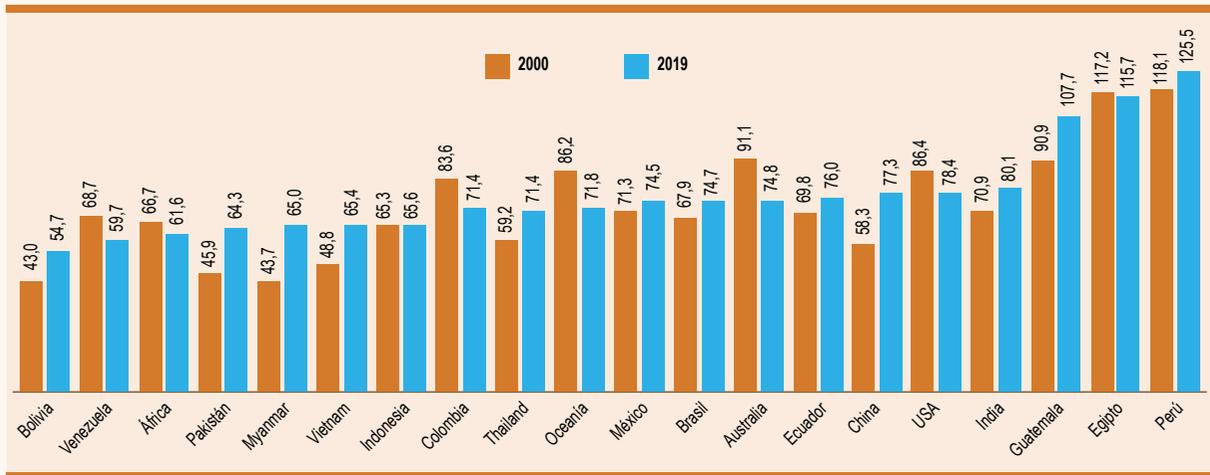


Fuente: MDyT

No obstante, el crecimiento sostenido del rendimiento agrícola, resulta insuficiente si queremos ser competitivos en el mercado sucroalcoholero, debido a que partimos de una base inicial muy baja. El gráfico siguiente, muestra un ranking de los 20 primeros

países a nivel mundial con alto rendimiento del cultivo de caña de azúcar. De acuerdo a estos datos Bolivia ocupa la menor ubicación, teniendo uno de los rendimientos más bajo en América del Sur y de los demás continentes.

GRÁFICO 7:
Rendimientos agrícolas de caña de azúcar en países de la región por año, 2000 y 2019
(En Tn/Ha)



Fuente: FAOSTAT

Realizando una comparación de rendimientos del cultivo de caña de azúcar en la región en 2019, Perú registra el mejor rendimiento a nivel mundial, con un volumen de 10.929.341TM en una superficie cultivada de 87.095 hectáreas. (Ver gráfico 7)

Tomando en cuenta que Bolivia para el 2019 registra un rendimiento de 54,7TM/ha, es necesario incidir en la mejora del incremento de rendimiento mejorando la superficie y la implementación de tecnología. De ese modo, considerando un incremento de 10tm/ha en el rendimiento, se podría obtener un incremento adicional de 1,9 millones de toneladas de caña de azúcar suficientes para producir adicionalmente al menos 2 millones de quintales de azúcar y más de 20 millones de litros de alcohol.

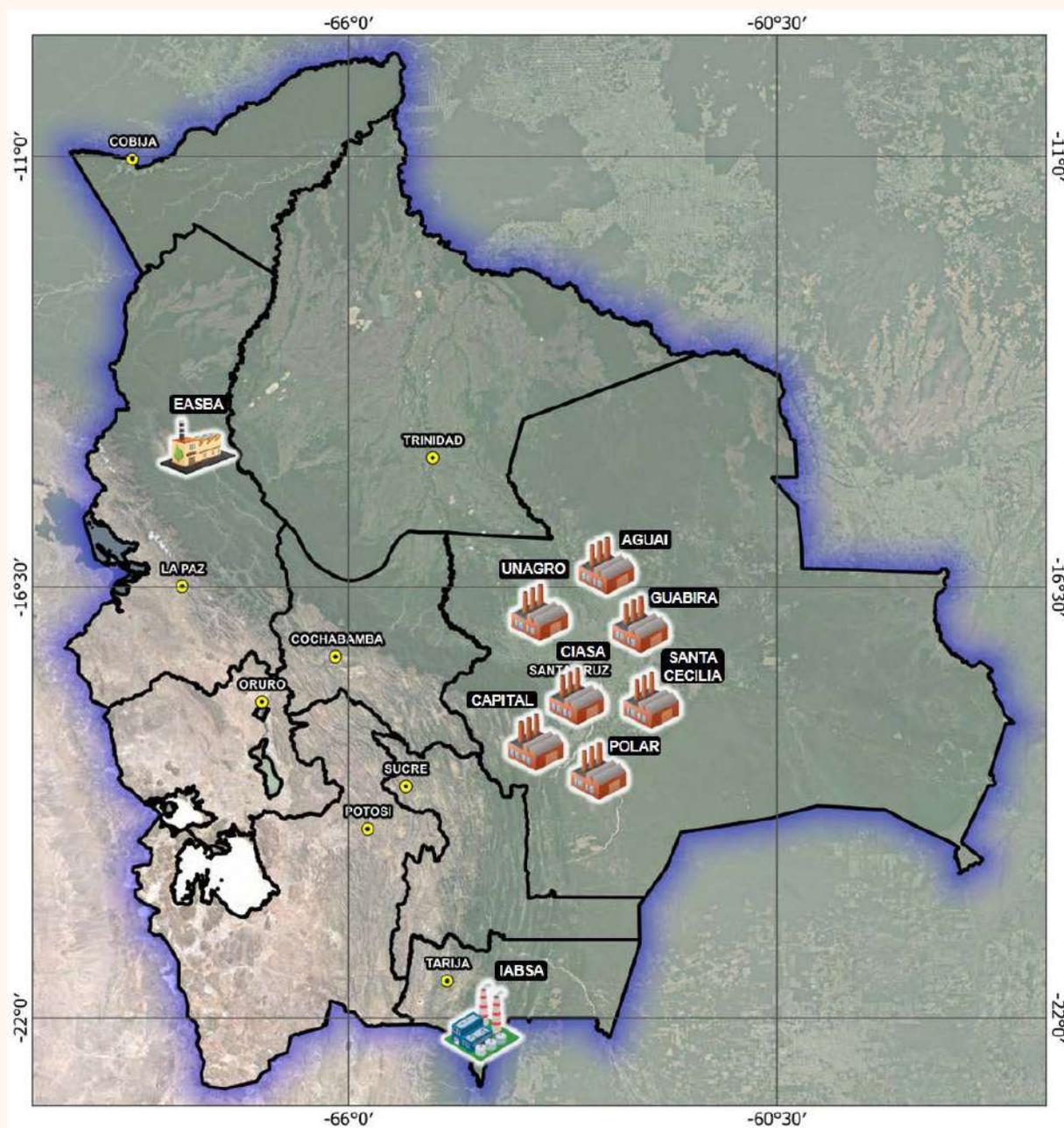
La mayor disponibilidad y uso de urea como fertilizante en los cultivos, y el impulso efectivo a la investigación por parte de CENACA, se constituyen en acciones fundamentales para aumentar el rendimiento agrícola de caña de azúcar en los próximos años y reducir las brechas de productividad respecto a otros países de la región.

3.2 Transformación e industrialización de la caña de azúcar

3.2.1 Ingenios azucareros

En Bolivia, actualmente existen siete Ingenios, cinco de ellos ubicados en el departamento de Santa Cruz: Ingenio Azucarero UNAGRO S.A, Planta Industrial Poplar Capital S.A (ex Don Guillermo), Compañía Industrial Azucarera San Aurelio e Ingenio Azucarero Guabirá S.A., Ingenio Sucroalcoholero Aguaí S.A., uno en el departamento de Tarija: Industrias Agrícolas de Bermejo S.A. – IABSA, finalmente otro en el departamento de La Paz con el Ingenio estatal Empresa Azucarera San Buenaventura – EASBA, siendo así las zonas de cultivo de la caña de azúcar a nivel nacional los departamentos Santa Cruz, La Paz y Tarija. Adicionalmente en octubre 2018, el MDPyEP autorizó la creación de un nuevo ingenio denominado CICASA en la región de Bermejo para la molienda de 2.500 toneladas diarias de caña, una industria nueva que podría comenzar a producir en 2022.

MAPA 4:
Ubicación de ingenios sucroalcoholeros



Fuente: VPIMGE. Elaboración: DAPRO, 2021

La industria sucroalcoholera nacional presenta características productivas heterogéneas en varios aspectos, por un lado existen ingenios modernos recientemente instalados y otros con decenas de años de antigüedad, ingenios de una capacidad productiva superior a las 20.000 toneladas de molienda diaria y otros que no alcanzan las 5.000 toneladas diarias, ingenios que por su procesos productivos orientan su producción al azúcar mientras que otros la orientan a la producción de alcohol, ingenios cuya propiedad pertenece a un pequeño grupo accionista mientras otros que presentan una estructura accionaria perteneciente mayoritariamente a sus productores cañeros, ingenios que producen su caña, otros que se abastecen de pocos proveedores y otros ingenios de muchos pequeños productores, ingenios con buenos estados financieros y otros con estados financieros deficitarios, ingenios que acceden a mercados de exportación y otros no, entre las características que infieren a este complejo productivo una singularidad que dificulta la gestión de políticas públicas genéricas, siendo necesaria la búsqueda de medidas de apoyo sectorial diferenciadas para lograr su desarrollo sectorial.

A continuación, se presenta información estadística del sector industrial, que reporta periódicamente información al MDPyEP a través del sistema informático denominado SITCCA.

3.2.2 Capacidades productivas de la industria azucarera en Bolivia

Las empresas que constituyen la industria azucarera nacional pueden ser clasificadas de acuerdo con su capacidad de molienda de caña de azúcar. Según el registro de ingenios, se las capacidades instaladas para la molienda de caña de azúcar, son las siguientes:

TABLA 6:
Capacidad instalada de la industria azucarera boliviana (2021)

Capacidad instalada diaria (Tm/día)	Número de ingenios
Mayor a 15.001	3
Entre 5.000 a 15.000	3
Menor a 5.000	2

Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Registro de Ingenios azucareros

La capacidad de molienda diaria total de los ingenios azucareros del país supera las 95.000 TM/día. La capacidad productiva se ha visto incrementada en el país en los últimos seis años, en función de las inversiones realizadas en la construcción y operación de los ingenios Aguaí en Santa Cruz y EASBA en La Paz y en la ampliación de capacidad aprobada para POPLAR CAPITAL.

GRÁFICO 8:
Capacidad Instalada de molienda de caña (TM/día)



Fuente: Elaboración VPIMGE

La capacidad de molienda actual tiene un potencial de producción de 15,8 millones de toneladas considerando una zafra efectiva de 165 días, por lo que el porcentaje de la capacidad utilizada es de 53%, sin embargo, considerando la capacidad utilizada respecto de la capacidad real de los ingenios y los días efectivos de trabajo, el porcentaje sube a 72%.

La producción en ingenios azucareros usualmente inicia entre mayo y junio y concluye entre octubre y noviembre de cada año, aunque presenta variaciones en cada zafra. El resto del año se realiza mantenimiento mecánico, eléctrico y de otra índole en las instalaciones industriales.

El promedio de días de producción varía en cada ingenio, así como varía en cada zafra, ya que hay ingenios que no alcanzan a producir tres meses mientras otros alcanzan los seis meses.

El porcentaje de capacidad utilizada por la industria azucarera también varía en función de la disponibilidad diaria de la materia prima (caña de azúcar), los factores climáticos y otras contingencias y paradas en fábrica.

Comparativamente, cabe indicar que mientras en Bolivia existen dos ingenios con molienda mayor a 2 millones de toneladas por zafra, en Brasil existen 86 ingenios de esa capacidad (de un total de 402 ingenios)¹¹.

3.2.3 Caña de azúcar homologado

El Plan de Zafra es la planificación conjunta entre el ingenio y el sector agrícola cañero para el aprovisionamiento y entrega de la caña de azúcar disponible para el procesamiento y transformación en la agroindustria cañera.

En el Plan de Zafra se consolida la información de la oferta de caña de azúcar, tanto propia como de cañeros, la capacidad de molienda de la industria, se detalla los proveedores y se realiza una programación quincenal de ingreso de caña de azúcar al ingenio y los cupos respectivos por proveedor cañero. Este proceso ha permitido establecer una producción planificada entre industria y productores cañeros

A continuación, se grafica las cantidades de caña de azúcar presentada para homologación entre la zafra 2013 a 2021, que representan la cantidad de molienda planificada a inicio de zafra.

GRÁFICO 9:
Cantidad de molienda planificada de caña de azúcar
(expresado en toneladas)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Resoluciones Administrativas de Homologación

11 CONAB (2013) Perfil del sector de azúcar y de alcohol en Brasil.

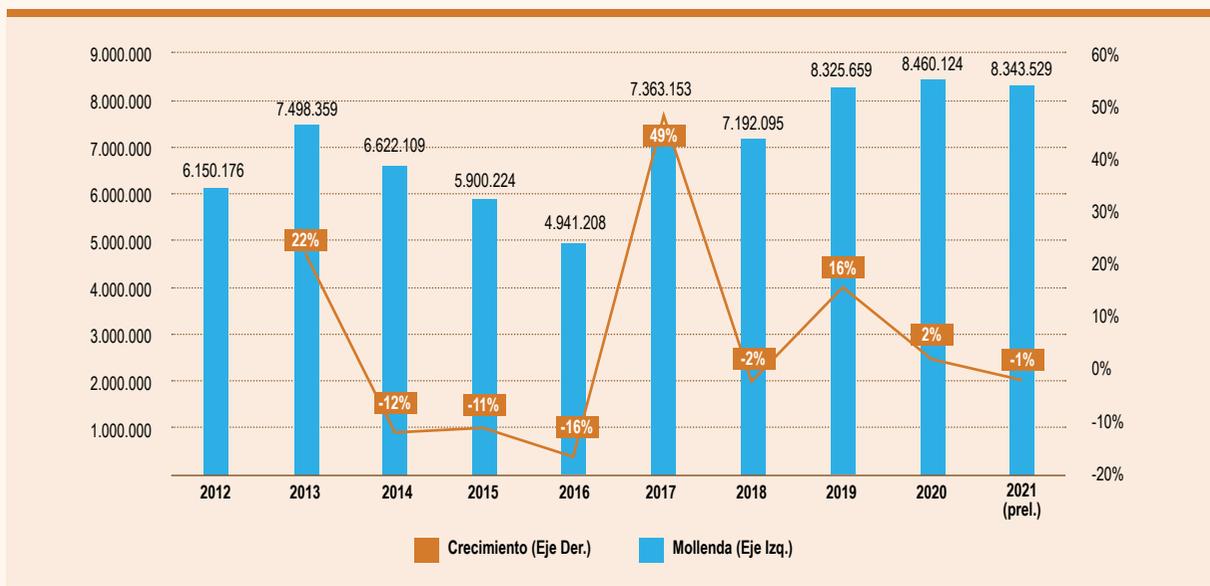
La disponibilidad de caña de azúcar para molienda en la agroindustria cañera ha repuntado en los últimos cuatro años, debido al incremento de la superficie cultivada que produjo mayor cantidad de caña de azúcar.

La caña de azúcar efectivamente molida y procesada por los ingenios, desde la zafra 2013 hasta la zafra 2016, tuvo una reducción entre 11% y 16% anual, una tendencia gradual que registró su punto de inflexión en la zafra 2017 con un incremento anual de 49%.

3.2.4 Procesamiento de caña de azúcar

La caña de azúcar efectivamente molida y procesada por los Ingenios tuvo una reducción gradual permanente desde la zafra 2013 hasta la zafra 2016 con disminuciones permanentes entre 11% y 16% anual, tendencia que tuvo su punto de inflexión en la zafra 2017 con un importante incremento anual de 49%.

GRÁFICO 10:
Caña Molida
(toneladas y % crecimiento)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

En la zafra 2019, se observa otro incremento de un 16%; en la zafra 2020, el incremento fue de un 2% y en 2021 la molienda de caña cayó en -1%, que representa un volumen de 8,34 millones de toneladas, afectada por la reducción de rendimientos agrícolas.

La mayor disponibilidad de caña de azúcar se debe a la apertura del mercado nacional del etanol anhidro como aditivo vegetal de las gasolinas, este nuevo mercado genera una demanda adicional de caña de azúcar. Esta mayor disponibilidad fija un mayor nivel de producción de la industria nacional desde el 2017,

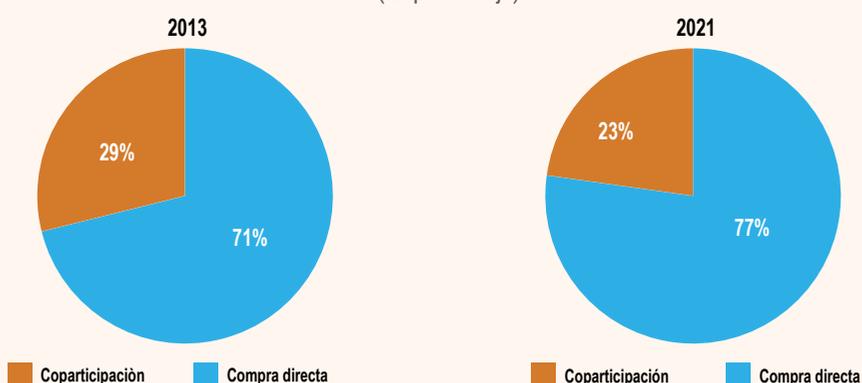
panorama que mejora la perspectiva de desarrollo de este complejo productivo.

En la zafra 2021, el 95% de la molienda se realizó en ingenios sucroalcoholero de Santa Cruz, en Tarija 3% y en La Paz 2%.

Los ingenios tienen dos modos de aprovisionamiento, la compra directa de caña y la coparticipación. En el gráfico No. 11, se observa que entre el 2013 y el 2021 la participación en la molienda de los ingenios que compran caña se incrementó del 71% al 77%, y aquellos ingenios que coparticipan redujeron su participación del 29% al 23%.



GRÁFICO 11:
Participación de ingenios en la compra de caña
(en porcentaje)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

3.2.5 Molienda programada vs ejecutada

La caña de azúcar efectivamente molida en comparación con la programada en los planes de zafra muestra variaciones superiores al 10% en los años 2014, 2016, 2017 y 2018.

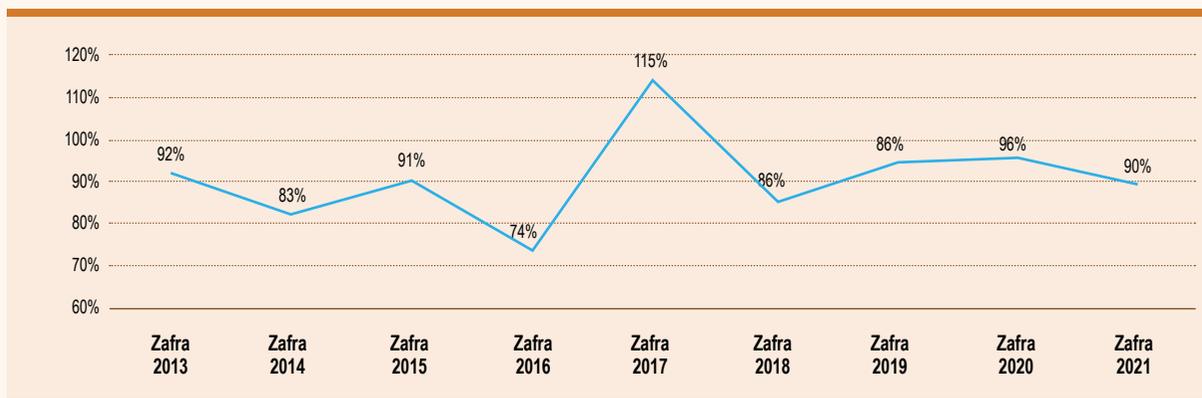
TABLA 7:
Molienda programada vs. ejecutada
(en toneladas y %)

Descripción	Zafra 2013	Zafra 2014	Zafra 2015	Zafra 2016	Zafra 2017	Zafra 2018	Zafra 2019	Zafra 2020	Zafra 2021
Molienda programada	8.112.655	8.006.984	6.516.364	6.709.182	6.418.341	8.384.207	8.774.561	8.840.520	9.319.047
Molienda ejecutada	7.498.359	6.622.109	5.900.224	4.941.208	7.363.153	7.192.095	8.325.659	8.460.124	8.343.529
Porcentaje de comportamiento	92%	83%	91%	74%	115%	86%	95%	96%	90%

Fuente: Elaboración UCP-VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

La zafra con mayor cumplimiento es de la gestión 2017 donde se ha molido 115% de la caña programada inicialmente y la zafra 2016 es el de menor cumplimiento donde solo se pudo moler el 74% de lo programado.

GRÁFICO 12:
Grado de cumplimiento
(expresado en porcentaje)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

El promedio de cumplimiento de las cantidades inicialmente programadas en las zafras analizadas, correspondientes al periodo 2013-2021, es del 91%, un porcentaje afectado por un bajo cumplimiento en la última zafra.

3.2.6 Pol en caña de azúcar (% de sacarosa aparente)

En la industria cañera uno de los aspectos importantes para calcular la producción de azúcar es el contenido de porcentaje de sacarosa presente en la caña, calculada en el jugo extraído de las muestras tomadas de los camiones que ingresan a los ingenios. Se

determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado Pol aparente.

El contenido de sacarosa en la caña de azúcar es el resultado del manejo agronómico donde influyen las características físico-químicas del suelo, la aplicación de fertilizantes, la variedad de la caña, el grado de madurez, la correcta cosecha y el menor tiempo entre el corte y su procesamiento. A mayor contenido de sacarosa, mejores rendimientos fabriles que benefician económicamente tanto a ingenios como a productores cañeros. En el gráfico No. 13, se muestra el porcentaje promedio de la sacarosa registrados en las zafras del 2013 al 2021.

GRÁFICO 13:
Pol en caña
(expresado en porcentaje)



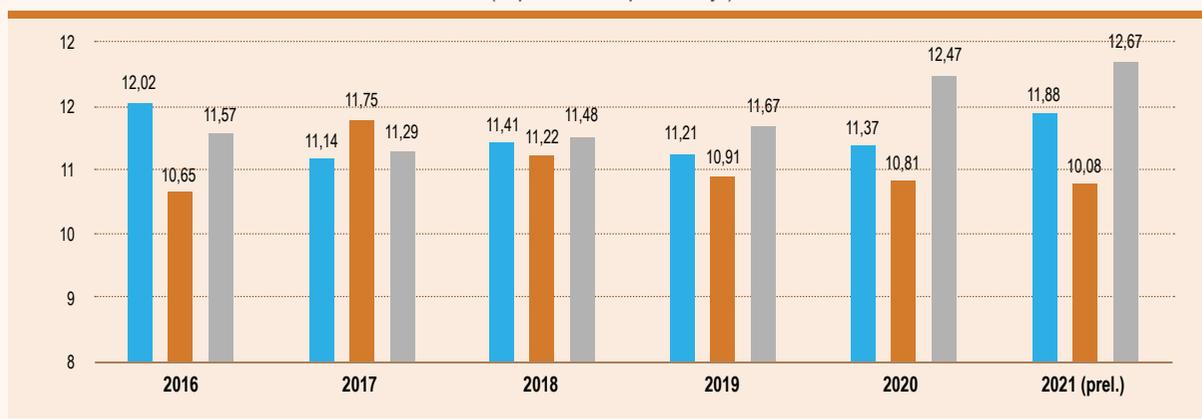
Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

Según los datos son reportados por los ingenios azucareros, entre la zafra 2013 a 2015 se registran los valores menores de sacarosa por debajo del 11%. Mientras que a partir de la zafra 2016, los valores fueron superiores al 11%, siendo la zafra 2021 con un registro de 11,84% la que muestra el mayor porcentaje de pol de las zafras 2013 al 2021, pese a que fue una zafra con menor volumen molido. Las últimas seis zafras presentan altos valores relativos de sacarosa y las últimas cinco zafras altos volúmenes de caña

molido, que evidencia el uso de mejores variedades de caña que rinden más sacarosa.

A nivel regional, según se observa en el gráfico 14, la región de Bermejo, Tarija, presenta los mayores contenidos de sacarosa en los últimos tres años, con un 7% mayor al de Santa Cruz en la zafra 2021; mientras que San Buenaventura presenta el menor contenido, con un 9% menor que en Santa Cruz en la zafra del mismo periodo.

GRÁFICO 14:
Contenido de sacarosa, según departamento
(expresado en porcentaje)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

Respecto a otros países de la región, donde los porcentajes de sacarosa oscilan entre 13% y 16%, la productividad en términos de contenido de sacarosa en el país es menor. Tomando en cuenta este dato y el rendimiento agrícola menor en campo, se tiene a Bolivia como un rendimiento de 6 toneladas de azúcar por hectárea (TAH), mientras que en Brasil es de 9 TAH, en Guatemala 11 TAH y en Colombia de 14 TAH.¹², una diferencia que da cuenta de menor competitividad en relación a estos países exportadores de azúcar.

3.2.7 Producción de azúcar

Bolivia se encuentra entre los treinta principales países productores de azúcar en el mundo, resaltando que el azúcar se obtiene de caña de azúcar y de remolacha azucarera, donde la participación de la producción mundial de azúcar obtenida de caña es del 80%

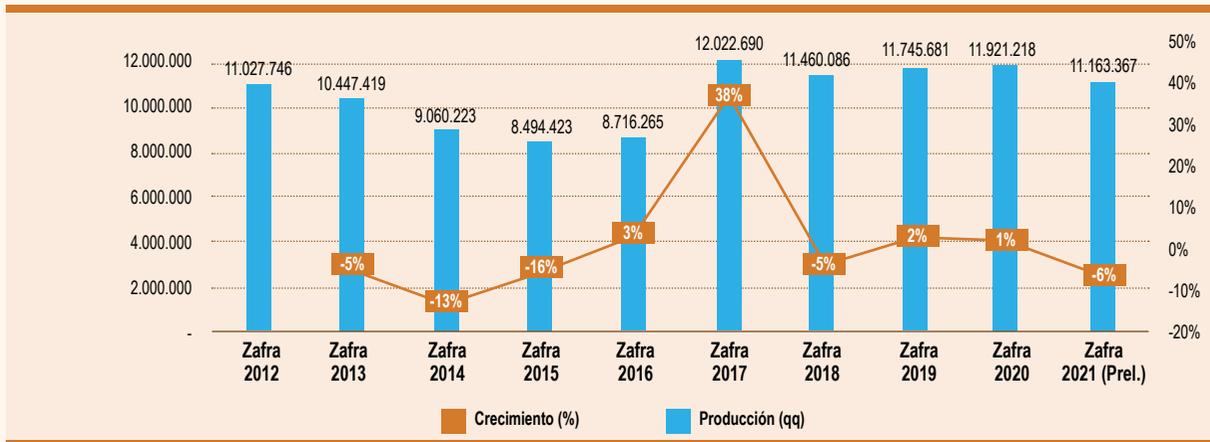
aproximadamente¹³. La producción mundial de azúcar 2020/2021 alcanzó aproximadamente 180 millones de toneladas. Y la participación del azúcar nacional en la producción mundial es del 0,3%.

Entre el 2012 y el 2021, Bolivia registró altos niveles iniciales de producción en los años 2012 y 2013, y un nivel de baja producción entre las zafras 2014 al 2016. A partir de la zafra 2016 se observan incrementos de producción, la zafra 2017 se ha constituido como la mejor zafra del periodo, con 12,02 millones de quintales de azúcar producidos. Entre el 2018 y 2020 se ha mantenido una alta producción cercana a los 12 millones de quintales, suficientes para abastecer la demanda nacional de azúcar (alrededor de 9 millones de quintales), por lo que no hubo problemas de desabastecimiento de este producto, existiendo importantes excedentes exportables.

¹² Datos de Brasil CONAB, de Guatemala CENGICAÑA y de Colombia CENICAÑA.

¹³ Datos de Brasil CONAB, de Guatemala CENGICAÑA y de Colombia CENICAÑA.

GRÁFICO 15:
Producción de azúcar
(expresado en quintales)



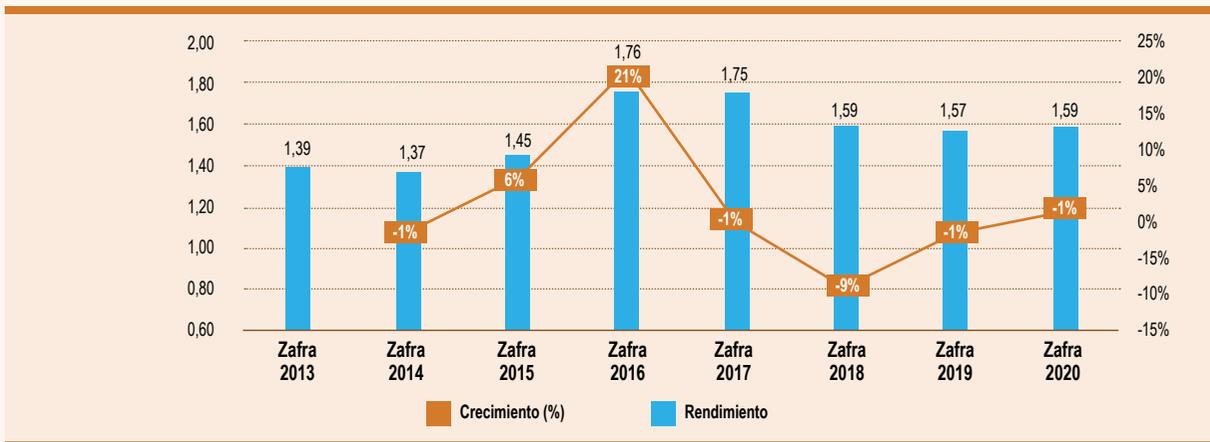
Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

3.2.8 Rendimiento fabril de azúcar (qq/t caña)

El rendimiento promedio de los ingenios que producen azúcar es variable y está en función del mix de producción. En las zafras 2015 y 2016 se tuvo un mix que priorizó la producción de azúcar (dados los bajos volúmenes de caña producidos), de allí que sus rendimientos son los más altos, posteriormente, los rendimientos bajaron hasta un nivel de 1,59 qq/tonelada de caña molida que aún permitió mantener un importante excedente de azúcar exportable.

En la zafra 2021 este indicador bajó a 1,34, un valor que influyó en la caída de la producción de azúcar en esta gestión. Una vez que tanto la Ley 307 como la Ley 1098 promueven la soberanía alimentaria y la soberanía energética, respectivamente, resultará necesario en lo futuro, coordinar con el Ministerio de Hidrocarburos, aquellos valores que aseguren el abastecimiento del mercado interno, tanto de azúcar como de alcohol anhidro.

GRÁFICO 16:
Rendimiento fabril de azúcar
(expresado en qq/Tn caña)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

También hay ingenios en Bolivia que producen alcohol vía directa que presentan un menor rendimiento de azúcar (1,29 qq/Tn caña) comparados con aquellos ingenios que obtienen el alcohol de la melaza agotada en la obtención de azúcar (1,95 qq/Tn caña).

3.2.9 Relación entre el rendimiento fabril y el contenido de sacarosa

Existe una relación directamente proporcional entre el contenido de sacarosa de la caña de azúcar y el rendimiento fabril de azúcar obtenido en el ingenio azucarero.

GRÁFICO 17:
Rendimiento fabril (qq /caña) y contenido de sacarosa (%)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

Un mayor contenido de pol permite obtener un mejor rendimiento fabril de azúcar, para mejorar la correlación, resulta necesario obtener el mix de producción azúcar-alcohol, como variable que explique el resto de la relación observada.

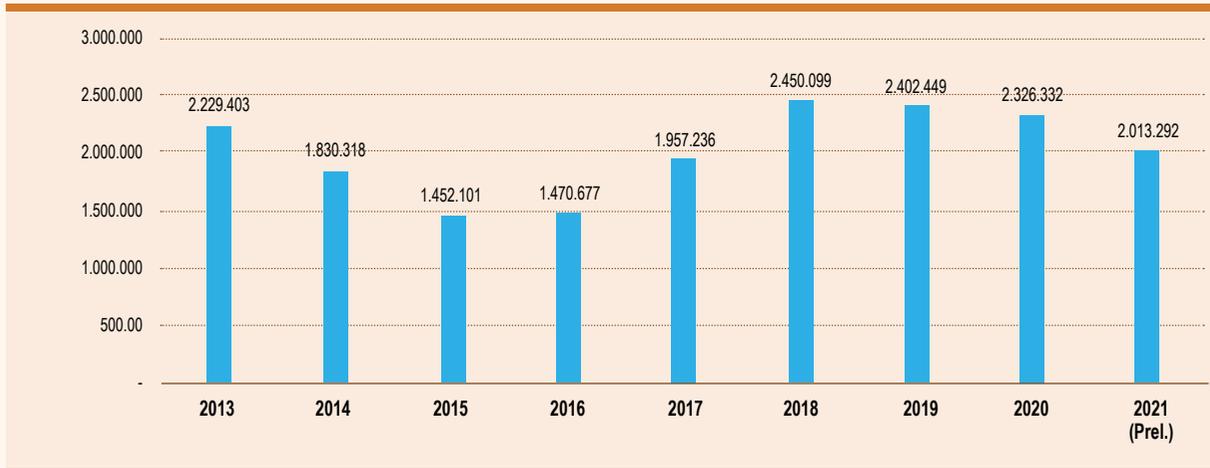
3.2.10 Azúcar entregado al sector agrícola cañero

De acuerdo con la Ley 307, se reconoce el aprovisionamiento de materia prima del sector agrícola cañero al sector agroindustrial cañero, bajo las siguientes modalidades: Vía convenios de cooperación en los procesos de producción y transformación de la caña de azúcar; y así también vía compra directa de caña de azúcar. Para los convenios de cooperación, se

establece la coparticipación del sector agrícola cañero en todos los productos principales y subproductos derivados de los procesos industriales de la transformación de caña de azúcar. En los convenios de cooperación, el sector agrícola cañero es el propietario de la caña de azúcar entregada al sector agroindustrial cañero y del porcentaje que le corresponde de los productos principales y subproductos resultantes de la transformación realizada.

En el gráfico 18, se muestra la cantidad de azúcar entregada por los ingenios que realizan su aprovisionamiento vía convenios de cooperación (CIASA, POPLAR CAPITAL e IABSA) al sector agrícola cañero (productores), en cumplimiento de la Ley 307 y disposiciones reglamentarias:

GRÁFICO 18:
Entrega de azúcar al sector agrícola cañero (qq)



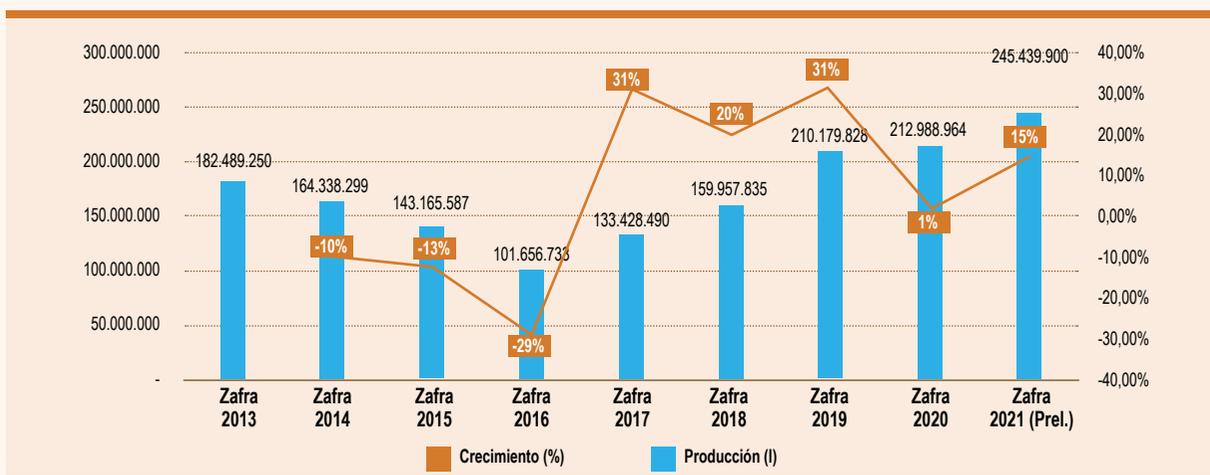
Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

Durante las zafras 2017 y 2018, se observa un incremento importante en la cantidad de azúcar recibida por las instituciones cañeras por la coparticipación, esto se explica porque los tres ingenios que trabajan con convenios de cooperación incrementaron el volumen de caña molida y produjeron más azúcar. Sin embargo, desde la zafra 2019 se observa una reducción de estas cantidades, que refleja la caída de los volúmenes de producción en los ingenios que trabajan bajo esta modalidad.

3.2.11 Producción de alcohol

La producción de alcohol ha disminuido de manera progresiva entre la zafra 2014 a 2016, debido a la menor disponibilidad de caña y a un mix de producción que favoreció la producción de azúcar. El mix favorable al azúcar continuó durante las zafras 2017 y 2018 y la producción aumentó por la mayor disponibilidad de caña. La zafra 2019 muestra un importante incremento de la producción de caña debido a la demanda nacional de alcohol anhidro que ha aumentado la demanda nacional de este producto.

GRÁFICO 19:
Producción de alcohol 2013-2021
(expresado en litros)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros.

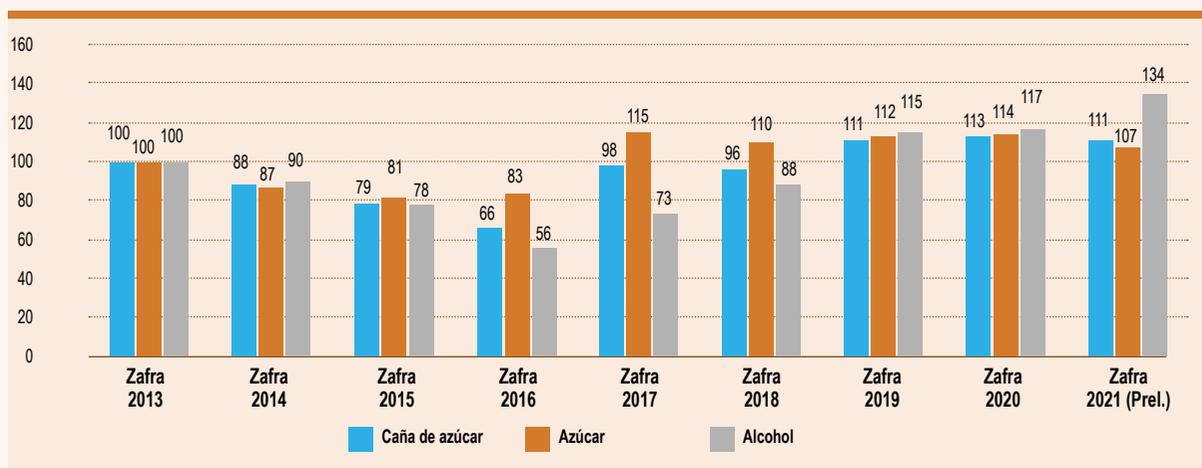
El año 2018, marca el inicio de la producción de alcohol (etanol) anhidro como aditivo vegetal con la producción en tres ingenios de 26,2 millones de litros para su venta a YPF para su adición a combustibles fósiles. El año 2019, se tuvo una producción de anhidro de 97,37 millones de litros, en la zafra 2020 la producción bajó a 85,36 millones de litros, debido a la pandemia del COVID-19 que obligó a tomar

medidas que restringieron la circulación de vehículos de transporte terrestre.

3.2.12 Índice de producción de caña, azúcar y alcohol

El índice de producción refleja el nivel de actividad productiva en relación a un año base, en este caso la zafra 2013.

GRÁFICO 20:
Índice de producción de caña, azúcar y alcohol
Año base 2013=100



Fuente: VPIMGE en base a Reportes de Ingenios azucareros

Este análisis nos muestra que durante las zafras 2016 a 2018 el mix priorizó la producción de azúcar en detrimento de los niveles de producción de alcohol, dada la caída de producción de caña de las zafras 2015 y 2016, luego de la recuperación e incremento de la producción de caña, se empezó a producir más alcohol con los excedentes de caña, tendencia que se ratifica en la zafra 2021 cuando el mix de producción favoreció la producción de alcohol, que alcanzó el mayor valor registrado.

3.3 Comercialización

3.3.1 Ventas de azúcar al mercado interno

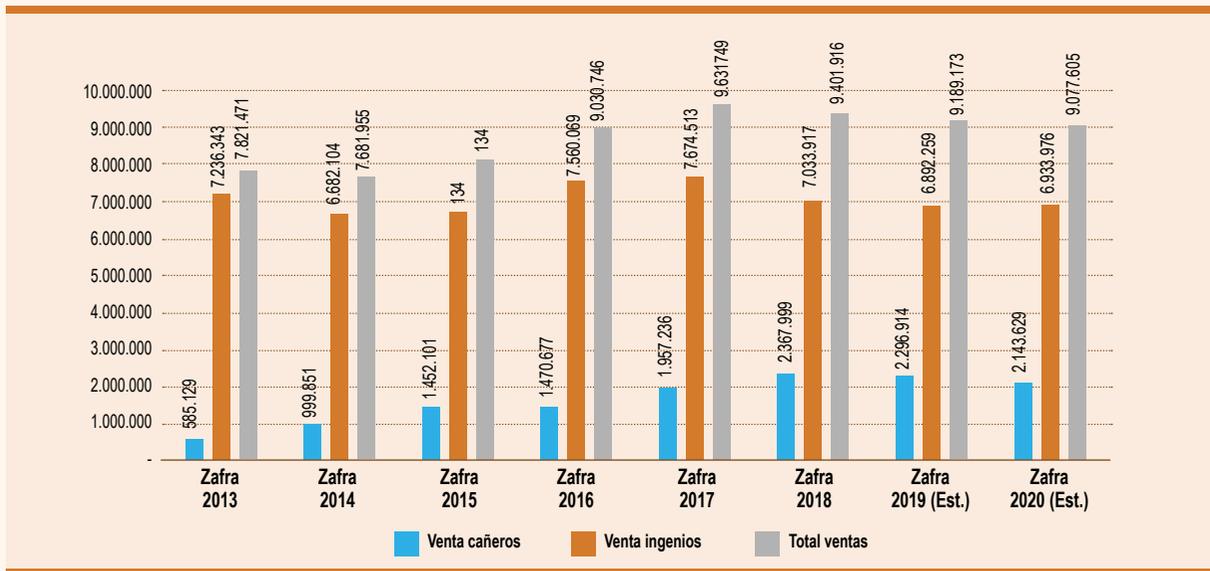
Las ventas de azúcar suman las ventas de los ingenios y las ventas de las instituciones cañeras que reciben azúcar por coparticipación. Las ventas de azúcar de las instituciones cañeras se incrementaron en proporción

al incremento de la coparticipación, que se debe a una mayor cantidad de caña de azúcar entregada.

Respecto a la comercialización al mercado interno, se observa que durante los dos últimos años, las instituciones cañeras vienen incumpliendo el envío de reportes, aspecto que impide consolidar información final, y permite generar únicamente datos estimados.

Las ventas de azúcar correspondiente a los ingenios mantuvieron un nivel de incremento de la zafra 2014 al 2017, posteriormente se observa un decremento desde la zafra 2018, en la medida que las ventas de azúcar de las instituciones cañeras se incrementaron, debido a una mayor cantidad de caña de azúcar entregada por coparticipación, por ello, la participación de las ventas de las instituciones cañeras se habría incrementado del 7% al 24% en el periodo analizado. (Ver gráfico 21)

GRÁFICO 21:
Ventas de azúcar al mercado interno



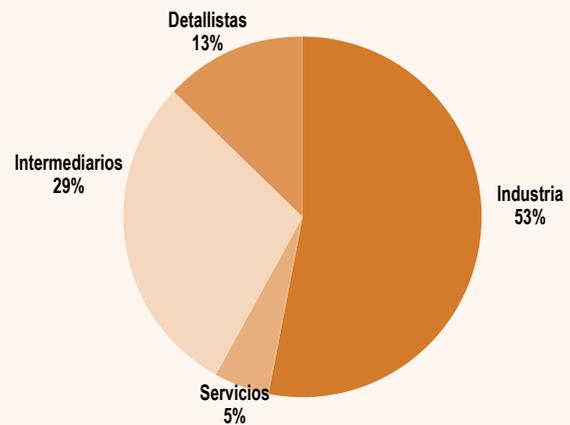
Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

Los cambios de hábitos alimenticios y de uso de productos sustitutos del azúcar por edulcorantes, tanto en consumidores finales como en la industria procesadora de bebidas y otros alimentos, influye en la disminución de la demanda por azúcar.

3.3.2 Análisis de ventas de azúcar por tipo de cliente

El análisis realizado a las ventas de la industria azucarera al mercado interno se basó en los reportes quincenales de la industria y se clasificó en cuatro grupos: los detallistas, que son aquellos que compraron de la industria azucarera cantidades menores a 100 qq; los intermediarios, que son grupos que compran cantidades mayores a 100 qq; la industria de bebidas, alimentos y otras dedicadas a la fabricación de productos con valor agregado; y los servicios. En el gráfico No. 22, se observa el nivel de participación de los principales compradores del mercado interno por grupo y la distribución de la producción azucarera nacional.

GRÁFICO 22:
Ventas de la industria al mercado interno.
Zafra 2020
(expresado en %)



Fuente: Estimación VPIMGE.

El comportamiento de ventas al mercado interno de la industria azucarera en la zafra 2020, muestra una reducción de ventas del 1,2% respecto de la zafra 2019.

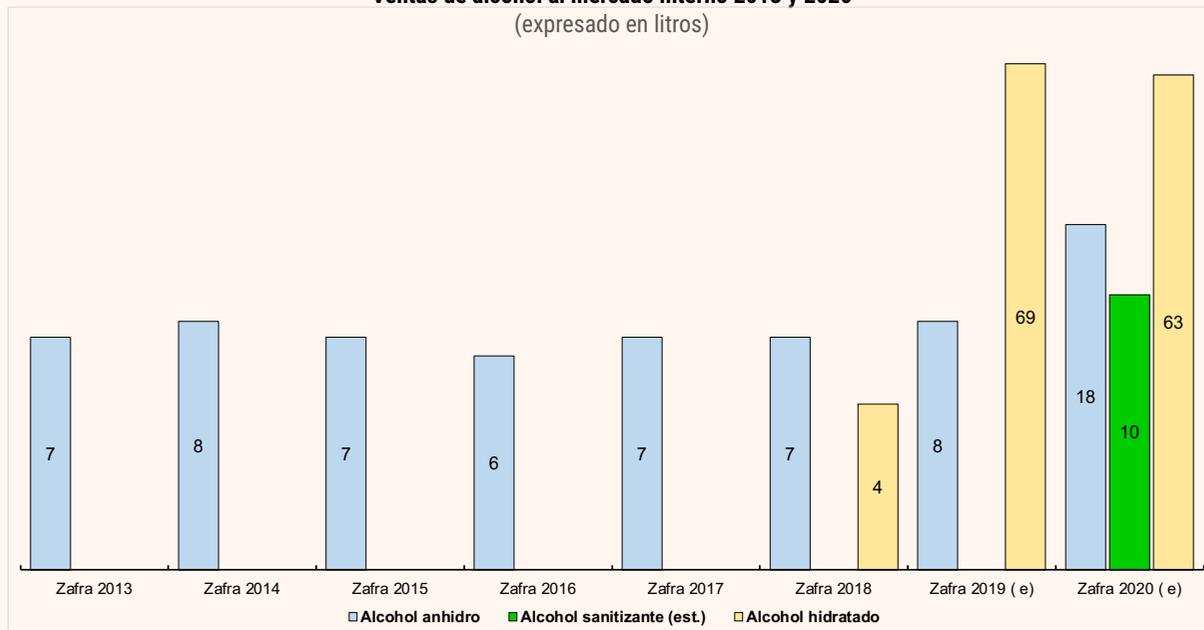
Los principales sectores manufactureros que adquieren azúcar como insumo industrial son: bebidas (alcohólicas y analcohólicas), lácteos, panadería y chocolatería.

3.3.3 Ventas de alcohol al mercado interno

Las ventas de alcohol al mercado interno han subido

de un volumen de 7 millones de litros registrado el 2013 a 76,9 millones en la zafra 2019, debido a la demanda del mercado nacional para el alcohol anhidro. Asimismo, en la zafra 2020 por efecto de la pandemia, se empieza la producción y venta de alcohol sanitizante, lo que eleva la venta de alcohol a 91,8 millones de litros.

GRÁFICO 23:
Ventas de alcohol al mercado interno 2013 y 2020
(expresado en litros)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

La demanda de alcohol anhidro y sanitizante impulsarán el crecimiento de la producción nacional en el mediano y largo plazo, en la medida que se incremente la demanda de alcohol anhidro para uso como aditivo vegetal en combustibles.

3.3.4 Consumo nacional de azúcar

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda 50 gramos de consumo diario de azúcar, considerando un consumo promedio para una persona adulta entre 1.800 a 2.000 calorías/día. El consumo de 50 gramos se refiere a los azúcares libres, es decir, aquel que no considera azúcares naturales que se encuentran en las frutas y verduras frescas,

lo que significa que el consumo per cápita anual recomendado sería de 18,25 kg/año¹⁴. El consumo per cápita mundial es de 24,3 kg/hab¹⁵.

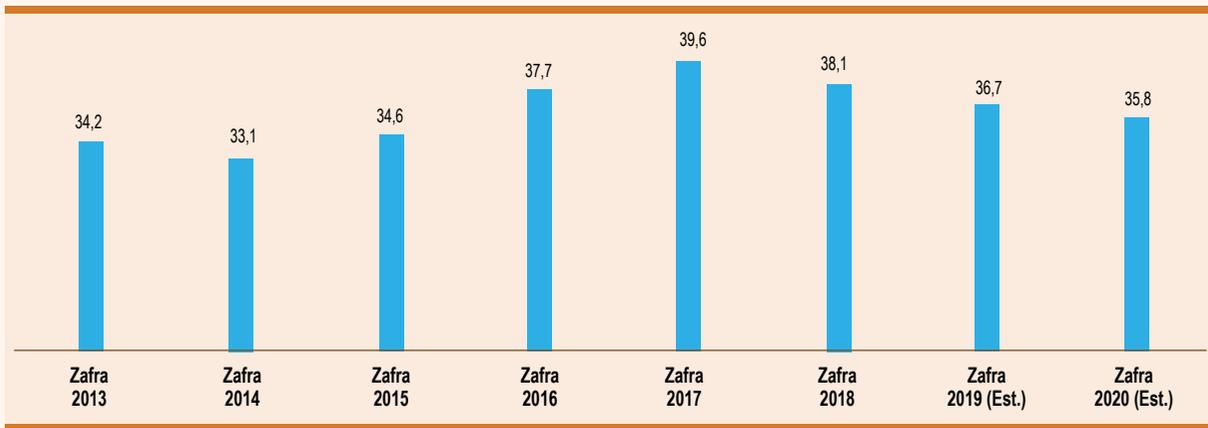
Con información poblacional proyectada por el INE y el consumo interno que considera las ventas de los ingenios a la población más la coparticipación del sector cañero, el consumo per cápita en Bolivia se muestra en el siguiente gráfico, donde se observa que éste ha caído en los últimos tres años, situándose para el 2020 en 35,8 kg/hab.

Esta baja esta atribuida al incremento del uso de endulzantes sustitutos que vienen siendo empleados en la elaboración de bebidas y otros productos alimenticios.

14 Nota Informativa sobre la ingesta de azúcares recomendada en la directriz de la OMS para adultos. Organización Mundial de la Salud. 2015.

15 OECD-FAO. Agricultural Outlook 2020-2029.

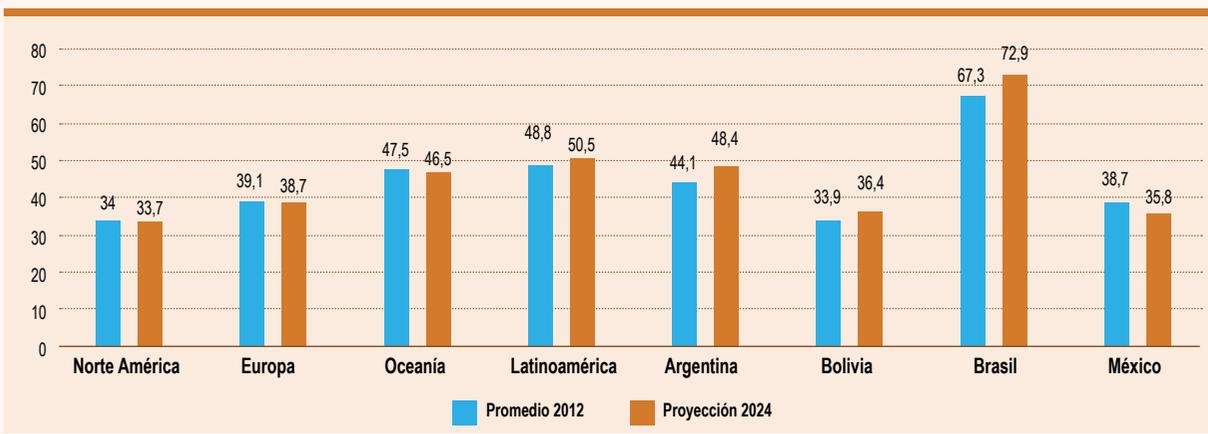
GRÁFICO 24:
Consumo per cápita anual de azúcar en Bolivia
(kg/hab)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a reportes de Industria y Población Proyectado del INE

El consumo per cápita nacional se encuentra por sobre el promedio mundial, pero por debajo del promedio de países de Latinoamérica, que presentan tasas elevadas.

GRÁFICO 25:
Consumo mundial per cápita de azúcar
(en kg/hab)



Fuente: OECD-FAO. Proyección Bolivia elaborada en el VPIMGE

Aunque países de Norteamérica y Europa presentan menores consumos per cápita de azúcar, es cierto que cuando otros edulcorantes son añadidos, sube a alrededor de 50 y 40kg/hab respectivamente¹⁶.

El alto consumo per cápita mundial de azúcar ocasiona problemas de salud, ya que su consumo excesivo estaría relacionado con la obesidad, caries, diabetes, por ello, la OECD proyecta en ciertos países, en especial aquellos de altos ingresos, tendrán tasas

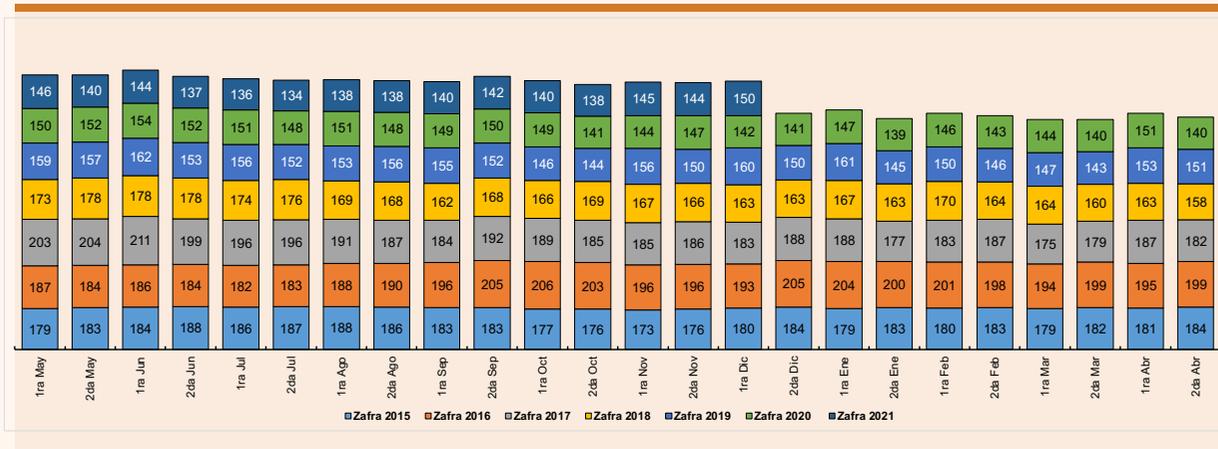
negativas en el consumo de azúcar, relacionadas a las políticas públicas que promueven su menor consumo.

3.3.5 Precio promedio de azúcar en Bolivia

A continuación, se presenta un análisis sobre la evolución de los precios del azúcar de la industria azucarera en el mercado nacional como en el mercado internacional.

¹⁶ Idem. Principalmente consumo de jarabe de maíz de alta fructosa.

GRÁFICO 26:
Precio productor promedio de azúcar en el mercado interno
 (Bs/qq)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros.

Bolivia de manera general sigue las tendencias de precio del azúcar del mercado internacional.

GRÁFICO 27:
Evolución del precio productor mensual de azúcar en el mercado interno en Bolivia
 (Bs/qq)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

El precio promedio mensual del quintal de azúcar¹⁷ vendido por la industria azucarera, ha oscilado entre los Bs.180 y Bs.200 entre el año 2014 e inicios del 2018, para posteriormente ir disminuyendo durante el resto de la zafra del 2018 hasta alcanzar el más bajo en el mes de abril de 2021 de Bs. 142,00. Esto

se debe a un excedente de producción por sobre la demanda, sumado a altos inventarios iniciales, que provocaron la existencia de una alta oferta de azúcar en el mercado nacional, que no pudo exportarse debido a los bajos precios del azúcar en el mercado internacional.

17 El precio promedio mensual, es el precio de venta de los ingenios productores y no el precio que paga el consumidor final en el mercado.

El precio promedio mensual del quintal de azúcar comercializado por la industria azucarera, entre el año 2014 y mediados del 2018, fue entre Bs 180 y Bs 190. Mientras que para el segundo semestre de 2018 fue disminuyendo hasta alcanzar el más bajo en el mes de julio de 2021 de Bs 135,7. Esta caída concordante con la tendencia del precio internacional, se debe a un excedente de producción por sobre la demanda, sumado a altos inventarios iniciales, que provocaron la existencia de una alta oferta de azúcar en el mercado nacional, que no pudo exportarse debido a los bajos precios del azúcar en el mercado internacional y a problemas logísticos derivados de la pandemia.

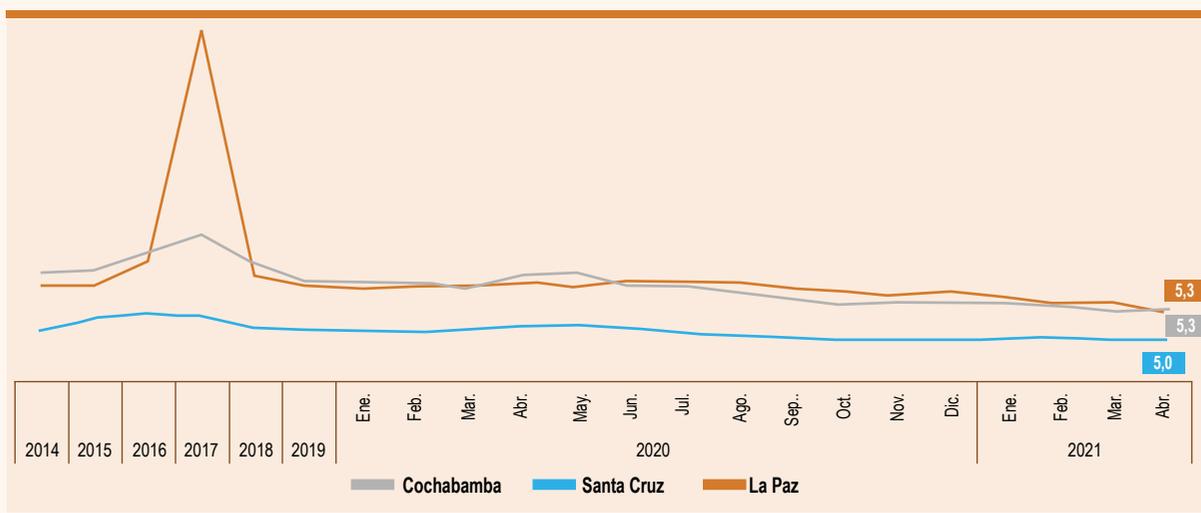
Sin embargo, desde agosto del 2021, el precio internacional y nacional de azúcar fue recuperando y

se espera mantenga esa tendencia hasta el inicio de la próxima zafra 2022.

Por lo general, el precio de venta del azúcar comercializado por la industria azucarera en el mercado local está por encima de los valores internacionales señalados en las bolsas de commodities, que se muestran en el gráfico No. 30, indicadores que sirven de referencia sobre las tendencias de precios, tomando en cuenta que el país es un tomador y no un fijador de precios de azúcar.

Los precios al consumidor en los mercados del país no presentaron mayores variaciones desde el 2011. Se mantiene con relativas variaciones en Bs 5 por kilo en Santa Cruz y en Bs 5,50 en La Paz. A abril del 2021 en el eje troncal del país, se mantiene en promedio Bs 5,20 por kilo.

GRÁFICO 28:
Precio mensual promedio del Azúcar al consumidor
(Bs/kilo)



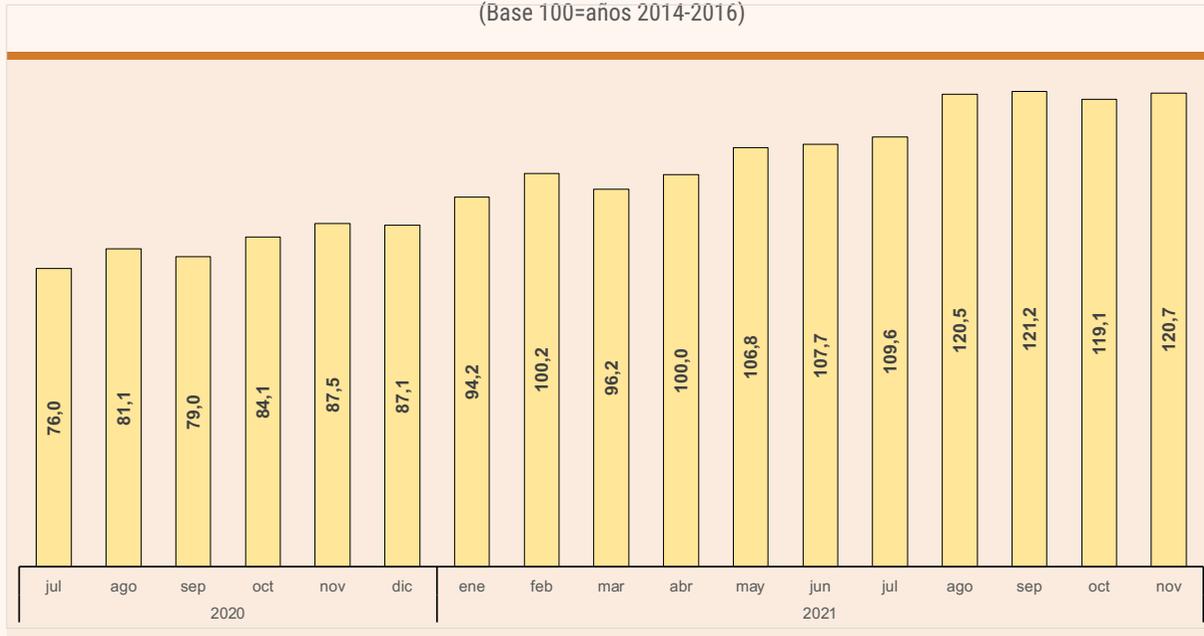
Fuente.- DAPRO

3.3.6 Precios de azúcar en mercados internacionales

La FAO elabora un índice de precios de alimentos, que en el caso del azúcar toma los precios del Convenio Internacional del Azúcar con 2014-2016

como base. En el gráfico No. 29, se observa que éste índice muestra que el precio recuperó en periodos previos; en febrero de 2021 vuelve al valor que tuvo en el periodo base, posteriormente, la tendencia es de subida hasta agosto y el índice se estabiliza alrededor de 120 en noviembre de 2021.

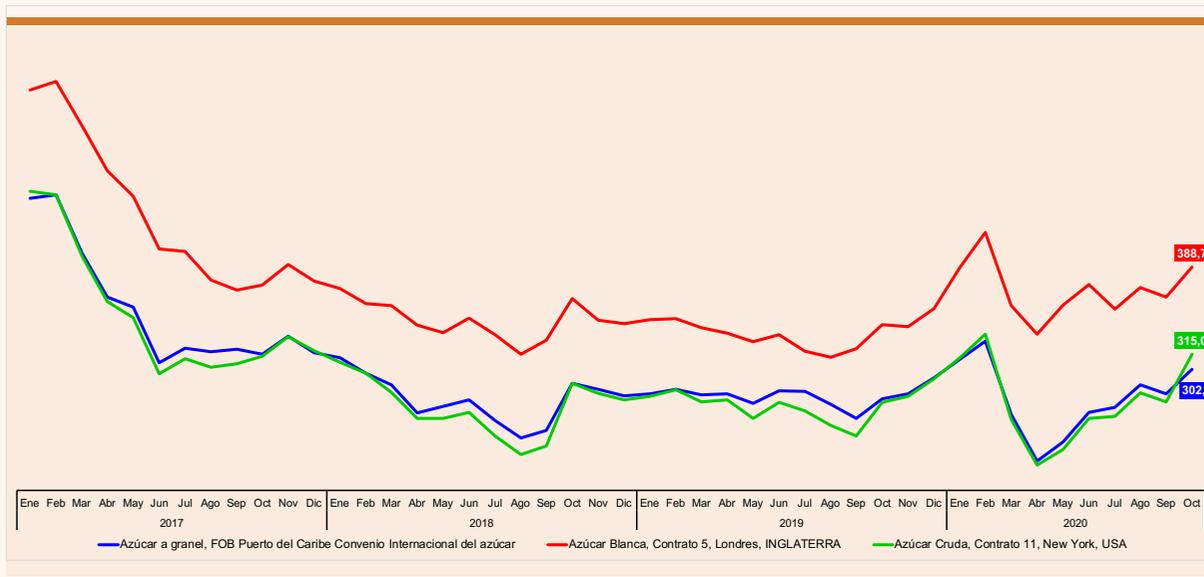
GRÁFICO 29:
Índice del precio del Azúcar 2020-2021
(Base 100=años 2014-2016)



Fuente.- FAO

El precio señalado en dos bolsas de commodities y un precio calculado de acuerdo a lo señalado en el Convenio Internacional del Azúcar.

GRÁFICO 30:
Precio internacional mensual promedio del azúcar
(\$/tonelada)



Fuente: Sugaronline - ODEPA

El precio más alto registrado en Londres en el periodo 2013 a 2021 ocurrió en octubre 2016 (594.99 \$us/t) y el precio más bajo en agosto de 2019 (312.5 \$us/t). A partir de mayo 2020 se observa una paulatina recuperación, que a diciembre 2021 alcanza los \$us/t 500.

Similar comportamiento se observa en las otras dos fuentes de información del precio internacional del azúcar, tal como se observa en el gráfico.

La caída de precios, se debió a la buena producción de azúcar en los principales países productores (Brasil, India, China, Tailandia) y que también se mantienen altos inventarios que en suma señalan una alta oferta respecto de la demanda mundial. El 2018 se produjo a nivel mundial 194 millones de toneladas de azúcar mientras el consumo estuvo en 173 millones de toneladas, lo cual deprimió los precios. Sin embargo, para la zafra 2021 esta situación se revierte por caídas estimadas de producción en Brasil y una reducción en

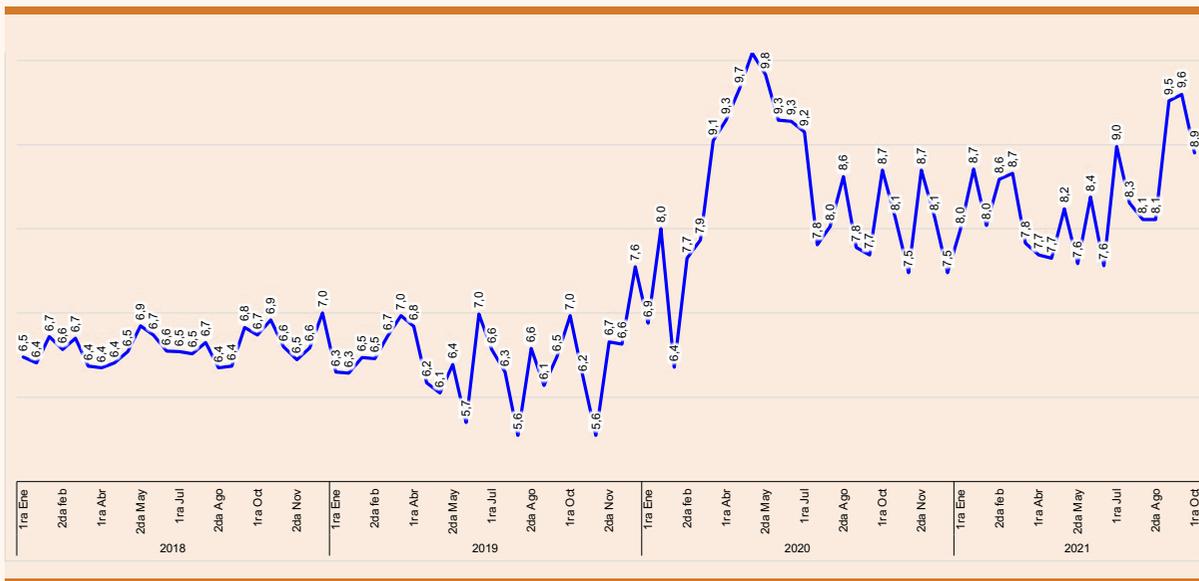
los stocks. A diciembre del 2021 el precio del azúcar en el Puerto del Caribe y el mercado de New York se establece a 414-423 \$us/Tn, a diferencia del precio en la bolsa de Londres de 500 \$us/Tn.

3.3.7 Precio promedio de alcohol

El precio del alcohol en Bolivia ha mantenido una tendencia creciente desde abril 2020, cuando inició la producción sanitizante, a consecuencia de la demanda de la población para protegerse del COVID-19. Hasta antes de ese mes, no superaba los Bs 7 por litro y luego de ese mes, alcanzó un pico de Bs 10,09 por litro y luego se estabilizó alrededor de los Bs 8,50 por litro.

El incremento también sigue la tendencia de precios internacionales del etanol, que se observa en el acápite siguiente, puesto que el país también es un tomador de precios, como sucede con el azúcar.

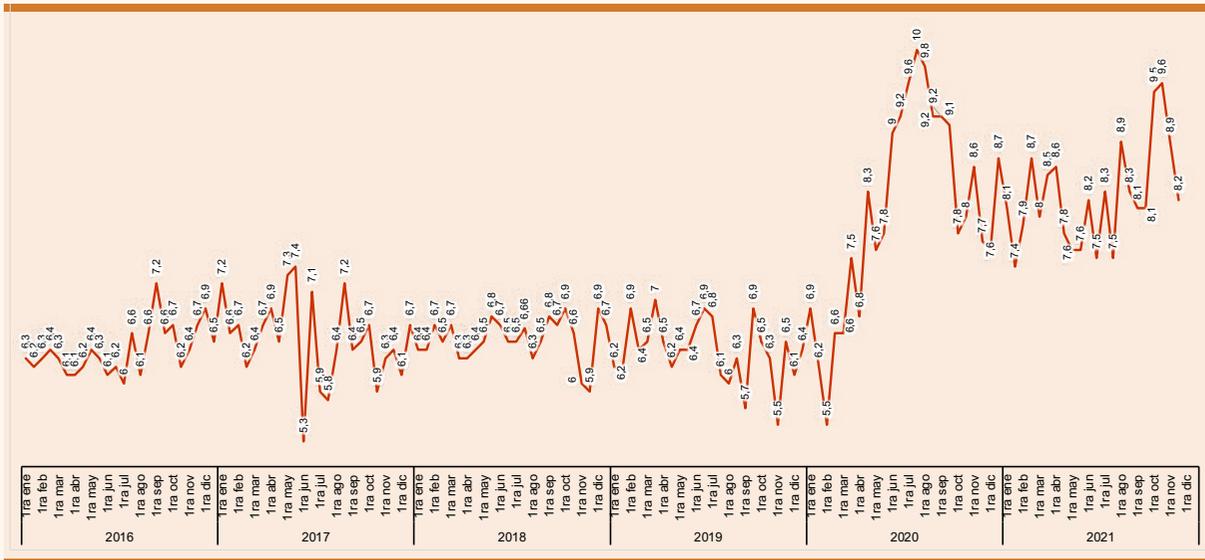
GRÁFICO 31:
Evolución del precio promedio mensual del alcohol 2018-2021 en el mercado interno de Bolivia (Bs/litro)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

El precio del alcohol no marca una fluctuación estacional, a excepción del periodo señalado de la cuarentena rígida el año 2020 que incrementó la demanda y el costo de manera inusual en el mercado nacional por un semestre.

GRÁFICO 32:
Precio promedio mensual del alcohol
(Bs/litro)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros

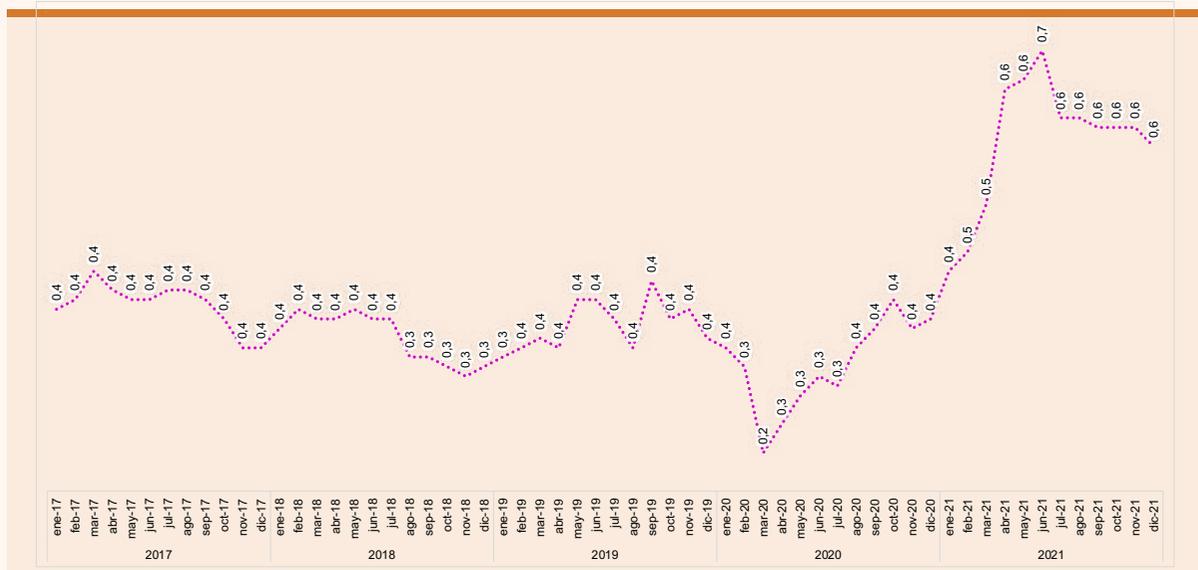
Los precios presentados del alcohol, representan el promedio de los diferentes tipos de alcohol comercializados en el país: Alcohol hidratado, alcohol anhidro y alcohol sanitizante.

3.3.8 Precio internacional de alcohol

El precio internacional del alcohol en el mercado de futuros de Chicago muestra un comportamiento

estable de agosto 2015 a febrero 2020, posteriormente la aparición del COVID-19 provocó la declaración de cuarentenas rígidas, restringiendo el transporte, lo que provocó una caída temporal, y a partir de enero del 2021 se observa un incremento constante alcanzando en agosto 2021 un precio de \$us.2,22 por galón.

GRÁFICO 33:
Precio internacional del alcohol
(\$/us/litro)



Fuente: Investing.com acceso de jun-2021

El precio del alcohol en el mercado internacional mantiene una relación proporcional al de los combustibles y el petróleo.

3.3.9 Exportaciones e importaciones de azúcar

Las exportaciones de azúcar en el periodo 2013-2020, muestran que el año 2013, debido a los altos precios internacionales del producto, se exportó una gran cantidad de azúcar que tuvo como efecto el incremento del precio en el mercado nacional y su parcial desabastecimiento, posteriormente las exportaciones cayeron los siguientes años 2014 al 2017, que también fueron afectadas por una baja en la

producción de azúcar que fue destinada mayormente al mercado interno. Desde el 2018 se fue recuperando las exportaciones debido a una mayor producción de azúcar que generaron importantes excedentes exportables. Así, en las zafras 2019 y 2020 se superaron los 3 millones de quintales exportados, equivalentes a 138.188 y 138.760 toneladas, respectivamente. En la zafra 2020, las exportaciones de azúcar representaron el 30% de las ventas de los ingenios sucroalcoholeros.

Cabe recordar que las estadísticas mostradas se refieren a los periodos zafreiros de mayo a abril del siguiente año.

GRÁFICO 34:
Exportaciones e importaciones de azúcar (qq)



Fuente: Elaboración MDPyEP en base a Reporte de Ingenios azucareros, INE

Las importaciones se incrementan cuando existe algún desfase en el inicio de la zafra que ocasiona un déficit temporal en la oferta de azúcar, tal como sucedió en mayo y junio de 2017. Las importaciones formales no representan más del 5% de las exportaciones en las últimas dos zafras 2019 y 2020. Las cantidades importadas provienen casi íntegramente de Brasil.

Los principales mercados de exportación de azúcar son: Colombia, Perú y Estados Unidos, aunque también se exporta a Ecuador, Venezuela y Chile. Los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) otorgan a Bolivia preferencias arancelarias, por ello el 85% del volumen de azúcar

exportado se destinó a estos países el año 2020. Estados Unidos también asigna cuotas a los países para exportar azúcar a ese mercado con aranceles preferenciales, en el caso del Bolivia las exportaciones a ese país representan el 14% del volumen exportado el año 2020.

3.3.10 Exportaciones de alcohol

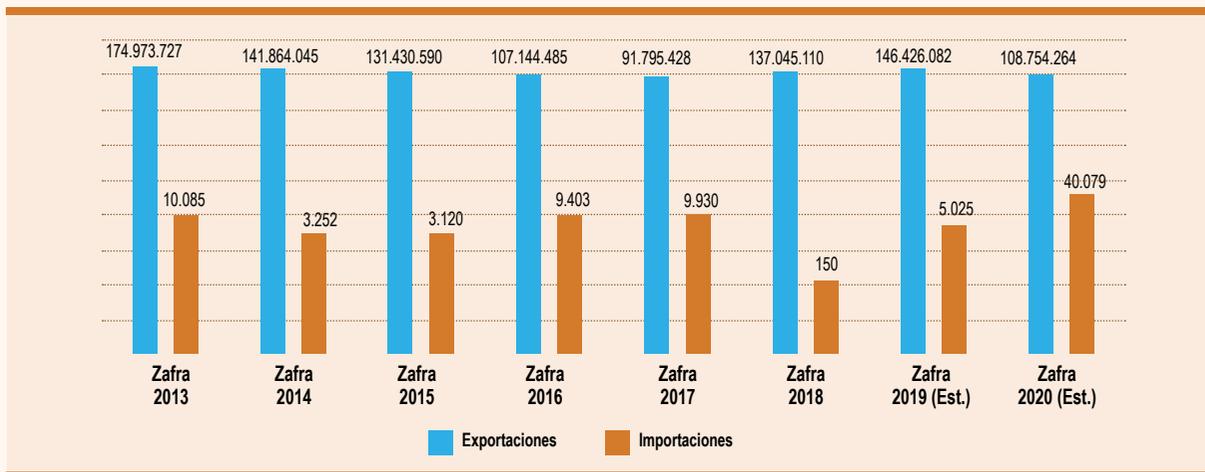
Las exportaciones de alcohol, entre el 2013 al 2017, venían reduciéndose paulatinamente debido a una menor disponibilidad de caña para la producción de este producto vía directa, sin embargo, en las zafras 2018 y 2019, una mayor disponibilidad de caña

incidió en la mayor producción de alcohol y en una recuperación de los niveles de exportación. En la zafra 2020 se observa una reducción de las cantidades exportadas, no obstante, una mayor producción de alcohol, esto se explicaría por la reducción de la demanda externa debido a la pandemia COVID-19

que restringió el transporte en una mayoría de países, que redujo el precio de exportación del alcohol.

Las importaciones presentan cantidades marginales que no suman ni el 0,1% del volumen exportado. Las cantidades importadas provienen básicamente de Brasil.

GRÁFICO 35:
Exportaciones de alcohol
(expresado en litros)



Fuente: Elaboración VPIMGE en base a Reporte de Ingenios azucareros e INE



4. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR



4 ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO DEL COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

4.1 Valor bruto de producción de la industria sucroalcoholera

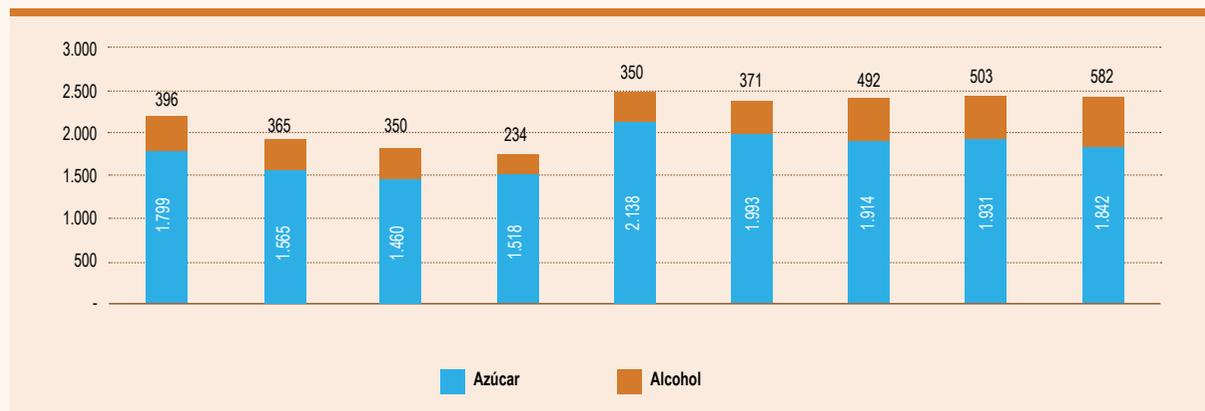
Los ingenios sucroalcoholeros, con excepción de EASBA, de acuerdo a información del Registro de Comercio, cuentan con activos por Bs 7.497,26 millones, pasivos por Bs 3.616,63 millones y patrimonio acumulado por Bs 3.880,63 millones equivalentes a \$us 557,56 millones para la gestión 2019 (con cierre a marzo 2020 o junio 2020).

Además, las utilidades reportadas en la gestión 2019 suman Bs 49,6 millones equivalentes a \$us 7,1 millones, que representa el 1,28% de su patrimonio declarado.

En relación al Valor Bruto de Producción (VBP), que representa la suma de los valores de los bienes producidos, el siguiente cuadro muestra su comportamiento, donde se observa un decremento desde el año 2013 al 2016, para luego ascender desde el 2017 al 2020, esta situación refleja el volumen de producción de azúcar y alcohol mostrado en el acápite 3.2 Transformación e industrialización de la caña de azúcar.

El mayor incremento del VBP corresponde al alcohol, que en los últimos dos años presenta valores superiores a los Bs 500 millones por una mayor producción y mayores precios, mientras que el azúcar muestra decrementos debido a la caída de los precios, así como menores volúmenes de producción.

GRÁFICO 36:
Valor Bruto de Producción a precios básicos
(En millones de Bs)



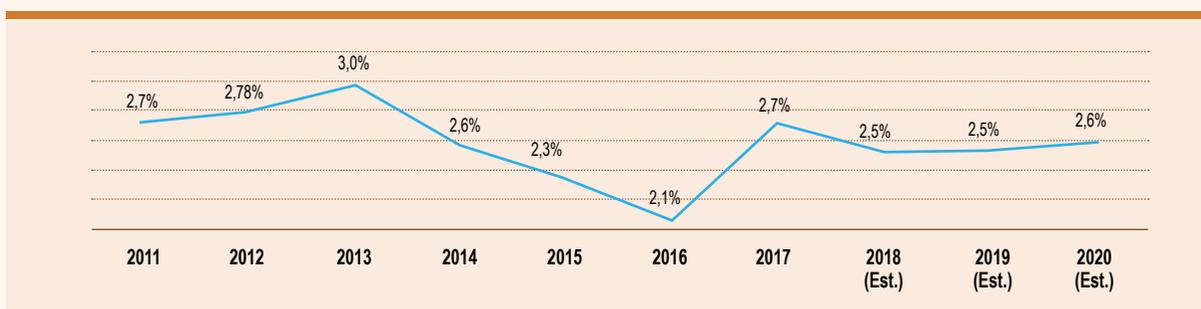
Fuente.- Elaboración VPIMGE, con información de precios básicos del INE

De manera general, el VBP del complejo productivo de la caña de azúcar registró una reducción entre 2014 y 2016, mientras que en 2017 alcanzó el mayor VBP de 2.488 millones de bolivianos, equivalentes a aproximadamente \$us 357 millones. En la zafra 2021, el VBP alcanzó a Bs.2.424 millones.

4.2 Contribución al PIB industrial

Las empresas del Complejo Productivo de Caña de Azúcar mejoraron su participación en la actividad industrial nacional. De un valor de 2,1% en la zafra 2015, subió a 2,6% en la zafra 2020. (Ver gráfico 37)

GRÁFICO 37
Participación VBP Complejo Productivo azúcar / VBP Industria manufacturera
(en porcentaje %)



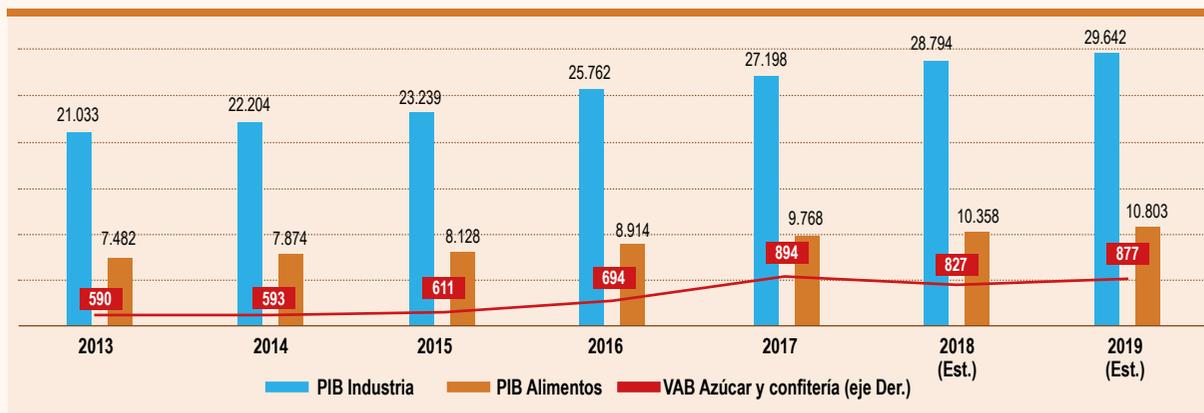
Elaboración VPIMGE, en base información del INE

La participación del VBP de azúcar en el VBP de la industria manufacturera oscila entre el 2% y el 3% durante el periodo considerado.

En el gráfico No. 38 se muestra la relación que existe entre el PIB de la industria manufacturera, del sector alimentos y del sector azucarero y confitería entre el 2013 y 2019. Se observa que la industria en general

creció en este periodo en tasas del 5% y 6%, mientras el 2016 subió un 11%. En el mismo periodo, el sector de productos alimenticios creció a tasas de 3% y 5%, en tanto que el 2016 y el 2017 subió un 10%; el rubro del azúcar y confitería creció a tasas de 1% y 3%, y entre 2016 y 2017 creció a tasas del 14% y 29%, que es explicada por una mayor producción de caña e incremento en la producción de azúcar.

GRÁFICO 38:
Evolución del PIB industrial, PIB de alimentos y VAB Azúcar y confitería a precios corrientes
(Expresado en millones de Bs)



Fuente: Elaboración DAPRO en base a los datos del INE

4.3 Unidades Económicas

Con información proporcionada por los Resultados de la Encuesta Anual de Unidades Productivas, del Viceministerio de Producción a Mediana y Gran Escala, se observa en la siguiente tabla que muestra la clasificación de las unidades productivas por tamaño. La industria azucarera figura en la clase 1072, donde se observa que existen 11

empresas activas a la gestión 2019, dos de ellas no presentan actividad desde hace varios años: la Planta Industrial Don Guillermo Ltda. e Industrias La Bélgica S.A. que ahora funciona como POPLAR CAPITAL S.A.; otras dos empresas registradas que aún no inician operaciones industriales (CICASA e ISA) y una empresa distribuidora y envasadora de azúcar AZUCRISTAL. Adicionalmente, se encuentra la empresa pública EASBA.

TABLA N° 8:

Número de unidades productivas en actividades de producción y transformación por tamaño, según clase de actividad 2014

	Descripción	Total	Micro	Pequeña	Mediana	Grande
c	Industria Manufacturera	5.984	4.396	837	556	195
10	Elaboración de productos alimenticios	755	460	125	115	55
	Explotación de mataderos, producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos	68	33	18	13	4
1020-1030	Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado	35	20	7	7	1
	Elaboración y conservación de frutas, hortalizas y tubérculos					
1040	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	14	3	2	3	6
1050	Elaboración de productos de lácteos	54	27	10	11	6
1061-1062	Beneficiado y elaboración de productos de molienda	123	92	12	14	5
	Elaboración de almidones y productos de elaboración de almidón					
1071	Elaboración de productos de panadería	149	105	24	12	8
1072	Elaboración de azúcar	8	3	0	0	5
1073	Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	18	7	4	6	1
1074	Elaboración de pastas, macarrones y fideos	31	20	1	5	5
1075	Elaboración de platos preparados, comidas sometidas a procesos de conservación, enlatado o congelado	4	3	1	0	0
1079	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p.	215	124	40	40	11
1080	Elaboración de alimentos preparados para animales	36	23	4	4	3

Fuente: Elaboración DAPRO en base a los datos del INE

Resulta evidente que los ingenios azucareros deben modificar los datos de su registro para que se tenga una clasificación que refleje de mejor manera el tamaño de las unidades productivas de este complejo productivo y una empresa debe clasificarse dentro esta clase (1072) ya que se encuentra inscrita en otra (POPLAR CAPITAL S.A.).

4.4 Empleo

Se estimó para el año 2009¹⁸ que las unidades productivas agrícolas, contratan mano de obra para las labores de cosecha de forma estacional (mayo a octubre) en un número aproximado de 12.000 personas de manera directa, un número que ha disminuido respecto de años atrás en la medida que la cosecha se va mecanizando. Por ello, en la fase primaria del complejo productivo, se estima que se generan cerca de 20.000 fuentes de trabajo, entre remuneradas y no remuneradas, incluyendo a 8.000 productores.

En la fase de transformación, el MDPyEP estima que

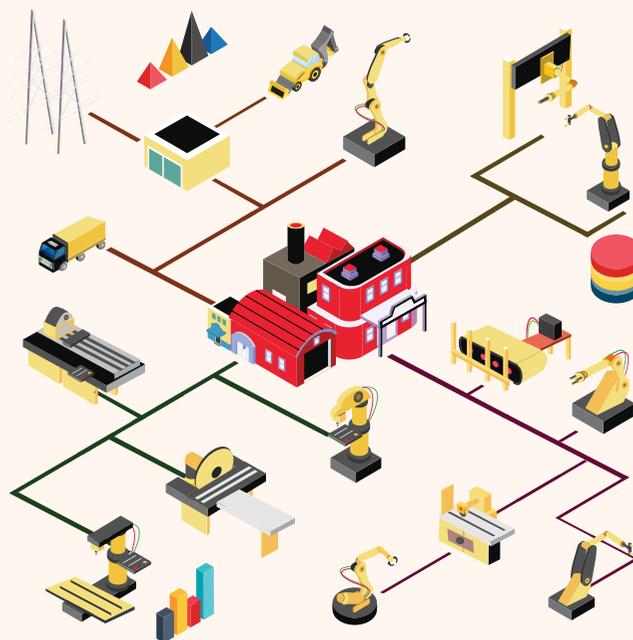
se han generado 6.000 empleos directos en los ocho ingenios del país.

Los empleos indirectos se encuentran en los servicios prestados a los productores cañeros y a los ingenios agroindustriales, se menciona principalmente aquellos en el sector de logística, transporte y asistencia técnica, donde se estiman como 14.000 empleos indirectos.

Finalmente, en la fase de comercialización, los empleos indirectos creados para el comercio de productos y subproductos de la industrialización de la caña de azúcar, se estima en 18.000 personas dedicadas a este rubro.

Por ello, en todo el complejo productivo de la caña de azúcar se estima que existen 8.000 productores de caña, se generan 18.000 empleos directos y 32.000 empleos indirectos en la fase primaria, de transformación y comercialización, haciendo un total aproximado de 58.000 personas que trabajan en este complejo productivo.

El complejo productivo de la caña de azúcar genera más 58.000 empleos, dinamizando la economía de transformación y comercialización



18 Cadena Productiva del Azúcar. Autoridad de Fiscalización y Control Social de Empresas.2010

5. FINANCIAMIENTO





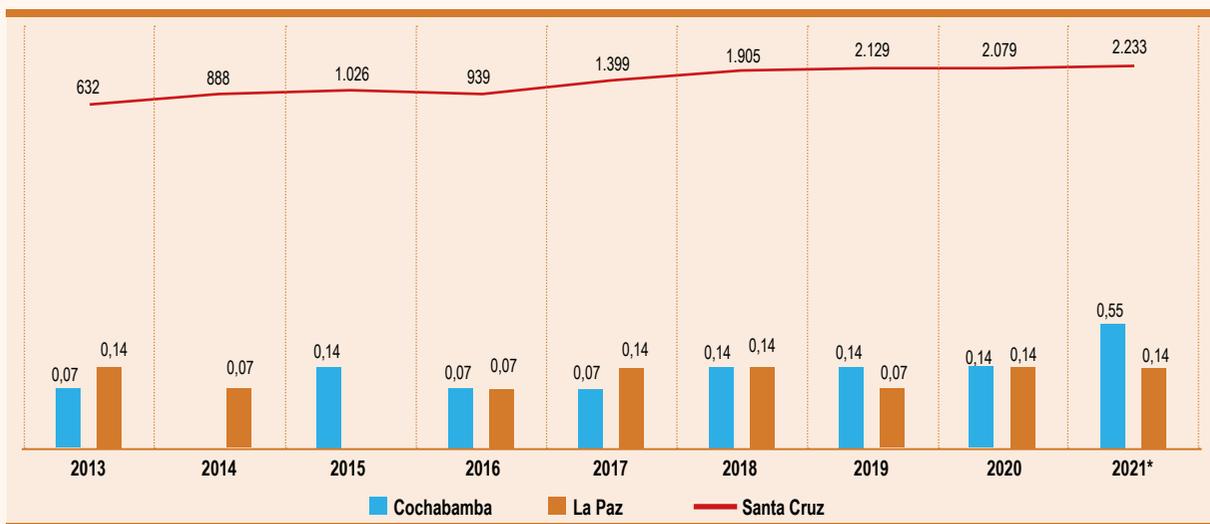
5. FINANCIAMIENTO

Históricamente los productores agropecuarios han accedido al financiamiento de sus campañas agrícolas desde lo comercial con proveedores, clientes o compradores más que en el sistema financiero. Esto es así debido a la naturaleza del sector y sus actores intervinientes. Inicialmente se debe tomar en cuenta que la actividad agrícola es riesgosa debido a muchos factores que el productor no controla como pueden ser las condiciones climáticas, el precio de los “commodities” y de los insumos y la volatilidad del tipo de cambio del dólar. Todos estos factores no controlables definen un riesgo sistemático el cual es una limitante para la

diversificación y tiene una estrecha relación con el crédito bancario o financiero.

Con respecto al sector azucarero el acceso a créditos bancarios y/o financieros es de corto plazo y dirigido principalmente a la fracción privada empresarial asentados en los departamentos de Santa Cruz y Tarija, la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI) ha emitido normativas que incentivan a los bancos a continuar expandiendo la cartera agropecuaria. Los productores cañeros necesitan en la actualidad financiamiento principalmente para labores agrícolas que van desde la siembra hasta la cosecha.

GRÁFICO 39:
Crédito para la elaboración de azúcar
(expresado en millones de Bs)

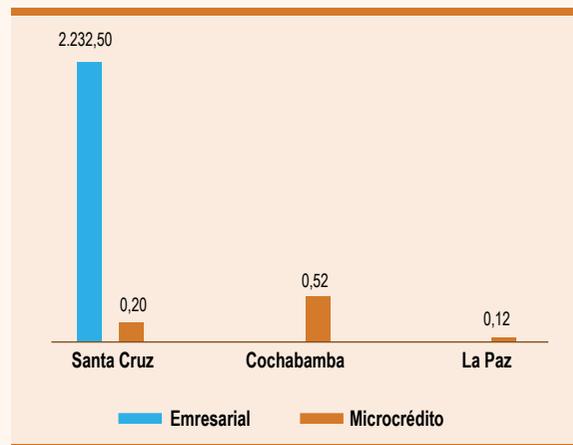


Fuente: ASFI, elaboración DAPRO-MDPYEP

El comportamiento financiero para la elaboración del azúcar y sus derivados tiene como mayor demandante de créditos al sector privado del departamento de Santa Cruz, donde están ubicados la mayoría de los ingenios azucareros. Se evidencia el incremento de los créditos para elaboración de azúcar que subieron un 49% el 2017 respecto del año anterior y un 36% el 2018 respecto del 2017. El crédito para el año 2020 bajo en un 2% debido al sobre stock de caña de azúcar y su transformación de sus derivados con relación al año 2019. Al año 2021, tuvo un crecimiento del 7% (aproximadamente Bs. 154 MM), el sector privado del departamento de Santa Cruz requirió créditos por más de Bs 2.233 millones, y los departamentos de Cochabamba y La Paz, obtuvieron un crédito de Bs 0.69 millones; para la elaboración de azúcar y sus sub productos.

Entre los años 2013 y 2020, el sector manufacturero para la elaboración de azúcar y sub productos derivados, registro 85 prestatarios a nivel nacional, de este total el 42% de colocación de créditos corresponde a productores del departamento de Santa Cruz, el 26% a La Paz, un 20% en Cochabamba, 6% en Tarija, el 4% en Potosí y finalmente sumando el 2% en Oruro y Beni, respectivamente.

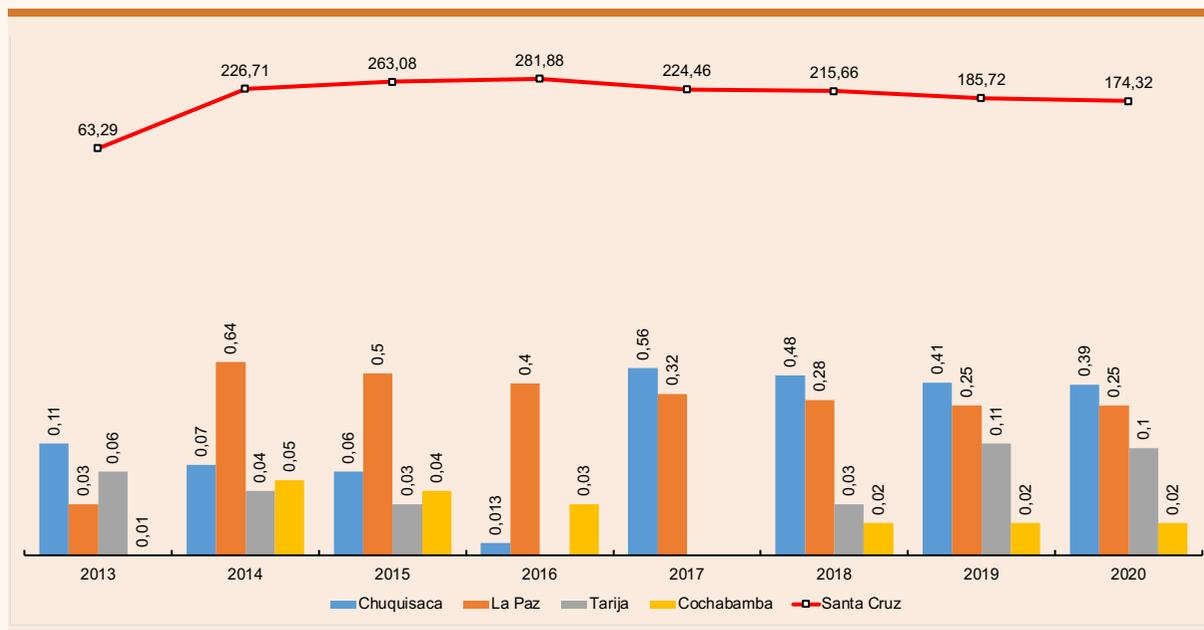
GRÁFICO N° 40:
Crédito para la elaboración de azúcar por tamaño de crédito
(expresado en millones de Bs)



Fuente: ASFI, elaboración DAPRO-MDPYEP

La colocación de créditos a noviembre de 2021, emitido por el sistema financiero para la elaboración de azúcar y sus sub productos derivados, fue destinado al sector Empresarial con más de Bs 2.232,5 millones correspondiente al departamento de Santa Cruz, mientras que los microcréditos por \$us 120.000 fueron destinados a productores del departamento de Cochabamba y La Paz. Estos datos reflejan que la industrialización del azúcar en el departamento de Santa Cruz atraviesa un proceso sostenido, una tendencia que proyecta tener superávit de la producción de azúcar y sus productos derivados.

GRÁFICO 41:
Crédito para la destilación de alcohol etílico
(expresado en millones de Bs)



Fuente: ASFI, elaboración DAPRO-MDPYEP

En 2016, se colocaron la mayor cantidad de créditos a las industrias del departamento de Santa Cruz por un valor de Bs 281,88 millones. A partir del año 2017 a 2021 el crédito que requería el sector empresarial decreció en un 8%, esto comportamiento se debe al sobre stock de almacenamiento de alcohol etílico.

El crédito financiero total otorgado al sector empresarial para la elaboración del alcohol etílico a noviembre de 2021 alcanzó los Bs 164,43 millones; de los cuales, el departamento de Santa Cruz es el que concentra el mayor crédito con 163,75 MM Bs, seguido de los departamentos de Chuquisaca, La Paz y Tarija; sumando \$us 690.000. Claramente el departamento de Santa Cruz es el líder en la elaboración de alcohol etílico.

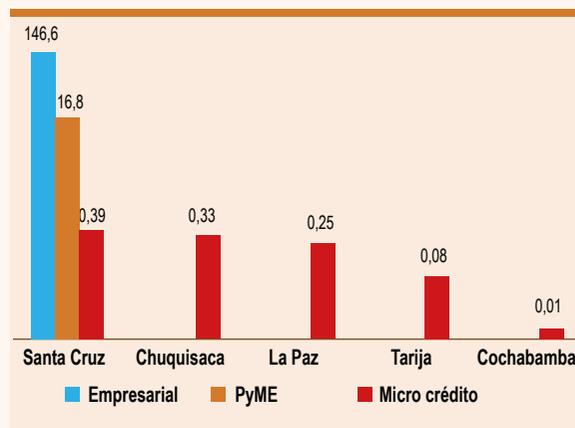
Respecto al número de prestatarios del sector manufacturero para la elaboración de alcohol etílico, entre los años 2013 y 2020, se registraron para la otorgación de créditos a 92 prestatarios a nivel nacional. De este total, el departamento de Santa Cruz registró a 37 prestatarios en este periodo.

En 2020, el 40% de los prestatarios del departamento de Santa Cruz requerían créditos para la elaboración de alcohol etílico y sus derivados, en Chuquisaca el 23%, en La Paz un 14%, en Cochabamba el 10% y en Tarija el 11%, y finalmente el 2% al departamento de Potosí.

GRÁFICO 42:

Crédito para la destilación de alcohol etílico por tamaño de crédito

(expresado en millones de Bs)



Fuente: ASFI, elaboración DAPRO-MDPYEP

A noviembre de 2021, se otorgaron créditos totalizados al sector empresarial del departamento de Santa Cruz por Bs 146,6 millones; a las PyMEs Bs 16,8 millones y microcréditos por \$us 60.000. En los departamentos de Chuquisaca, La Paz y Tarija los micro créditos suman los \$us 100.000. Los créditos destinados a la producción de alcohol etílico y sus sub productos por departamento, dan cuenta que se concentran en el sector empresarial privado del departamento de Santa Cruz.

El sistema financiero boliviano erogó más de Bs 2.298 millones, en créditos de inversión al sector azucarero demostrándose la solidez financiera





6.

PERSPECTIVAS DE
COMPLEJO PRODUCTIVO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR



6. PERSPECTIVAS DE COMPLEJO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

En las zafras de 2017 y 2018, se recuperan los niveles productivos obtenidos en 2013, con una molienda de alrededor de 7,2 millones de toneladas de caña. Posteriormente, durante las últimas zafras: 2019, 2020 y 2021, se observa un salto en la molienda de caña de azúcar con valores superiores a los 8,3 millones de toneladas de caña. Este incremento en los volúmenes de molienda, ha permitido aumentar la producción de azúcar y alcohol, garantizando la producción destinada al mercado interno y generando importantes saldos exportables.

Por otro lado, la apertura del mercado nacional para el alcohol anhidro, con una demanda estimada mayor a 100 millones de litros, también promueve el desarrollo del sector para la zafra 2022.

Este nuevo escenario ha suscitado la autorización de ampliación y creación de capacidades productivas de la caña de azúcar por un total de 20.500 toneladas diarias de procesamiento de caña, que se espera estén en operación hasta el 2022, esta autorización incrementa la capacidad de la industria azucarera en un 29%. Adicionalmente AGUAI y GUABIRA presentaron solicitudes para la ampliación de capacidades, esto demuestra un nuevo dinamismo del sector que realiza inversiones para incrementar su producción.

TABLA 9:
Balance de azúcar zafra 2021-2022

Balance proyectado de azúcar a abril 2022 (en qq)	
Saldo zafra 2021	1.847.411
Producción azúcar (mayo 21 – abril 22)	11.163.367
Total oferta	13.010.778
Ventas mercado interno (mayo 21 - abril 22)	9.202.998
Exportaciones (mayo 21 – noviembre 21)	2.476.995
Total demanda	11.679.995
Balance de azúcar (a abril 2022)	1.330.783

Elaboración.- VPIMGE

Entre el 2017 y el 2020, los precios internacionales del azúcar sufrieron caídas constantes debido a excedentes de oferta mundial sobre la demanda y aumento de inventarios, llegando a precios mínimos en abril 2020.

Para el periodo 2021-2022, de acuerdo al USDA¹⁹, se prevé un incremento de la producción mundial a 181 millones de toneladas de azúcar, un volumen superior a la demanda mundial de 174 millones de toneladas. Sin embargo, los flujos comerciales derivarán en una reducción de los inventarios mundiales (45 MM de toneladas) que está sustentando un incremento de los precios de este “commodity” y en consecuencia las perspectivas nacionales, una vez asegurado el mercado interno, tienen la posibilidad de incrementar las exportaciones de azúcar a buenos precios.

En el contexto nacional las perspectivas son optimistas, ya que las estimaciones de demanda nacional de alcohol anhidro provocarán un incremento de la superficie cultivada de caña de azúcar, convirtiendo la industria azucarera en una industria sucroalcoholera, ya que la participación de

la producción de alcohol (hidratado y anhidro) se irá incrementando en los venideros años en relación a la producción de azúcar.

A nivel mundial, la tendencia es similar, buscando reducir el uso de combustibles fósiles no renovables, muchos países están empezando a emplear el alcohol como aditivo vegetal en combustibles, incrementando la demanda por alcohol, producto que también puede provenir del maíz, del sorgo, entre otros.

En este escenario, el rol del Estado será continuar apoyando a los productores cañeros para que puedan incrementar los rendimientos culturales de la caña de azúcar, para no quedar rezagados respecto a otros países de la región (apoyo en investigación de variedades, en el uso de fertilizantes, monitoreo oportuno con imágenes satelitales meteorológicas, etc.), así como asegurar la producción de azúcar necesaria para abastecer el mercado nacional y apoyar en la consolidación de mercados de exportación para que los ingenios sucroalcoholeros puedan comercializar sus saldos exportables de azúcar y alcohol de forma sostenida.



19 USDA. Sugar: World Markets and Trade. Mayo 2021.

7. BIBLIOGRAFÍA

Autoridad de Fiscalización y Control Social de Empresas (2010). Cadena Productiva del Azúcar.

Cassalet, C. et al (1995), El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA. Cali, Colombia.

Fernández Quisbert, Ramiro (2010). Orígenes de Agroindustria azucarera en Bolivia. Homenaje al IV Centenario de La Paz.

Instituto Nacional de Estadística (2013). Censo Nacional Agropecuario 2013.

Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, Unidad de Registro y Comercio (2014). Resultados de la Encuesta Anual a Unidades Productivas 2014.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Observatorio Agroambiental y Productivo (2016). Reporte estadístico de la encuesta de pronóstico de cosecha de la zafra 2016 de la caña de azúcar.

OECD/FAO (2015), OCDE-FAO Agricultural Outlook 2015, OECD Agriculture statistics (database)

OECD/FAO (2020), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029, OECD Publishing, Paris

Noack, Andreas W. (2010). Historia del sector azucarero en Bolivia. Instituto Boliviano de Comercio Exterior.

Seoane, Alfredo V. (2015). Hitos de la historia de la industria en Bolivia. CIDES-UMSA.

USDA (2021). Sugar: World Markets and Trade (Mayo 2021)

USDA (2018). Sugar: World Markets and Trade (Nov.2018)

NORMA VIGENTE CONSULTADA

Ley 307, del 10 de noviembre de 2012, del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar

Decreto Supremo 1554, del 10 de abril de 2013, Reglamento de la Ley 307.

Ley de Reforma Agraria de 2 de agosto de 1953.

PÁGINAS INTERNET CONSULTADAS

Reportes de la Organización Internacional del Azúcar (OIA) URL <https://www.isosugar.org/content/publications>

Precios e informes para las industrias mundiales de azúcar y etanol. URL <http://www.sugaronline.com>

Valor Bruto de Producción de la industria manufacturera. URL <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/industria-manufacturera-y-comercio/estadisticas-estructurales-cuadros-estadisticos/>

Cotizaciones en Tiempo Real, Gráficos, Portafolio, Noticias Financieras, Información en vivo de la Bolsa de Valores.

URL <https://mx.investing.com/>

Estadísticas agrícolas de la FAO: URL <https://www.fao.org/faostat/es/>

CIASA. Historia de la empresa URL <http://ingeniosanaurelio.blogspot.com>

EASBA. Historia de la empresa URL <http://www.easba.gob.bo/historia.html>

UNAGRO. Historia de la empresa URL https://www.unagro.com.bo/somos_1.htm

Roca, Ovidio. Veinte años de logros de Guabirá URL <https://ovidioroca.wordpress.com/2012/12/09/guabira-veinte-anos-de-logros/>

UDAPRO, Sistema Integrado de Información Productiva URL <http://siip.produccion.gob.bo/login/index.php>

ANEXOS



ANEXO 1

Procesamiento y análisis satelital del comportamiento de las variables meteorológicas del cultivo de caña de azúcar – campaña de verano 2021

La ejecución de planes y programas en las diferentes zonas de producción del país, depende directamente de la disponibilidad de información geostadística y un conocimiento conciso de la superficie ocupada del cultivo de caña de azúcar, y la tendencia de producción y rendimiento.

El conocimiento de su distribución geográfica, resulta muy importante tanto para la actividad privada, como para el Estado, con el propósito de mejorar la calidad de sus intervenciones y satisfacer los requerimientos propios de un proceso de planificación.

En ese marco, los sensores remotos y los sistemas de procesamiento de imágenes digitales, son en la actualidad la tecnología más adecuada para realizar estudios de monitoreo, identificación y cuantificación de cultivos, en este caso del cultivo de caña de azúcar.

En ese entendido, se identificó y cuantificó las zonas de cultivo de caña de azúcar, a partir de la captura, procesamiento y análisis digital de imágenes satelitales de resolución espacial adecuada que permita evaluar las variables meteorológicas y estimar su producción

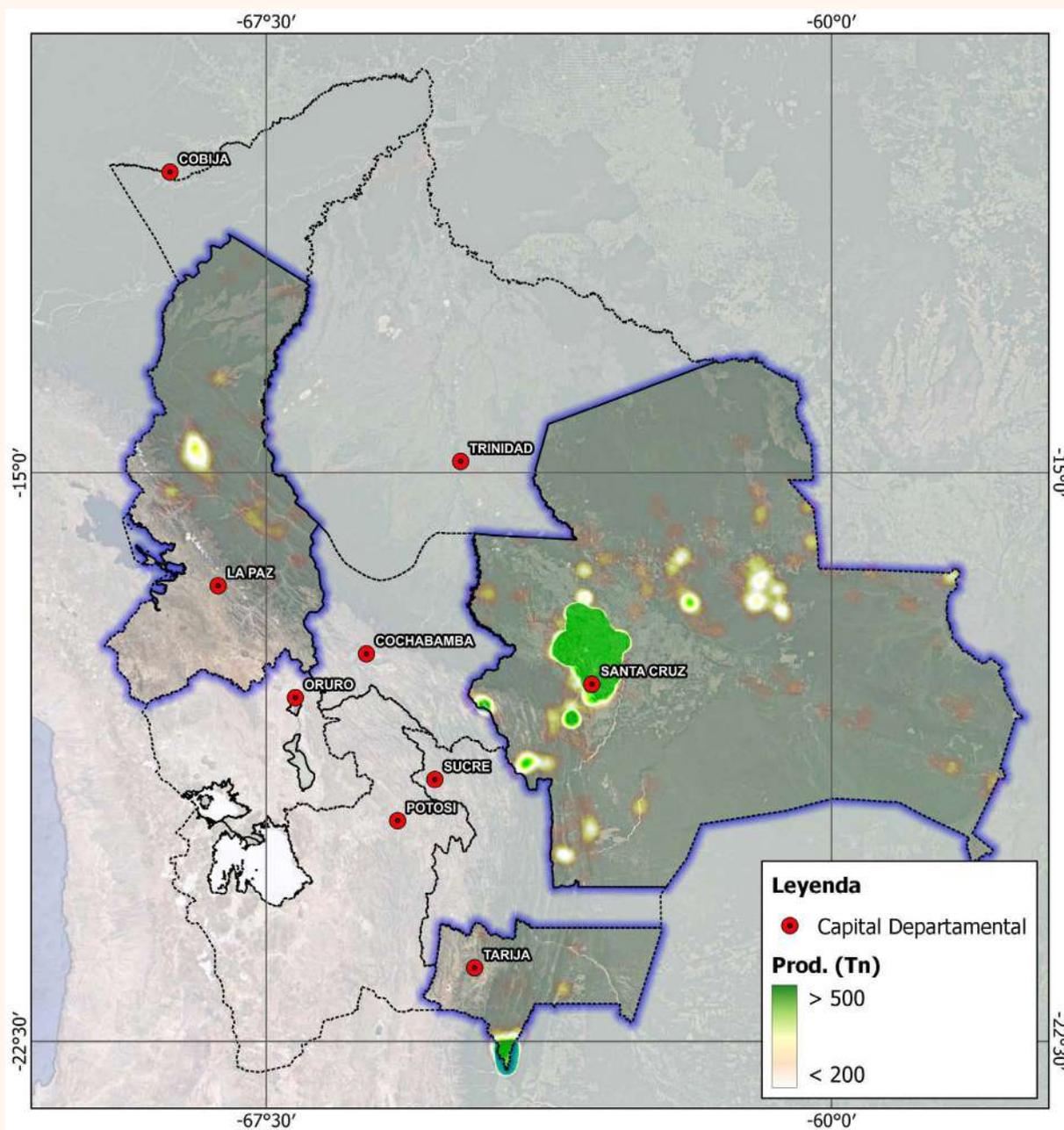
para la campaña de verano 2021. Efectuándose las siguientes tareas:

- Procesamiento de imágenes satelitales de variables meteorológicas que cubran las zonas de cultivos de caña de azúcar.
- Tratamiento e interpretación de las imágenes de satélite para la identificación de la superficie cultivada de caña de azúcar.
- Estimar los volúmenes y rendimientos proyectados en las zonas productoras de cultivo de caña de azúcar.

El factor más importante para obtener los volúmenes estimados de la producción del cultivo de caña depende directamente de la precipitación y la temperatura suelo, en este caso de la acumulación en la superficie caracterizada por los pisos ecológicos en las zonas de producción.

En ese contexto, se planteó la metodología de focalizar las comunidades dedicadas a la producción agrícola, analizando su distribución, las conexiones y la correlación entre los datos y la representación espacial, para lo cual, se empleó los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2013, como línea base, Encuesta Agropecuaria del 2015 – INE, los volúmenes de producción agrícola proyectados en el Plan Sectorial del MDRyT de 2017 y el Atlas de Vocaciones y Potencialidades Productivas, 2019.

MAPA 5:
Producción comunitaria de cultivo de caña de azúcar, 2020



Fuente: Censo Nacional Agropecuario, 2013, Encuesta Nacional Agropecuario, 2015, Plan del Sector Agropecuario y Rural, 2017. Atlas de Vocación y Potencialidades Productivas, 2017. Elaboración: DAPRO, 2020

En esa línea metodológica, la información de las comunidades agro productivas estructurada de acuerdo a condiciones de clasificación por la cantidad de producción, fueron sometidos a criterios algebraicos de carácter cartográfico; resultando información cuantitativa y cualitativa de aquellos volúmenes de producción que se manifiestan en el espacio territorial de acuerdo al tipo de actividad agrícola.

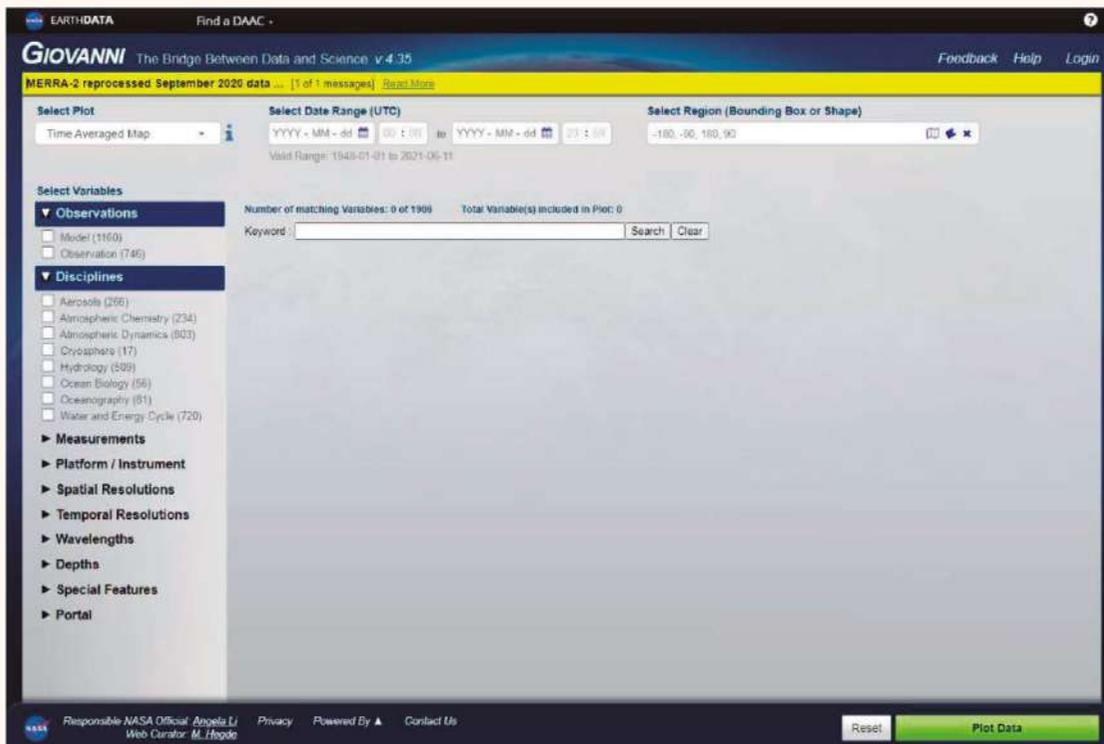
Se obtuvo imágenes satelitales de la época húmeda (enero, febrero y marzo) en una serie de tiempo de 2011 al 2021, debido principalmente a que partir del año 2010; en adelante, los efectos del cambio climático inciden en el proceso de frecuencia paramétrica de la precipitación y temperatura a nivel nacional. El conjunto de datos de los productos satelitales, se detallan a continuación:

- Precipitación acumulada mensual, obtenidas del sensor TRMM.

- Temperatura suelo día mensual, obtenidas del sensor MODIS-Terra.
- Índice de vegetación NDVI obtenidas del sensor MODIS-Terra.
- Evapotranspiración, obtenidas del Modelo GLDAS.
- Modelo Digital de Elevación obtenido de SRTM.
- Modelo Digital de Elevación obtenido de SRTM.

Una vez definido las variables técnicas del sensor meteorológico, se procede a ingresar a la plataforma web (se recomienda usar los navegadores Mozilla o Google Chrome) de la NASA en su módulo de gestor de datos climáticos GIOVANNI, mediante la dirección url: <https://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

FIGURA 1:
Módulo de gestión de datos climáticos – NASA GIOVANNI

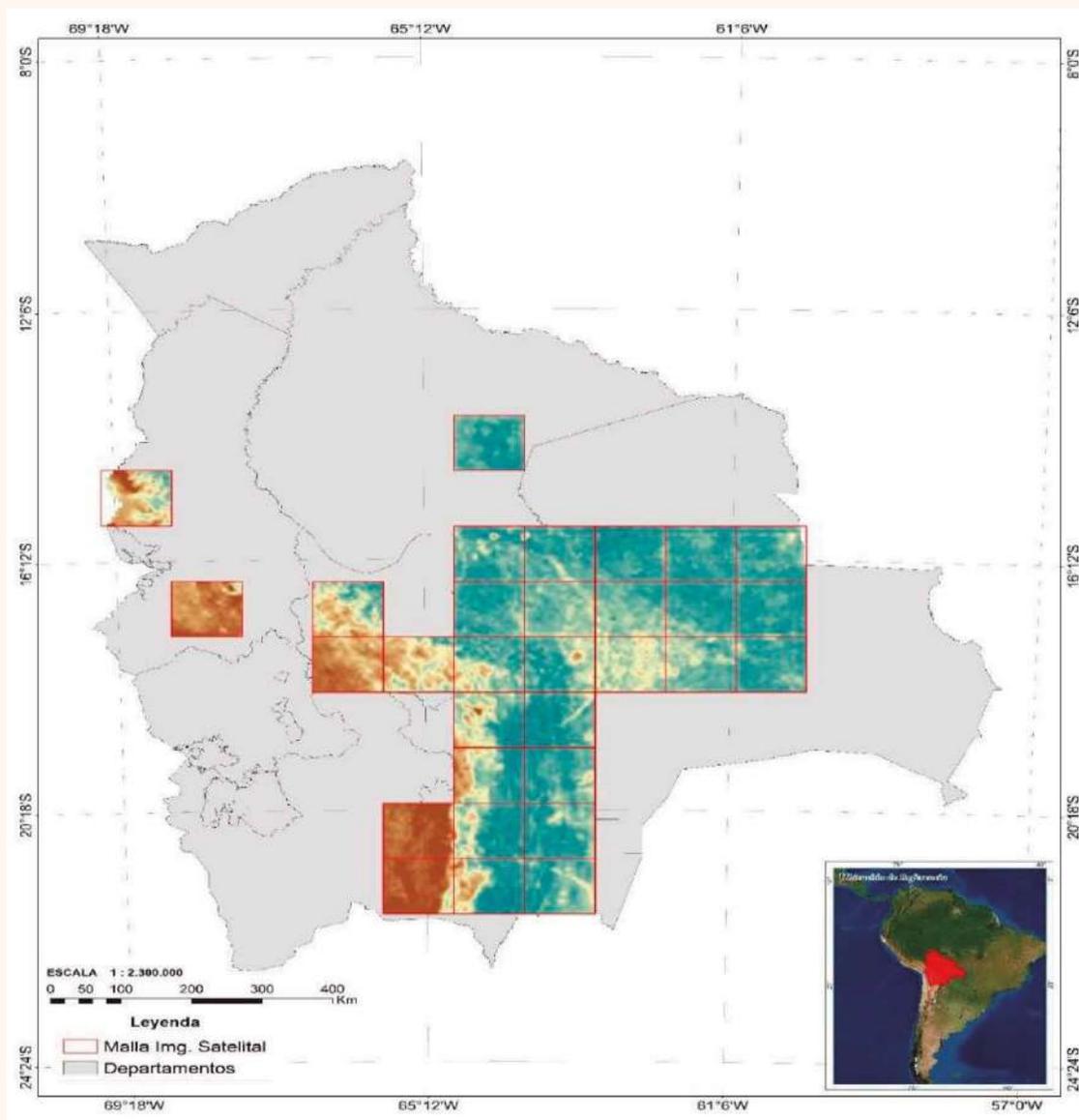


Fuente: <https://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

Se descargó en un total de 80 imágenes de satélite en formato netCDF, con una cobertura de aproximadamente de 10.050 km². Estas se organizaron a partir del año 2011 al 2021 y distribuidos para los meses de la época húmeda (enero a marzo).



MAPA 6:
Cobertura final de imágenes satelitales TRMM, MODIS-Terra, NOAH y Sentinel 2B



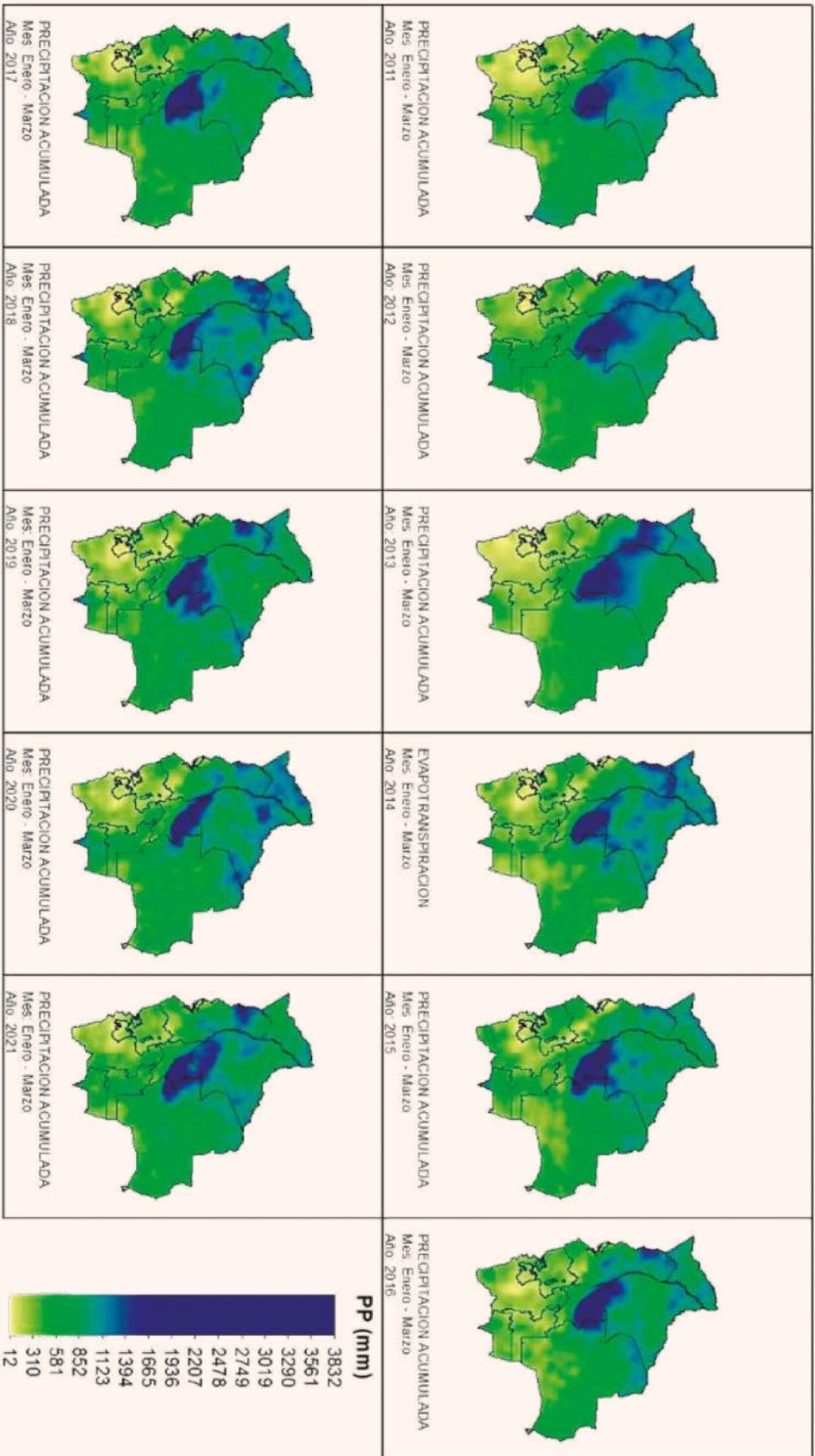
Fuente: DAPRO, 2021

Definida la tecnología de geoprocesamiento de datos de tipo raster; en el software QGis 3.16, se procedió al análisis de la variabilidad meteorológica y su correlación la producción del cultivo de caña de azúcar, abordándose desde dos perspectivas: una es la aplicación de la geo estadística; empleándose el software estadístico Rstudio, y otra es el análisis multivariado de las imágenes de satélite empleándose el Google Engine.

Seguidamente se realizó el análisis del comportamiento espacial de la precipitación acumulada. A partir del año 2011, el comportamiento del promedio mensual de la precipitación acumulada presenta una distribución de acumulación en un 75% en las zonas de producción del departamento de Santa Cruz. Este comportamiento disminuye para el año 2013, debido al comienzo notorio de la deforestación de especies maderables y agroforestales de las zonas boscosas de la región amazónica donde se encuentra la mayor extensión de zonas boscosas, aportantes de grandes volúmenes de vapor de agua; componente de origen para la descarga de precipitación en las principales

zonas de cultivo. En el año 2014 ocurre un excedente en la descarga de las precipitaciones que se acumulan en un 90% de la superficie de cultivo, provocándose inundaciones en las comunidades agro productivas aledañas a cuerpos de agua. Entre los años 2015 al 2018, el comportamiento de la precipitación acumulada presentó niveles intermedios de acumulación a lo largo de los tres pisos ecológicos. El año 2019, la precipitación acumulada presenta un ligero aumento en su acumulación que están distribuidas al noreste del departamento de Santa Cruz, al este del departamento de Cochabamba, donde además se genera la mayor cantidad de evapotranspiración por efecto de la energía calorífica reflejada en su cobertura boscosa, el efecto contrario ocurre hacia el sur del área de estudio en las zonas altiplánicas, donde la disminución de la precipitación acumulada es abrupta afectando a los embalses del conjunto de los cuerpos de agua. Al año 2020 y 2021, la precipitación acumulada presenta niveles muy bajos de cosecha que afectaron a los embalses de los cuerpos de agua y red hidrográfica destinados principalmente a las actividades de cosecha del cultivo de caña de azúcar.

MAPA 7: Distribución espacio temporal de la precipitación acumulada 2011 - 2021

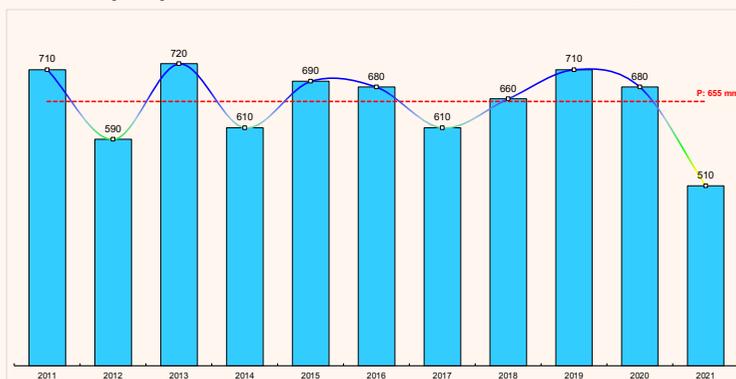


Fuente: DAPRO, 2021

Debido al marcado carácter estacional (que afecta a los tres pisos ecológicos), del clima en los departamentos de Tarija, Santa Cruz y La Paz, las implicaciones de las tendencias, serán diferentes dependiendo de la estación del año y de la elevación y la variación térmica en las zonas productoras de caña de azúcar.

De manera, que se procedió a realizar el análisis de la distribución geográfica de la variable de la precipitación respecto a la altura, ya que, existe la posibilidad de error de sensoramiento por pixel, es decir; el sensor del satélite obtiene el valor de la precipitación acumulada como si esta fuese dentro de una superficie plana, pero las diferencias de alturas prominentes distribuidas desde la región amazónica hacia la región altiplánica, pueden afectar al resultado y evaluación de los datos de la precipitación acumulada. Cabe resaltar que el procedimiento se restringe al cambio relativo promedio, empleando métodos estadísticos de series de tiempo para determinar la tendencia y establecer el patrón de la precipitación en los años y meses mencionados.

GRÁFICO 43:
Dispersión de la precipitación acumulada mensual, meses Enero-Marzo, años 2011-2021



Fuente: DAPRO, 2021

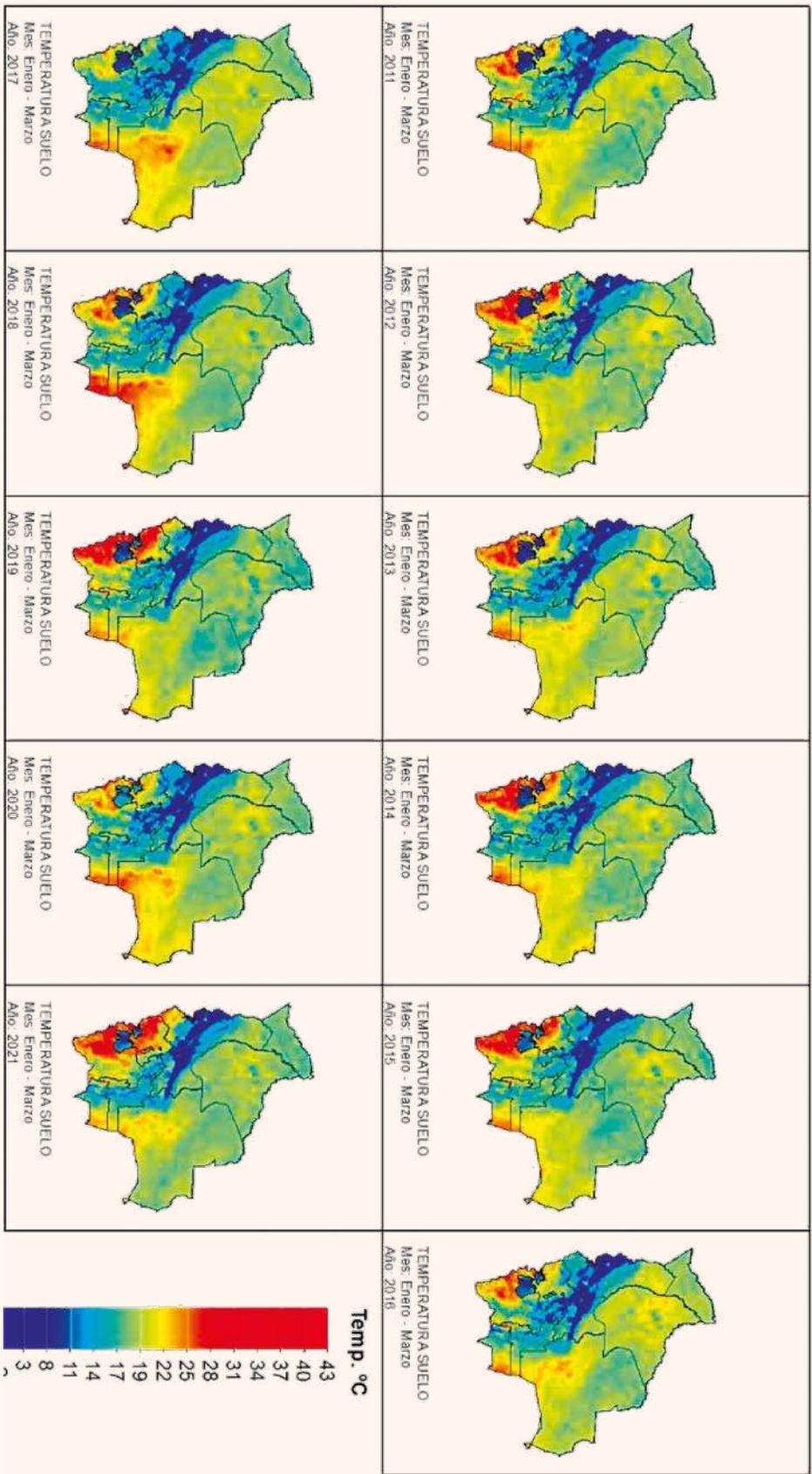
El gráfico anterior, de acuerdo a los datos dispersos, muestra estadísticamente una tendencia decreciente del promedio mensual de la precipitación acumulada, para los meses de la época húmeda, de la serie de datos entre los años 2011 y 2021.

De acuerdo a este comportamiento para los meses de la época húmeda, se puede estimar que la precipitación acumulada tiende a bajar a razón de un 13%, esto significa la reducción aproximada de 13mm mensualmente, deducido a partir de la tendencia negativa del gráfico de dispersión.

Con relación al análisis del comportamiento espacial de la temperatura suelo, la incidencia de la energía calorífica en la época húmeda entre los años 2011 y 2013, provocó en las zonas de producción emplazadas en el Norte Integrado del departamento de Santa Cruz, y en las zonas productoras al norte de La Paz, incrementos de la temperatura media en el suelo en 2.1 °C, y en el cono del municipio de Bermejo del departamento de Tarija la temperatura suelo promedio varió hasta los 1 a 2.5°C, según su distribución geográfica. Los años 2014 y 2015, presentó un aumento de más del 3% entre la temperatura suelo a lo largo de la extensión de la superficie del departamento de Santa Cruz, con respecto a los años anteriores; este aumento en las temperaturas se debe a que en estos años el efecto del fenómeno de la niña se presentó con mayor fuerza.

En el año 2016 la temperatura del suelo bajó de manera anómala aproximadamente en un 1%. A partir del año 2017 hasta el 2021, la temperatura promedio del suelo, aumentó considerablemente en un 3,5% con relación a los años anteriores, presentándose las mayores temperaturas en el suelo al sur del departamento de Tarija, debido a que en esta región la cobertura vegetal es escasa. Por lo tanto, al no poseer vegetación que pueda absorber la energía calorífica provocando que el suelo tienda a erosionarse y los cuerpos de agua sufran un acelerado proceso de evapotranspiración.

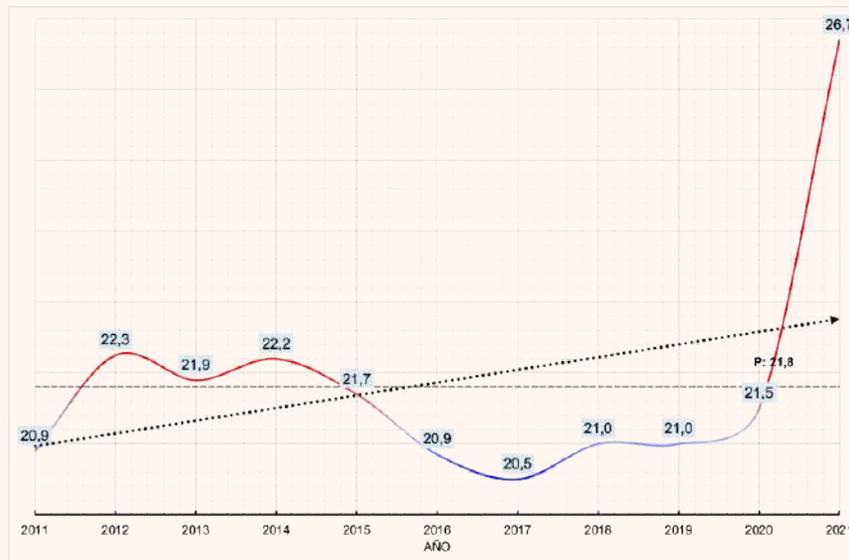
MAPA 8:
Distribución espacio temporal de la precipitación acumulada 2011 - 2021



Fuente: DAPRO, 2021

De acuerdo a la distribución espacial del comportamiento de la temperatura del suelo en el día es posible deducir que la temperatura está en aumentando no de forma simétrica más bien de manera exponencial provocando anomalías en el ciclo normal de la evapotranspiración.

GRÁFICO 44:
Dispersión de la Temperatura Suelo, meses Enero-Marzo, años 2011-2021



Fuente: DAPRO, 2021

En el gráfico de dispersión, muestra el comportamiento de la temperatura en el suelo, entre los años 2011 al 2015, el promedio de temperatura suelo se incrementó en aproximadamente 0.25°C , para los años 2016 a 2020 se presentó una singularidad de la temperatura de tendencia decreciente con un valor de 0.1°C mensualmente en sus valores debido a la presencia del fenómeno El Niño, este comportamiento puede ser considerado anómalo ya que en este periodo estacional las temperaturas normales abarcan entre los 20.7°C a 23.2°C . En el año 2021 los valores de temperatura en el suelo crecieron en un 1°C , con respecto a los anteriores años.

En ese contexto, se estima aproximadamente de acuerdo a la tendencia de crecimiento el aumento de la temperatura en el suelo de 1.2°C mensualmente para los meses de la época húmeda.

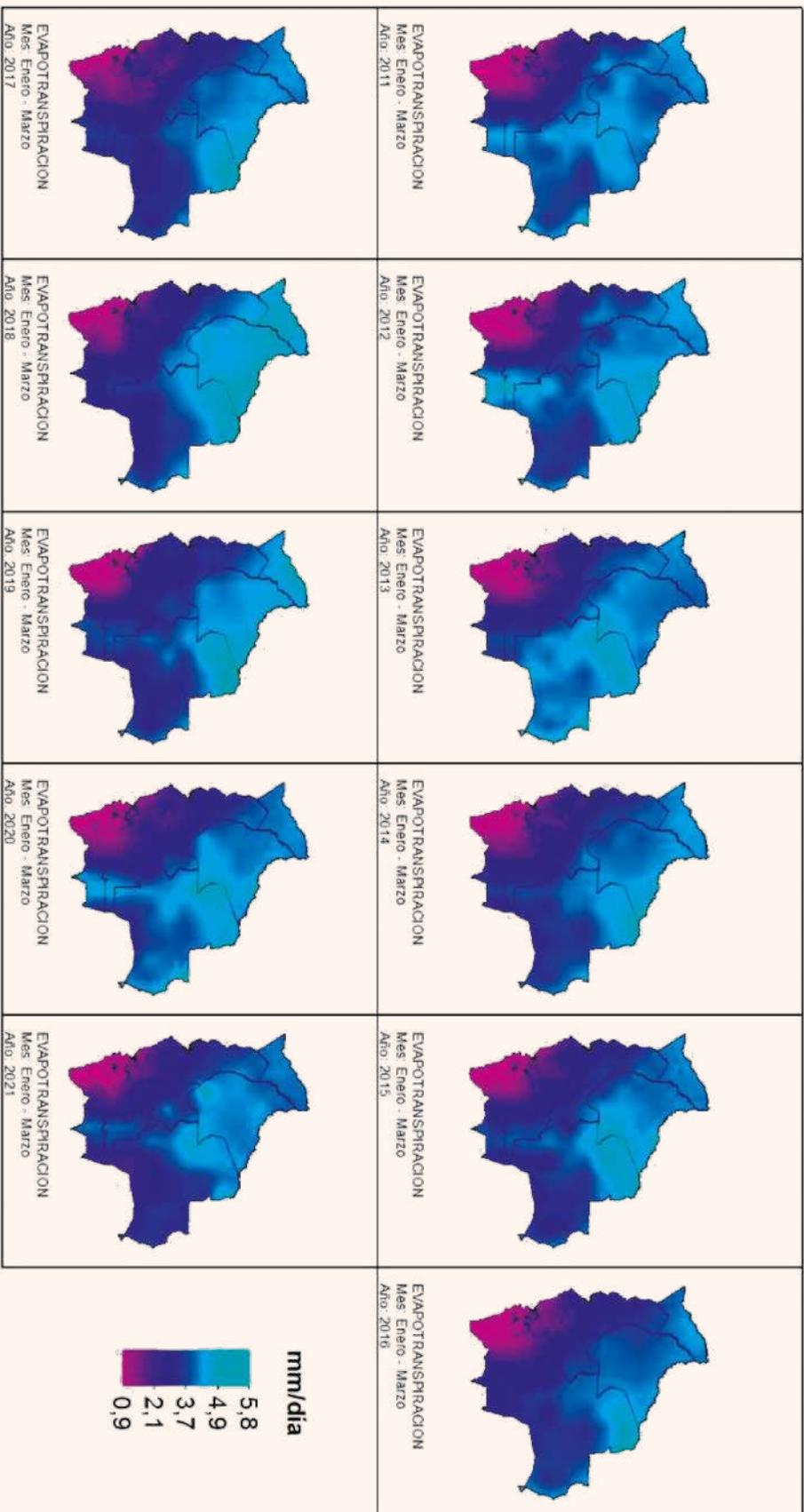
Respecto al análisis del comportamiento espacial de la evapotranspiración, la variabilidad espacial de este factor meteorológico depende directamente de la temperatura suelo (energía calorífica); es decir, si la temperatura suelo es mayor entonces se concentra mayores niveles de evapotranspiración, lo inverso ocurre cuando se presenta bajas temperaturas que implica similar comportamiento con la precipitación acumulada en función a la evapotranspiración total de los cuerpos de agua distribuidas en las zonas de producción del cultivo de caña de azúcar.

Cabe señalar que los valores mensuales de promedio de evapotranspiración tienden a ser generalizados siendo su unidad de medida milímetros por día, que refiere a la pérdida de agua por la incidencia de la energía calorífica.

La distribución geográfica de la evapotranspiración total en la época húmeda, para los años 2011 al 2016, ésta presenta en casi el 73% en las zonas de cultivo de caña de azúcar que abarca desde los llanos y el Norte Integrado de Santa Cruz, y la zona productora de Bermejo, y que aparecen con un valor máximo de 3.5 mm/día de evaporación total.

Desde el año 2017 al 2021, los valores de evapotranspiración presentan un aumento considerable en promedio máximo mensual de 4.8 mm/día , esto se debe al aumento de las temperaturas del suelo en todas las zonas de cultivo de caña de azúcar; principalmente en el cono de las zonas productoras de Bermejo, lo que produce una sobresaturación de la pérdida del vapor de agua del cultivo de caña de azúcar y del conjunto de los cuerpos de agua.

MAPA 9: Distribución espacio temporal de la precipitación acumulada 2011 - 2021



Fuente: DAPRO, 2021

En el gráfico 3, se muestra que entre los años 2011 a 2015 la pérdida de vapor de agua alcanzó aproximadamente a un valor de 0.5 mm/día del promedio mensual, el valor evapotranspiración en el año 2016 puede ser considerado anómalo ya que está por debajo del promedio total mensual del conjunto de los datos.

Entre los años 2017 al 2021, la evapotranspiración total presenta un aumento de aproximadamente 1.2 mm/día del promedio mensual, en la pérdida de vapor de agua del conjunto de los cuerpos de agua y de las coberturas boscosa.

GRÁFICO 45:
Dispersión de la Evapotranspiración Total, meses Enero-Marzo, años 2011-2021

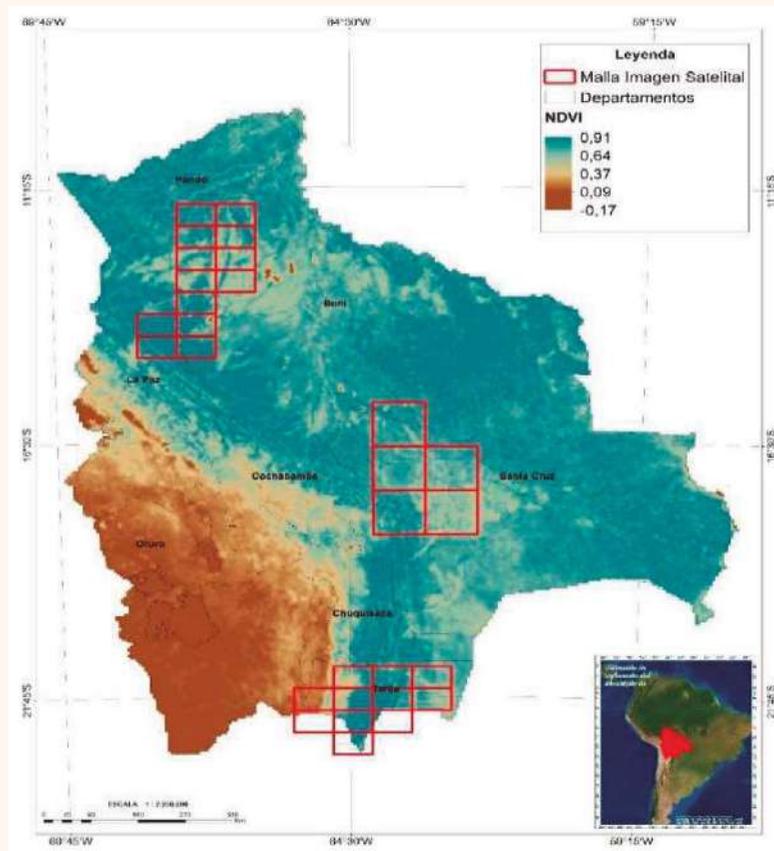


Fuente: DAPRO, 2021

Por lo tanto, bajo un enfoque estadístico la evapotranspiración total del promedio mensual es de 3.3 mm/día, lo que supone que en los posteriores años de la serie de datos establecido este valor tiende a aumentar.

Finalmente, el análisis del comportamiento espacial del índice de vegetación corresponde a la categorización de las unidades de vegetación se distribuye en la superficie de acuerdo a las condiciones del clima, suelo y topografía. A diferencia del mapeo de los patrones espaciales de la precipitación acumulada, temperatura suelo día y evapotranspiración total; el mapeo del NDVI de los niveles digitales presentan variabilidad mínima en su interpretación, a tal efecto, se territorializará el promedio mensual total que comprenden a la época húmeda para los años 2011 y 2021.

MAPA 10:
Distribución espacio temporal del promedio mensual del NDVI, años 2011 a 2021



Fuente: DAPRO, 2021

La distribución geográfica del comportamiento de NDVI, para la serie temporal objeto de estudio, muestra una mayor cobertura aproximadamente en 43% de suelos desnudos en la época húmeda; esto se debe a la deforestación expansiva y ampliación de la frontera agrícola.

GRÁFICO 46:
Tendencia del promedio mensual del NDVI, meses Ene-Mar, 2011-2021



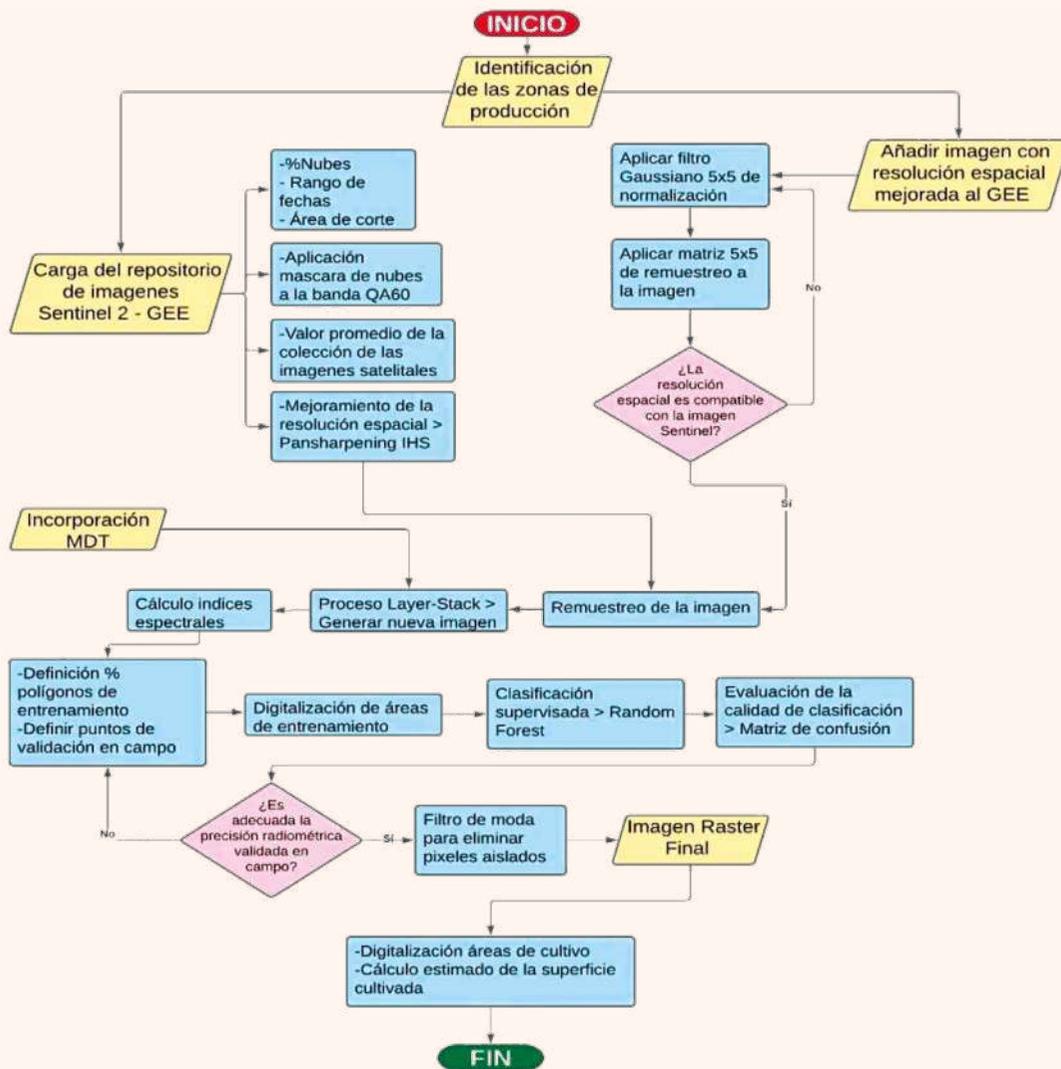
Fuente: DAPRO, 2021

Las unidades de vegetación presentaron entre los años 2011 y 2015 condiciones normales de distribución de vegetación de acuerdo a las condiciones ambientales propias de la estación. Se presenta diferencias en las tendencias de las anomalías de NDVI a lo largo de los meses de la húmeda en el año 2016. Las unidades de vegetación con pasto verde con baja cobertura presentaron anomalías negativas (NDVI inferior al promedio) en la época húmeda, lo cual puede relacionarse con la deforestación en la región Amazónica, que afectó a las zonas con cobertura boscosa de la región de los Valles. Para el resto de las unidades se observa una tendencia positiva de las anomalías del NDVI hasta mediados de diciembre y luego se observa una tendencia decreciente. En ese entendido, se estima que las unidades de vegetación tienden a la desertificación, erosión de los suelos y pérdida de la humedad en las zonas de cultivo de caña de azúcar.

ANEXO 2.

Metodología de identificación de áreas de cultivo de caña de azúcar - campaña de verano 2021

FIGURA 2:
Esquema metodológico de identificación de cultivos de caña de azúcar



Fuente: DAPRO, 2021

Dentro del flujo trabajo definido, se establece como primer paso el cargue del repositorio Sentinel-2 (COPERNICUS/S2_SR), tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Porcentaje de nubosidad: Se seleccionó las imágenes con un porcentaje igual o menor al indicado al 20%. Se debe tener presente que esto proviene de la metadato de la imagen, es decir, es la concentración estimada que se encuentra presente en el total de la imagen.
- Rango de tiempo: Se seleccionó las imágenes correspondientes del 1 de enero al 31 de marzo de 2021.
- Definición y corte a partir del área de estudio: Este filtro define y realiza el corte de la zonas productoras del departamento de Santa Cruz y Tarija; donde se realizara la búsqueda.
- De forma adicional, es aplicada una máscara de nubosidad a cada imagen de la colección, que es producto de la identificación y corte de las zonas que, de acuerdo a la banda de calidad QA60, posee presencia de nubes y cirrus. Esta acción disminuye la posibilidad de que existan nubes en el mosaico que es utilizado como insumo de la clasificación.
- Con el propósito de realizar la clasificación a partir de una sola imagen, es empleada una reducción de la colección de las imágenes, generando un mosaico de valores de la mediana, que consiste en seleccionar el valor de la mediana de cada pixel, esta técnica es plenamente utilizada porque, su uso genera una imagen homogénea en el espacio y tiempo que disminuye las afectaciones por presencia de nubes y fuentes de contaminación.
- Como se puede observar en la figura 3, el resultado del pre procesamiento de la combinación de bandas B11, B8A y B2, presentan diferencia visual debido a la reflectividad y el color verdoso fenológico, ya que en las zonas de cultivo de caña de azúcar en el departamento de Santa Cruz la altura promedio es de 2.50 metros y en el departamento de Tarija es de aproximadamente de 2 metros, y esto pude ser confundido con vegetación alta.

FIGURA 3:
Combinación de bandas a) Municipio Mineros – Gral. Saavedra b) Municipio de Bermejo



Fuente: DAPRO, 2021

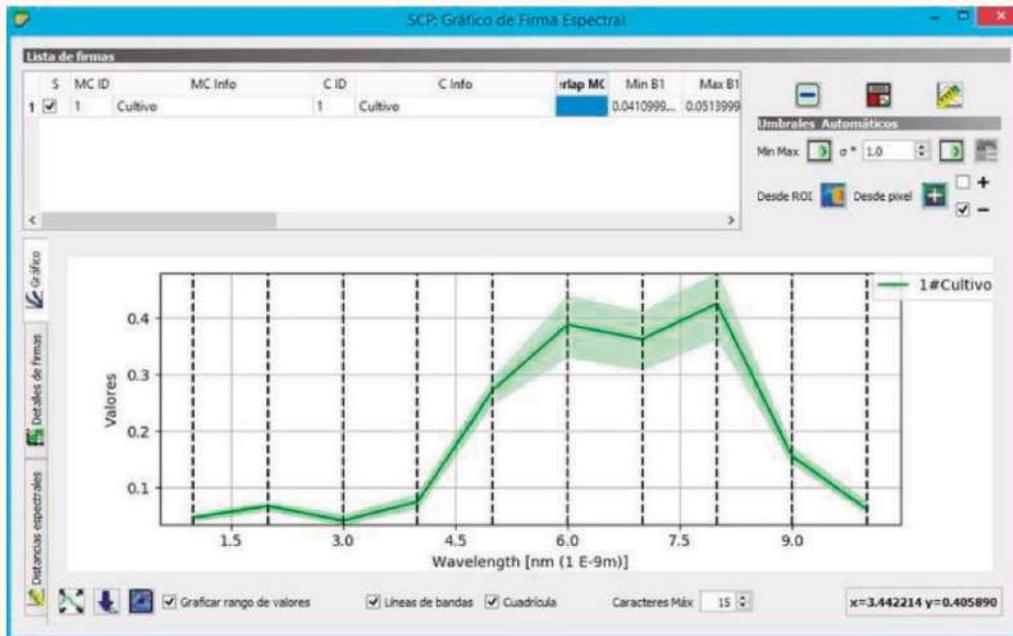
La clasificación se realiza a partir de los polígonos de entrenamiento trazados manualmente para la cobertura que abarca las zonas de producción de caña de azúcar. La muestra es dividida en polígonos de entrenamiento y de validación. Para

la selección del set de datos de validación, se toman en cuenta el 30% del total de los polígonos que corresponde a la información de validación; su selección es a partir de números aleatorios, que en este caso es cero, y producto de la verificación entre

Con los datos de validación obtenidos en campo se definió la matriz de confusión como el resultado del cruce tabulado de las clases de la imagen y de la información de terreno.

Es importante mencionar que todo cultivo posee una distribución única de radiación electromagnética que puede ser reflejada, transmitida o absorbida. La firma espectral, en este caso, del cultivo de caña de azúcar presenta una reflectancia influenciada por características morfológicas, fisiológicas o por efecto del déficit de humedad. Una de las propiedades espectrales del cultivo de caña de azúcar es la presencia diferenciada de la clorofila que es el pigmento más importante en la fotosíntesis, en las zonas de cultivo del departamento de Santa Cruz y Tarija.

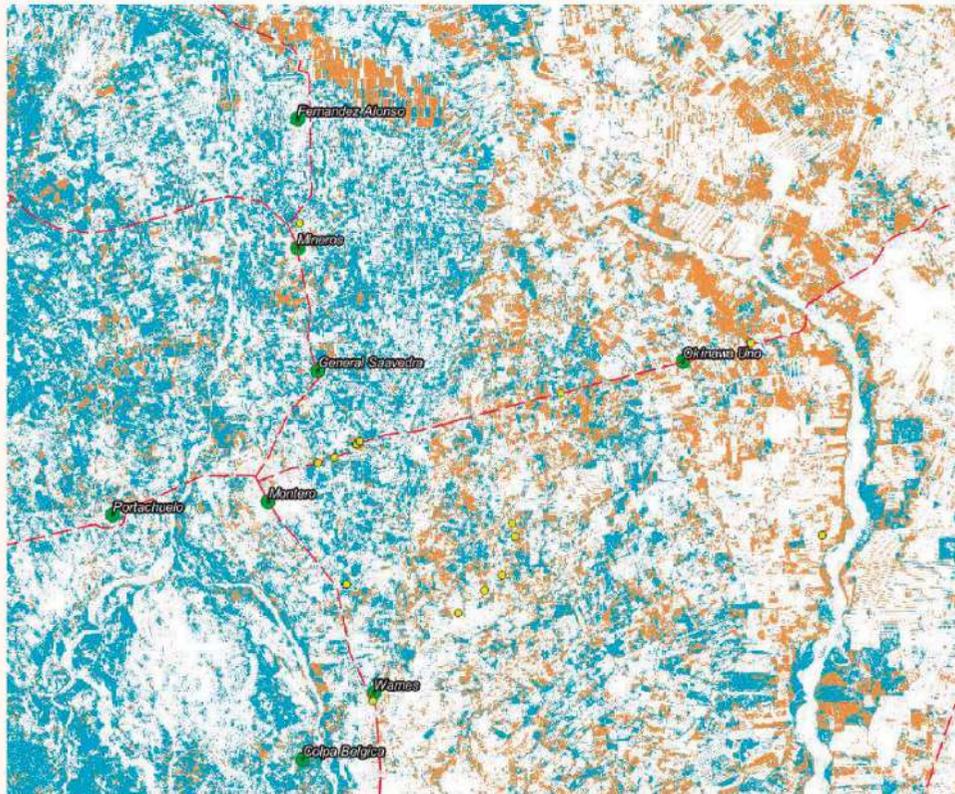
FIGURA 6:
Firma espectral del cultivo de caña de azúcar



Fuente: DAPRO, 2021

Se observa que en la región del espectro visible tiene una baja reflectancia dada la fuerte absorción por los pigmentos foliares, este comportamiento se presenta en las zonas de cultivo del municipio de Bermejo. De igual forma se observa, que existe un cambio al final de la longitud de onda de la zona roja, esta característica es una respuesta espectral de toda vegetación, esto se presenta por la baja reflectancia de la clorofila y la alta reflectancia en el infrarrojo cercano, asociada con la estructura interna de cada cultivo y el contenido del agua, comportamiento presentado en las zonas de cultivo de Santa Cruz.

FIGURA 7:
Clasificación supervisada para determinar cultivos de caña de azúcar



Fuente: DAPRO, 2021

La clasificación final es seleccionada producto de la revisión exhausta de los indicadores de exactitud temática junto a una validación visual aleatoria de las zonas de cultivo de caña de azúcar.

A la clasificación final le es aplicado un filtro de moda de tamaño 3x3, debido a que este

procedimiento atenúa los píxeles aislados que fueron clasificados de forma puntual y permite que se cumpla con criterios técnicos cartográficos como el área mínima a ser cartografiada, proporcionando un producto final mucho más homogéneo debido a que elimina errores residuales del proceso de clasificación.

ANEXO 3.

Contexto internacional de la producción de caña de azúcar convencional y orgánica

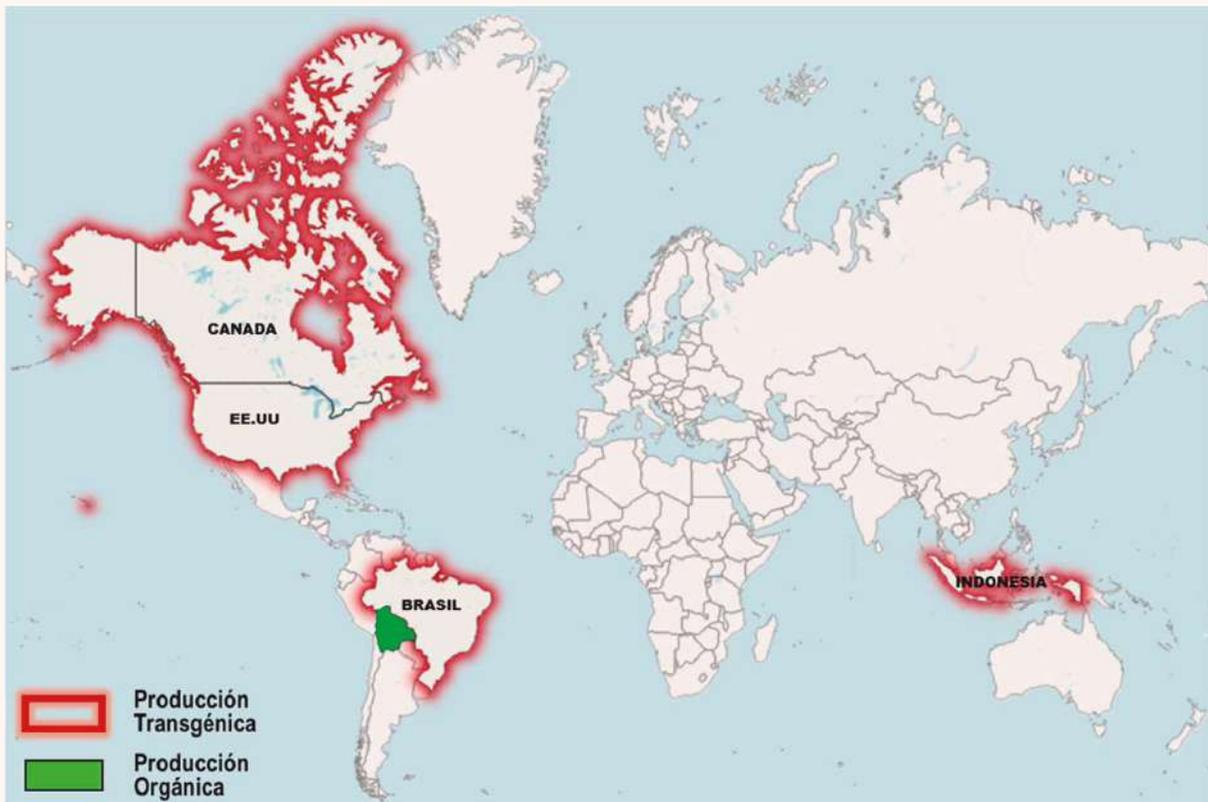
Se puede obtener azúcar de una amplia gama de cultivos, pero actualmente la mayor parte del suministro mundial de azúcar proviene de la caña azucarera. De ahí se extrae más de 80% del azúcar en el mundo. La caña está plantada en unos 15 millones de hectáreas en más de 100 países de la región tropical y subtropical. La segunda fuente más importante de azúcar es la remolacha, que se cultiva principalmente en el hemisferio norte, en 10 millones de hectáreas en cerca de 50 países. Pero el mapa de la producción mundial de esos cultivos es cambiante y gran parte de los mismos se traslada y extiende a nuevas tierras.

Tres tendencias alteraron la distribución geográfica de la producción de azúcar. La primera fue el surgimiento de Brasil como el mayor productor mundial de azúcar y por lejos el mayor exportador mundial de azúcar. Cerca de tres cuartas partes de la expansión de la producción de caña de azúcar en los últimos diez años ocurrieron en Brasil, donde la superficie de caña

de azúcar creció un promedio de 300 mil hectáreas por año entre 2000 y 2007 una tasa equivalente a la expansión del cultivo de soja en el país. En 2008, la superficie de caña de azúcar registró un notable aumento del 14%. Una proporción considerable de la producción de caña de azúcar de Brasil se destina a la industria local de etanol, pero gran parte sigue fluyendo hacia el mercado mundial. Actualmente, más de la mitad de las exportaciones mundiales de azúcar sin refinar proviene de Brasil en comparación con el 7% que representaba a principios de los años 1990.

Pese al crecimiento de ese enorme productor con bajos costos, hasta hace poco la vieja estructura de la producción mundial permaneció casi intacta debido a los antiguos sistemas proteccionistas para la producción nacional de la Unión Europea y los Estados Unidos, y debido también a los acuerdos comerciales preferenciales entre Europa y sus ex colonias, que continúan dependiendo de exportar azúcar. Sin embargo, una segunda tendencia que afecta a la industria azucarera la reforma azucarera de la Unión Europea ha venido a romper esta vieja estructura.

MAPA 12:
Producción mundial orgánica e inorgánica del cultivo de caña de azúcar



Fuente: DAPRO, 2021

La tercera tendencia decisiva que altera el mapa de la producción mundial de azúcar es el aumento monumental de los agrocombustibles. La caña de azúcar es considerada como una de las materias primas más rentables en la producción de etanol, si no la más rentable. El mercado mundial de etanol crece a gran velocidad, conforme varios mercados importantes de combustibles utilizados en el transporte ponen en vigor los mandatos que exigen ciertos porcentajes de etanol mezclado con petróleo (o están por hacerlo). Antes de la crisis financiera de 2008 y del colapso en los precios del petróleo, la industria azucarera estaba inundada por inversiones destinadas a establecer nuevas fábricas de etanol. Últimamente estas inversiones bajaron su ritmo y muchos proyectos se detuvieron o se clausuraron. Aun así, los mandatos gubernamentales son suficientes para que haya mucho dinero destinado a la producción de etanol. De hecho, ya hay numerosos proyectos de producción de etanol a gran escala, combinados con plantaciones

de azúcar, que se ponen en funcionamiento por todo el mundo y que impulsan la producción de azúcar a nuevas áreas. También hay inversiones en tecnología que podría abrirle nuevos mercados a los agrocombustibles basados en caña de azúcar. En suma, el creciente mercado de agrocombustibles ha hecho crecer en gran medida la demanda de azúcar y a su vez, esta demanda expande la producción mundial de azúcar.

El rendimiento de caña de azúcar en Bolivia es de 52 toneladas por hectárea, el promedio de caña de azúcar transgénico es de 74 toneladas por hectárea. Países como Perú (121 toneladas por hectárea), Guatemala (118 toneladas por hectárea), Colombia (89 toneladas por hectárea), Ecuador (89 toneladas por hectárea). Son países que sin la necesidad de la utilización de transgénicos tienen rendimientos altos y superiores en caña de azúcar con respecto a países que utilizan transgénicos.

La caña de azúcar en Bolivia está directamente relacionado al consumo humano y el 70% de la producción de azúcar es destinada al mercado interno y genera recursos económicos de aproximadamente Bs 2.800 millones, es uno de los principales productos agroindustriales del país.

No es necesaria la utilización de transgénicos en caña de azúcar en Bolivia debido a que con tecnología adecuada se puede incrementar los rendimientos como se hizo en Perú, Guatemala, Colombia, Ecuador entre otros.

ANEXO 4.

Historia de los ingenios azucareros Ingenio Azucarero UNAGRO S.A.

El Ingenio Azucarero “ROBERTO BARBERY PAZ”, que forma parte de la Corporación UNAGRO S.A., nace como institución el 5 de diciembre de 1972.

Se constituye como una Sociedad Anónima el 13 de febrero de 1975. Su Estatuto Orgánico está adecuado al Código de Comercio y está aprobado por Resolución Administrativa N° 50 del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de fecha 11 de julio de 1980.

La primera zafra del Ingenio Azucarero Santa Cruz, que desde enero de 1994 lleva el nombre de Ingenio Azucarero Roberto Barbery Paz, en homenaje póstumo a su principal impulsor y fundador, tiene su inicio en mayo de 1977, con una duración de 191 días, consiguiéndose una molienda de 360.732 toneladas métricas de caña, que tuvieron como resultado una producción de 654.621 quintales de azúcar.

La capacidad efectiva de molienda diaria de caña del ingenio a lo largo de los años se ha ido incrementando, desde 4.000 toneladas métricas iniciales hasta aproximadamente 20.000 toneladas métricas por día.

El ingenio además de manejar el proceso de industrialización de la materia prima que recibe de sus proveedores cañeros, cultiva cerca de 5.000 hectáreas de caña de azúcar en tierras propias, volumen que

los productores tradicionales no pueden cubrir, para abastecer su molienda principalmente al inicio y en la parte final de la zafra, momentos que son de mayor necesidad de materia prima.

En su moderna destilería, produce alcohol a partir de la melaza de la caña, sometiendo este producto a los procesos de fermentación y destilación. Puede producir además de alcohol potable, alcohol extra fino para uso farmacéutico y alcohol anhidro, producto que mezclado con gasolina, eleva el octanaje y reduce los riesgos de contaminación ambiental.

POPLAR CAPITAL. (ex La Bélgica)

Establecido en una propiedad agrícola denominada “La Bélgica”, empezó sus operaciones de obtención del azúcar, a partir de 1952, a la cabeza de los hermanos Gasser. Un año antes la sociedad agrícola se había convertido en sociedad anónima, traducido en un ingenio. A partir de 1952, se comenzó a producir azúcar granulada en el denominado, ingenio “La Bélgica”, y desde entonces empezaron las ampliaciones, primero con la compra de un nuevo trapiche con capacidad para una molienda de 250 toneladas de caña diaria, luego otro para 400 toneladas diarias caña.

En febrero de 1959, se obtuvo del Development Loan Fund (USA) un crédito que amplió su capacidad de molienda a un promedio de 2.000 toneladas de caña por día, además instaló una fábrica de alimentos para ganado y aves (LEVABOL).

En 1973 se tendió un gasoducto de Caranda a La Bélgica, por cuenta de la firma Industrias La Bélgica, siendo de este modo la primera empresa que inicio el consumo de gas.

En abril del 2003, cambia la razón social del ingenio a Planta Industrial “Don Guillermo” Ltda., manteniendo el nombre de sus productos ya consolidados en el mercado de consumo. Actualmente las constantes mejoras que se hicieron, especialmente en el proceso de molienda han permitido que esta industria tenga una capacidad instalada de molienda cercana a 8.000 toneladas de caña por día²⁰.

Industria Azucarera “Guabirá S.A.”

A principios de los años cincuenta, por las ventajosas condiciones para el cultivo de la caña de azúcar en la provincia Obispo Santisteban y alrededores, la Corporación Boliviana de Fomento (CBF) decide la instalación de un ingenio azucarero en las inmediaciones de Montero en una extensión de 400 hectáreas.

En agosto de 1952, se llama a propuestas para la provisión de la maquinaria y en julio de 1953, mediante Decreto Supremo N° 3459, se aprueba el informe de la comisión técnica que estudió las trece propuestas para la provisión de maquinaria y se elige a la Compañía Fives Lille de Francia, por 2,8 millones de dólares. La maquinaria fue montada bajo la dirección de técnicos franceses y argentinos y ejecutada por trabajadores venidos de todo el país. El 6 de julio de 1956, se dio inicio a la prueba y puesta en marcha del ingenio.

El ingenio inició actividades operativas el 6 de julio de 1956 con su primera zafra azucarera, con una capacidad de molienda de 1.000 toneladas de caña por día, produciendo en la gestión 30.007 quintales de azúcar refinado y 329.350 litros de alcohol. Esta iniciativa económica fue alentada por el gobierno en 1953, a través de la entonces CBF, mediante el pago de un impuesto de Bs 4 por kilogramo de azúcar importado.

En 1982, se formó la Federación Nacional de Cañeros (FECAÑA) como la máxima representación gremial de Cañeros del Norte Cruceño, los que reclaman permanentemente el cumplimiento de la filosofía de la CBF; crear industrias y traspasarlas al sector privado.

En abril de 1992, se dicta la Ley de Privatización de la Empresa Pública donde se ratifica con mayor firmeza lo determinado en el Decreto Supremo 21060. Ese mismo año y con miras a la compra de Guabirá, los cañeros proveedores crean UNICA S.A. como ente jurídico capaz de realizar la compra de la empresa.

En junio de 1993, se autoriza la creación de la Sociedad Anónima Mixta (SAM), traspasando el 40% de las acciones para los trabajadores, el 40% para los cañeros y el 20% al Estado. Quedaba el compromiso que después de dos años, el Estado (CORDECRUZ) vendería sus acciones en partes iguales a los cañeros y trabajadores. Posteriormente, conforme a lo establecido en el convenio de privatización, CORDECRUZ puso a la venta su paquete accionario en partes iguales a cañeros y trabajadores. A partir de 1996 el ingenio cambia de personería jurídica de Sociedad Anónima Mixta a Sociedad Anónima.

Un hito histórico para la empresa se produjo en 1976, año en el que se incrementó su capacidad de molienda de caña de azúcar, de 1.000 toneladas de caña por día a 5.500 a y un nivel de producción de 1.680.000 quintales de azúcar (aproximadamente 76.205 toneladas).²¹

Actualmente la capacidad instalada de molienda de esta unidad productiva se sitúa alrededor de 23.000 toneladas de caña por día, siendo la de mayor capacidad hasta el momento.

Ingenio Azucarero Moto Méndez (Industria Agrícola de Bermejo S.A.)

El Ingenio Azucarero de Bermejo fue fundado en el año 1968 como empresa estatal descentralizada dependiente de la CBF, pero con la desaparición de ésta, en agosto de 1985, pasó a depender de la Corporación de Desarrollo de Tarija (CODETAR), este periodo no fue muy largo, debido a la vigencia de la descentralización administrativa, quedó durante años bajo la batuta de la Prefectura del departamento de Tarija.

En 1998, el ingenio fue transferido al sector privado mediante la conformación de una sociedad de economía mixta entre la Prefectura, los trabajadores del ingenio y el sector cañero de Bermejo. La Prefectura, sin embargo, terminó por vender sus

acciones en partes iguales a los otros dos socios. Así se llegó hasta el 3 de diciembre de 2001, momento en el que, por discrepancias, los trabajadores del ingenio adquirieron el 100 por ciento de las acciones del sector cañero, constituyéndose desde entonces en una Sociedad Anónima y en los únicos propietarios de esa enorme industria azucarera. Actualmente el ingenio se llama “Industrias Agrícolas de Bermejo S.A.”, con una capacidad instalada de molienda, aproximada de 4.500 toneladas de caña por día.²²

Compañía Industrial Azucarera “San Aurelio S.A.”

La Compañía Industrial Azucarera “San Aurelio” S.A. (CIASA) es una empresa dedicada a la actividad agroindustrial con larga trayectoria en la producción de azúcares y alcoholes que son destinados al mercado nacional e internacional. Fundada por Ramón Darío Gutiérrez Jiménez y su esposa, el 1 de junio de 1951.

En principio funcionó con una molienda de un trapiche que molía 500 toneladas de caña por día, la producción diaria de azúcar llegaba a 960 quintales. El traslado del azúcar procesado se lo hacía en forma manual, había mucho personal haciendo trabajo. Fue después que con la ayuda de entidades financieras el año 1964 adquirieron nuevas maquinarias.

Toda la administración siempre estuvo a cargo de la familia Gutiérrez, por los años 1975-1976, hicieron la mayor inversión para ampliar más el ingenio, la empresa creció y así que a partir del año 1999 existe una revolución en la automatización. Desde entonces la capacidad instalada de su fábrica de azúcar y destilería de alcohol se ha incrementado continuamente a través de los años, posicionándose hoy como una de las plantas de mayor capacidad de molienda en Bolivia, su capacidad instalada es alrededor de 12.000 toneladas de caña por día.²³

Ingenio Sucroalcoholero AGUAI S.A.

El Ingenio Sucroalcoholero Aguaí S.A. - es el sexto ingenio instalado en Bolivia en 2009. Su planta industrial está ubicada en el norte cruceño, entre los ríos Grande y Piraí, localidad de Aguaí, municipio

Fernández Alonso, a 30 kilómetros de la población de Mineros y a 110 kilómetros de la ciudad capital Santa Cruz de la Sierra.

La planta de Aguaí está construida en un área de 13 hectáreas. El sistema de procesamiento de la caña es automático, lo que permite una capacidad de molienda de 500 toneladas por hora que es tratada por dos motores. La chimenea del ingenio, de 50 metros de altura, no arroja humos contaminantes a la atmósfera y está construida cumpliendo las más estrictas normas medioambientales. Además, posee la mayor caldera instalada en el país con una capacidad de 220 toneladas de vapor por hora.

El ingenio utiliza grandes cantidades de agua para el lavado del bagazo, sin embargo, la tecnología de la planta permite que esa agua, obtenida del subsuelo, sea reutilizable sin límite. Se han construido varias torres para el enfriamiento del agua y habilitación continua para su posterior reutilización. Ostentan con orgullo los dos tanques de almacenamiento de alcohol más grandes del país y que fueron construidos por especialistas metal mecánicos bolivianos. Cada tanque tiene una capacidad de 20 millones de litros.

La inversión del ingenio es de aproximadamente 160 millones de dólares. Es el emprendimiento empresarial privado más grande ejecutado en Bolivia con capitales exclusivamente nacionales y financiamiento obtenido en el país a través de la Bolsa Boliviana de Valores.

Su capacidad instalada actual de molienda de caña de azúcar es aproximadamente de 12.000 toneladas métricas día.²⁴

Empresa Azucarera San Buenaventura (EASBA)

Las iniciativas para desarrollar la parte norte del departamento de La Paz datan de los años 70. La Corporación Regional de Desarrollo de La Paz (CORDEPAZ) se creó el año 1971 con tres estrategias de producción: 1. La creación de un polo de desarrollo regional en torno a una industria azucarera ubicada en el municipio de San Buenaventura, 2. La construcción de una represa hidroeléctrica y 3. La exploración y explotación de recursos hidrocarbúricos.

En noviembre del 2006, mediante la Ley 3546 se declara Prioridad Nacional la construcción del Complejo Agroindustrial de San Buenaventura, teniendo como base la implementación del ingenio azucarero, para la producción de azúcar y alcohol etílico.

En septiembre del 2010, el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, mediante Decreto Supremo 637 crea la Empresa Azucarera San Buenaventura

(EASBA), como Empresa Pública Nacional Estratégica.”²⁵ La construcción del ingenio se inicia en septiembre de 2012 y la recepción definitiva del ingenio se efectúa en diciembre de 2017, y de inicia la primera zafra oficial en 2018.

La capacidad instalada actual de molienda de caña de azúcar es aproximadamente de 7.000 toneladas métricas día.

ANEXO 5.

Proceso productivo de azúcar

El procesamiento del azúcar a partir de la caña de azúcar se puede estructurar en las siguientes etapas²⁶:

Labores de campo y cosecha

El proceso productivo se inicia con la preparación del terreno, etapa previa de siembra de la caña. Una vez la planta madura entre los 12 y 14 meses, las personas encargadas de la tarea de cosecha se disponen a cortarla y recogerla a través de alce mecánico o manual, para llevarla hacia los patios de caña de los ingenios.

Patios de caña

La caña que llega del campo se muestra para determinar las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Luego se pesa en básculas y se conduce a los patios donde se almacena temporalmente o se dispone directamente en las mesas de lavado de caña para dirigirla a una banda conductora que alimenta las picadoras.

Picado de caña

Las picadoras son unos ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, provistos de cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos.

Molienda

La caña preparada por las picadoras llega a un tándem de molinos, constituido cada uno de ellos por tres o cuatro masas metálicas y mediante presión extrae el jugo de la caña. Cada molino está equipado con una turbina de alta presión. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua, generalmente caliente, para extraer al máximo la sacarosa que contiene el material fibroso. Este proceso de extracción es llamado maceración. El bagazo que sale de la última unidad de molienda se conduce a una bagacera para que seque y luego se va a las calderas como combustible, produciendo el vapor de alta presión que se emplea en las turbinas de los molinos.

Pesado de jugos

El jugo diluido que se extrae de la molienda se pesa en básculas con celdas de carga para saber la cantidad de jugo de sacarosa que entra en la fábrica.

Clarificación

El jugo obtenido en la etapa de molienda es de carácter ácido (pH aproximado: 5.2), éste se trata con lechada de cal, la cual eleva el pH con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa. El pH ideal es de 8 a 8.5, lo cual nos da un jugo brillante, volumen de cachaza, aumenta la temperatura entre el jugo mixto y clarificado y se evita la destrucción de la glucosa e inversiones posteriores. Para una buena clarificación se necesita que la cantidad de cal sea correcta ya

que esto puede variar la calidad de los jugos que se obtienen.

La cal también ayuda a precipitar impurezas orgánicas o inorgánicas que vienen en el jugo y para aumentar o acelerar su poder coagulante, se eleva la temperatura del jugo encalado mediante un sistema de tubos calentadores.

La temperatura de calentamiento varía entre 90oC y 114.4oC, por lo general se calienta a la temperatura de ebullición o ligeramente más, la temperatura ideal está entre 94oC y 99oC. En la clarificación del jugo por sedimentación, los sólidos no azúcares se precipitan en forma de lodo llamado cachaza, el jugo claro queda en la parte superior del tanque; el jugo sobrante se envía antes de ser desechada al campo para el mejoramiento de los suelos pobres en materia orgánica.

Evaporación

El jugo procedente del sistema de clarificación se recibe en los evaporadores con un porcentaje de sólidos solubles entre 10% y 12% y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55% al 60%.

Este proceso se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en un conjunto de celdas de ebullición dispuestas en serie. El jugo entra primero en el pre evaporador y se calienta hasta el punto de ebullición. Al comenzar a ebullición se generan vapores los cuales sirven para calentar el jugo en el siguiente efecto, logrando así el menor punto de ebullición en cada evaporador. Una vez que la muestra tiene el grado de evaporación requerido, por la parte inferior se abre una compuerta y se descarga el producto. La meladura es purificada en un clarificador.

Aquí se comienza a evaporar el agua del jugo. El jugo claro que posee casi la mitad composición del jugo crudo extraído (con la excepción de las impurezas eliminadas en la cachaza) se recibe en los evaporadores con un porcentaje de sólidos solubles entre 10 y 12 % y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55% al 60%.

Cristalización

La cristalización se realiza en los “tachos”, que son aparatos a simple efecto que se usan para procesar la meladura y mieles con el objeto de producir azúcar cristalizada mediante la aplicación de calor. El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. Esta mezcla se conduce a un cristizador, que es un tanque de agitación horizontal equipado con serpentines de enfriamiento. Aquí se deposita más sacarosa sobre los cristales ya formados, y se completa la cristalización.

Centrifugación

La masa cocida se separa de la miel por medio de centrifugas, obteniéndose azúcar cruda o mascabada, miel de segunda o sacarosa líquida y una purga de segunda o melaza. El azúcar moscabado debe su color café claro al contenido de sacarosa que aún tiene.

Las melazas se emplean como una fuente de carbohidratos para el ganado (cada vez menos), para ácido cítrico y otras fermentaciones, entre ellas la del alcohol.

Refinación

El primer paso para la refinación se llama afinación, donde los cristales de azúcar moscabado se tratan con un jarabe denso para eliminar la capa de melaza adherente, este jarabe disuelve poca o ninguna cantidad de azúcar, pero ablanda o disuelve la capa de impurezas. Esta operación se realiza en mezcladores. El jarabe resultante se separa con una centrifuga y el sedimento de azúcar se rocía con agua.

Los cristales resultantes se conducen al equipo fundidor, donde se disuelven con la mitad de su peso en agua caliente. Este proceso se hace en tanques circulares con fondo cónico llamados “cachaceras” o “merenchales”, se adiciona cal, ácido fosfórico (3 a un millón), se calienta con serpentines de vapor y por medio de aire se mantiene en agitación. El azúcar moscabado, fundida y lavada, se trata por un proceso de clarificación.

Clarificación o purificación

El azúcar moscabado se puede tratar por procesos químicos o mecánicos. La clarificación mecánica necesita la adición de tierra de diatomeas o un material inerte similar; después se ajusta el pH y la mezcla se filtra en un filtro prensa. Este sistema proporciona una solución absolutamente transparente de color algo mejorado y forzosamente es un proceso por lote.

El sistema químico emplea un clarificador por espumación o sistema de carbonatación. El licor que se trata por espumación, que contiene burbujas de aire, se introduce al clarificador a 65°C y se calienta, provocando que la espuma que se forma se dirija a la superficie transportando fosfato tricálcico e impurezas atrapadas. El licor clarificado se filtra y manda decolorar. Este proceso disminuye bastante la materia colorante presente, lo que permite un ahorro en decolorantes posteriores.

El sistema de carbonatación incluye la adición de dióxido de carbono depurado hacia el azúcar fundido, lo cual precipita el carbonato cálcico. El precipitado se lleva 60% del material colorante presente.

Decoloración - Filtración

El licor aclarado ya está libre de materia insoluble pero aún contiene gran cantidad de impurezas solubles; éstas se eliminan por percolación en tanques que contienen filtros con carbón de hueso o carbón activado.

Los tanques de filtración son de 3 metros de diámetro por 6 metros de profundidad, espacio en el que hay de 20 a 80 filtros de carbón; la vida útil del filtro es de 48 horas. La percolación se lleva a cabo a 82°C.

Los jarabes que salen de los filtros se conducen a la galería de licores, donde se clasifican de acuerdo con su pureza y calidad. Los licores de color más oscuro se vuelven a tratar para formar lo que se conoce como "azúcar morena suave".

Una vez clasificados los licores se pasan a un tanque de almacenamiento, de donde se toman para continuar el proceso de acuerdo con el producto final deseado. Los cristales finos de azúcar se hacen crecer a un tamaño comercial por medio de una velocidad de evaporación o ebullición controlada, de agitación y de adición de jarabe. La velocidad no debe ser muy alta ya que se formarán cristales nuevos impidiendo que los ya existentes crezcan.

De los equipos de cristalización se pasa el producto a los tanques de mezclado para uniformar sus características, de ahí a las centrifugas y finalmente al área de secado. Otra posibilidad es pasar de los cristalizadores a otro tipo de cristalizadores, donde se obtienen otros tamaños de partículas: cristales finos para siembra, de ahí se pasa nuevamente a fundición, mezcladoras y centrifugas para separar las melazas de los cristales.

SECADO

El azúcar húmedo se coloca en bandas y pasa a las secadoras, que son elevadores rotatorios donde el azúcar queda en contacto con el aire caliente que entra a contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05%, para evitar los terrones.

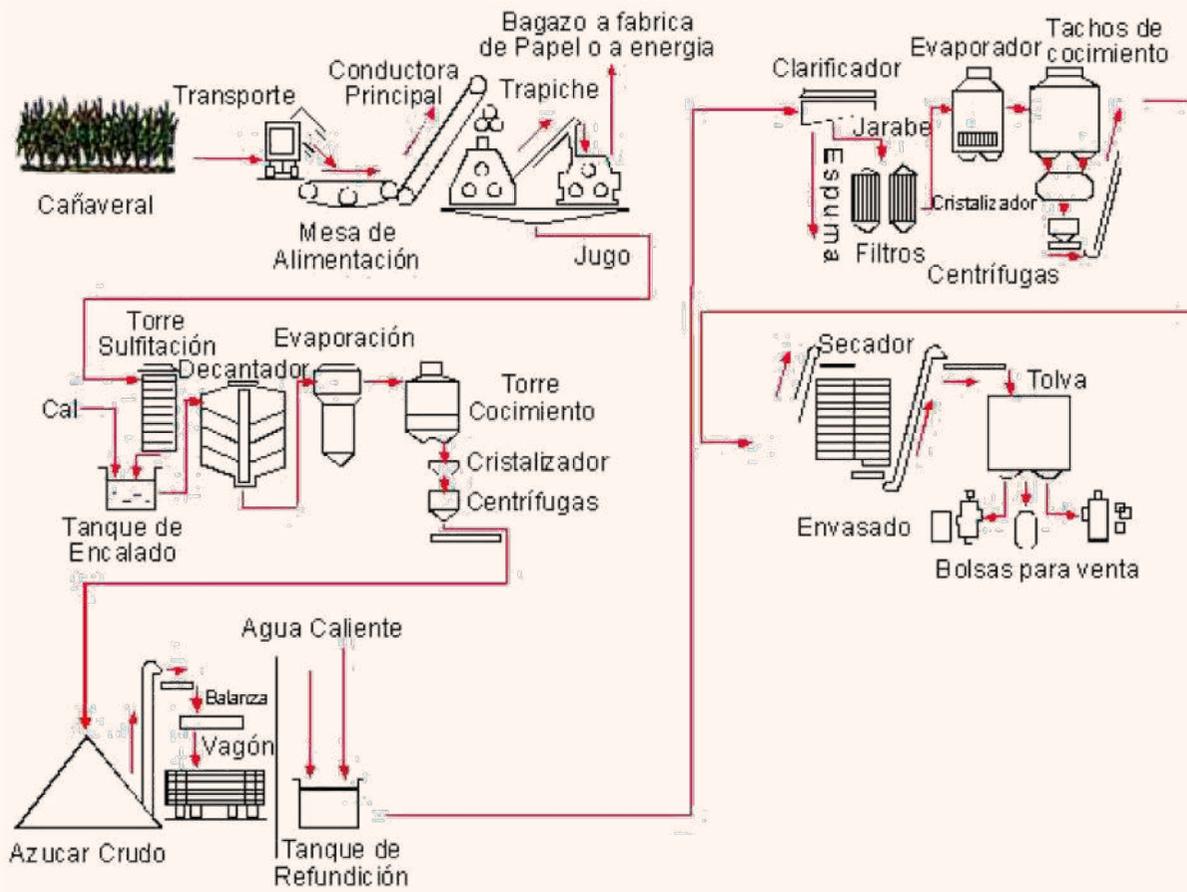
ENFRIAMIENTO

El azúcar se seca con temperatura cercana a 60°C, se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan el aire frío a contracorriente, en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40°C a 45°C para conducir al envase.

Envase

El azúcar seca y fría se empaca en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio.

FIGURA N° 8:
Diagrama del Proceso productivo del azúcar de caña



Fuente: Cadena Productiva del Azúcar-AEMP