



WATER SECURITY & SUSTAINABLE DEVELOPMENT HUB

COLOMBIA COLLABORATORY Volumen No. 2

**Mario Alejandro Pérez Rincón
Editor**

**Caracterización de la
Cuenca Alta del Río Cauca
y del Cultivo de la Caña
de Azúcar en Colombia:
historia y generalidades**

Universidad del Valle
Programa Editorial
Facultad de Ingeniería – Instituto CINARA

Título: Caracterización de la Cuenca Alta del Río Cauca y del cultivo de la Caña de Azúcar en Colombia: historia y generalidades

Editor: **Mario Alejandro Pérez-Rincón**

Autores: **Mario Alejandro Pérez-Rincón, Katherine Mosquera Víquez, Daniel Andrés Mosquera, Isabella Puente Prado, Yinneth Andrea Molina Macías.**

ISBN-PDF: 978-958-507-351-7

Primera Edición

© UNIVERSIDAD DEL VALLE

© AUTORES

Diseño y diagramación: **Laura María Betancourt Hernández**

Citarse como: Pérez-Rincón, M., Mosquera-Víquez, K., Mosquera, D. A., Puente-Prado, I., Molina-Macías, Y. A. (2025). Caracterización de la Cuenca Alta del Río Cauca y del cultivo de la Caña de Azúcar en Colombia: historia y generalidades, Vol. 2., Universidad del Valle - Instituto CINARA, Cali, Colombia.

Agradecimientos a: “Water Security and Sustainable Development Hub” funded by the UK Research and Innovation’s Global Challenges Research Fund (GCRF) [grant number: ES/S008179/1].



Este libro ha sido financiado con recursos internacionales, es de libre acceso y puede ser reproducido citando la fuente.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad ni de los financiadores, ni genera responsabilidad frente a terceros.

Cali, Colombia, agosto de 2025

Caracterización de la Cuenca Alta del Río Cauca y del cultivo de la Caña de Azúcar en Colombia: historia y generalidades

Mario Alejandro Pérez-Rincón (Editor)
Katherine Mosquera Víquez
Daniel Andrés Mosquera
Isabella Puente Prado
Yinneth Andrea Molina Macías



Tabla de contenido

Introducción	6
Capítulo 1. Caracterización de la Cuenca Alta del Río Cauca	7
1.1 Localización y características físicas del territorio	7
1.2 Dimensiones de análisis en la CARC	11
1.2.1 Dimensión Ambiental	11
1.2.2 Dimensión Económica	14
1.2.3 Dimensión Social	15
1.2.4 Dimensión Institucional	21
1.3 Referencias	21
ANEXOS	25
Capítulo 2. Historia del Monocultivo de Caña de Azúcar en el valle geográfico del Río Cauca: orígenes y desarrollo	28
2.1 Conformación del Conglomerado azucarero	30
2.1.1 Etapa de inicio 1900-1925	31
2.1.2 Etapa de crecimiento 1926-1958	31
2.1.3 Etapa de integración del conglomerado 1959-1990	33
2.1.4 Etapa de apertura e internacionalización 1991 – 2000	35
2.1.5 Nuevos hitos económicos, contexto moderno y contemporáneo	37
2.2 Conclusiones	39
2.3 Referencias	40
Capítulo 3. El Monocultivo de la Caña de azúcar: dimensiones territorial, económica, social, institucional y ambiental	42
3.1 Dimensión territorial	42
3.2 Dimensión económica	43
3.3 Dimensión social: el empleo azucarero rural	46
3.4 Desarrollo clúster: actores e institucionalidad	48
3.5 Dimensión Ambiental	52
3.6 Conclusiones	55
3.7 Referencias	56
Capítulo 4. Generalidades del cultivo de la caña de azúcar en la CARC	57
4.1 Morfología de la caña de azúcar	57
4.2 Fisiología de la caña de azúcar	61
4.2.1 Requerimientos climáticos	61
4.2.2 Requerimientos edáficos	62
4.2.3 Requerimientos nutricionales	62
4.2.4 Requerimientos hídricos	63
4.2.5 Mejoramiento de la caña de azúcar	64
4.2.6 Plagas y enfermedades	65
4.3 Prácticas culturales e insumos	65
4.3.1 Adecuación y preparación del terreno	66
4.3.2 Selección de la variedad	67
4.3.3 Siembra y resiembra	67
4.3.4 Fertilización	68
4.3.5 Riego	69
4.3.6 Control de malezas	70
4.3.7 Control de plagas	71
4.3.8 Aplicación de madurante	72
4.3.9 Cosecha	72
4.3.10 Conclusiones	73
4.4 Referencias	74

Resumen

La Cuenca Alta del Río Cauca (CARC) es una región estratégica de Colombia, que abarca territorios de cinco departamentos y desempeña un papel clave en la economía nacional gracias a su diversidad ambiental y a la expansión del monocultivo de caña de azúcar. Este cultivo, que ha transformado significativamente el paisaje y la economía regional, representa en la actualidad el 62% de la superficie de su valle geográfico y más del 41% del área cultivada en toda la CARC, convirtiéndolo en un motor del desarrollo agrícola e industrial en la zona.

No obstante, este crecimiento ha traído consigo serios desafíos ambientales, sociales y económicos. Entre ellos se destacan la degradación del suelo, el agotamiento de los recursos hídricos, la pérdida de biodiversidad, las tensiones sociales por el acceso a la tierra y la dependencia económica de una sola actividad productiva, que incrementa la vulnerabilidad ante el cambio climático y las fluctuaciones del mercado.

Este libro ofrece una mirada integral y crítica sobre la CARC y la expansión cañera, mediante un análisis estructurado en cuatro capítulos: la caracterización geográfica del territorio, la historia del monocultivo en la región, un análisis multidimensional de su situación actual, y una revisión de los requerimientos ambientales y procesos tecnológicos del cultivo. La obra busca aportar elementos para una comprensión más profunda de las dinámicas actuales del cultivo dentro de la cuenca y promover reflexiones sobre su sustentabilidad socio-ambiental futura.



Introducción

[6]

La Cuenca Alta del Río Cauca (CARC) es un área de importancia económica, social y ambiental en Colombia, abarcando territorios de cinco departamentos: Valle del Cauca, Cauca, Quindío, Risaralda y Caldas. Su configuración territorial, diversidad hidroclimática y variedad de suelos le otorgan características únicas que han favorecido el desarrollo agrícola, especialmente en la producción de caña de azúcar, que es el cultivo predominante en la región (CONPES 3624 de 2009, Uribe y Perafán, 2021, Ayala-Osorio, 2019). La expansión de este cultivo, que en 2017 ocupó el 41% de las hectáreas cultivadas en la CARC, ha dinamizado la economía regional y nacional, contribuyendo al valor agregado de los departamentos implicados (HUB, 2023).

Sin embargo, el crecimiento del monocultivo de caña de azúcar ha traído consigo desafíos significativos en términos de sostenibilidad ambiental, cohesión social y desarrollo económico equilibrado. En el plano ambiental, la expansión intensiva del cultivo ha contribuido a la degradación del suelo, la salinización y el agotamiento de los recursos hídricos, poniendo en riesgo la biodiversidad y la capacidad de la región para sostener su ecosistema (Mera-Garzón, 2022, p. 2, Pérez et al., 2011). En lo social, las comunidades locales, incluidas las poblaciones indígenas y afrodescendientes, han experimentado tensiones debido al uso intensivo de la tierra y al acceso limitado a recursos naturales vitales (Castillo Moya et al., 2020). Económicamente, aunque el monocultivo ha generado ingresos y dinamizado la economía regional, ha fomentado una dependencia en un solo tipo de producción, lo cual limita la diversificación económica y aumenta la vulnerabilidad ante las fluctuaciones del mercado y el cambio climático.

Este documento se divide en cuatro capítulos que buscan no solo presentar un análisis de la CARC y el cultivo de caña de azúcar, sino también ofrecer una visión integral y crítica de sus dinámicas. El primer capítulo se centra en la caracterización geográfica de la CARC, proporcionando un panorama de su estructura territorial y de los elementos que la configuran, fundamentales para comprender las dinámicas que influyen en su desarrollo y el uso del suelo. Esta sección es clave para contextualizar las interacciones entre el territorio y las actividades humanas que lo moldean. El segundo capítulo aborda la historia del monocultivo de caña de azúcar en la región desde sus inicios en el siglo XIX hasta la época actual en lo corrido del siglo XXI. El tercer capítulo por su parte, explora las dimensiones territoriales, económicas, sociales, institucionales y ambientales de este cultivo, destacando tanto sus contribuciones al desarrollo económico como los retos ambientales y sociales que surgen de su expansión. Finalmente, el cuarto capítulo examina los aspectos técnicos y agronómicos del cultivo, abordando la morfología y fisiología de la planta, junto con sus necesidades específicas de clima, suelo, agua y nutrientes. Además, se detallan las prácticas de manejo agrícola y los insumos empleados en el proceso productivo.

Este documento busca ofrecer una visión integral de la CARC y del papel fundamental que desempeña el monocultivo de caña de azúcar en su dinámica regional. A través de un análisis que abarca las características geográficas, la estructura territorial, los impactos ambientales, las interacciones sociales y los aspectos técnicos del cultivo, se pretende resaltar tanto las oportunidades como los desafíos que enfrenta la región con relación a la dinámica cañera.



Capítulo 1:

Caracterización de la Cuenca Alta del Río Cauca

1.1 Localización y características físicas del territorio

En la Gran Cuenca del Río Magdalena, principal arteria hídrica de Colombia está contenida la Cuenca del Río Cauca (CRC). La CRC está dividida, a su vez en dos subcuencas: Cuenca Alta del Río Cauca (CARC) que ocupa el 53,2% de su extensión y Cuenca Media y Baja, que ocupan el 46,8% restante.

La altura sobre el nivel del mar de la CRC está en un amplio rango que va entre 4.700 y 890 msnm aproximadamente, dotando a los territorios que la componen de diferentes características hidroclimatológicas a lo largo de su extensión y ofreciendo múltiples capacidades para las actividades productivas de la región. El río Cauca como principal arteria fluvial del occidente colombiano, le da el nombre a esta cuenca. Este río nace en el sur del país en el Macizo Colombiano, en el cerro El Español, cerca al páramo de Sotarà (Cauca), a una altura aproximada de 3.200 msnm, y tiene una longitud de 1.350 km (véase Figura 1.1). Su caudal varía por factores como la topografía, el clima, la actividad humana y sobre todo por la entrega de agua de sus diferentes afluentes. Por ejemplo: a la altura del embalse de Salvajina el caudal

alcanza 140 m³/s; en la ciudad de Cali se registran 250 m³/s y en Cartago, al norte del Valle del Cauca, el caudal se incrementa hasta los 404 m³/s. Por su parte, la CARC se encuentra entre las coordenadas geográficas 4.559.788 y 4.735.714 m longitud Este y 1.790.591 y 2.173.438 m latitud Norte en el occidente de Colombia, entre el Páramo de Sotarà en el departamento del Cauca y el municipio de La Virginia en el departamento de Risaralda; posee una longitud de 512 km y una superficie de 2.180.940 ha. La zona del valle geográfico del río Cauca que comprende entre el municipio de Timba y La Virginia, debido a su ubicación (entre los 900 MSNM–1.000 MSNM), se caracteriza por presentar un clima tropical con temperaturas relativamente altas y uniformes durante todo el año, variando entre 23,8°C y 30°C, con una oscilación de 11°C, la condición de lluvia es de aproximadamente 1.000 mm en dos épocas del año (Cenicaña, 2023).

De acuerdo con la zonificación establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la CARC cuenta con 26 subzonas hidrográficas ubicadas en los departamentos del Cauca y del Valle presentadas en la Tabla 1.1.

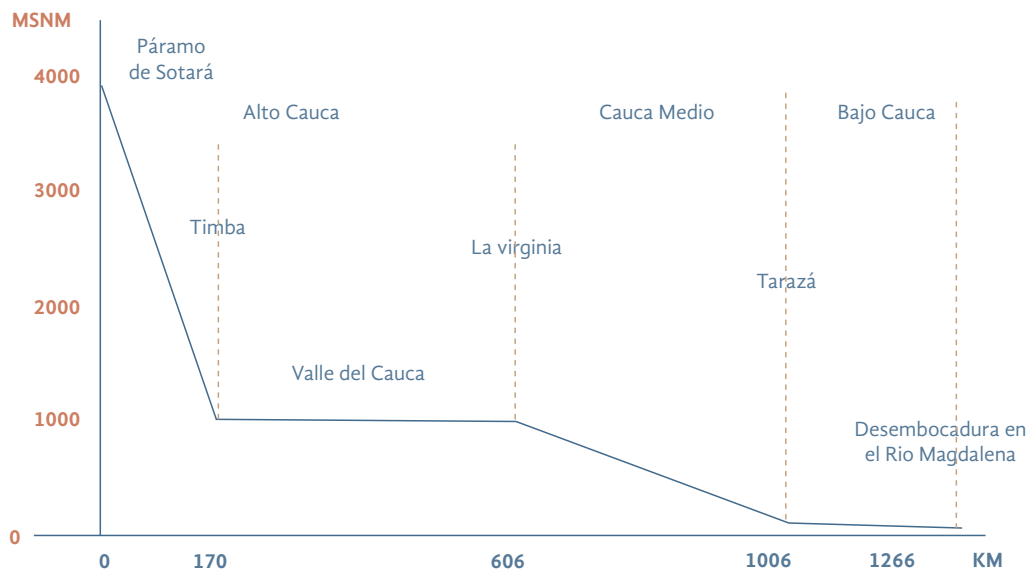
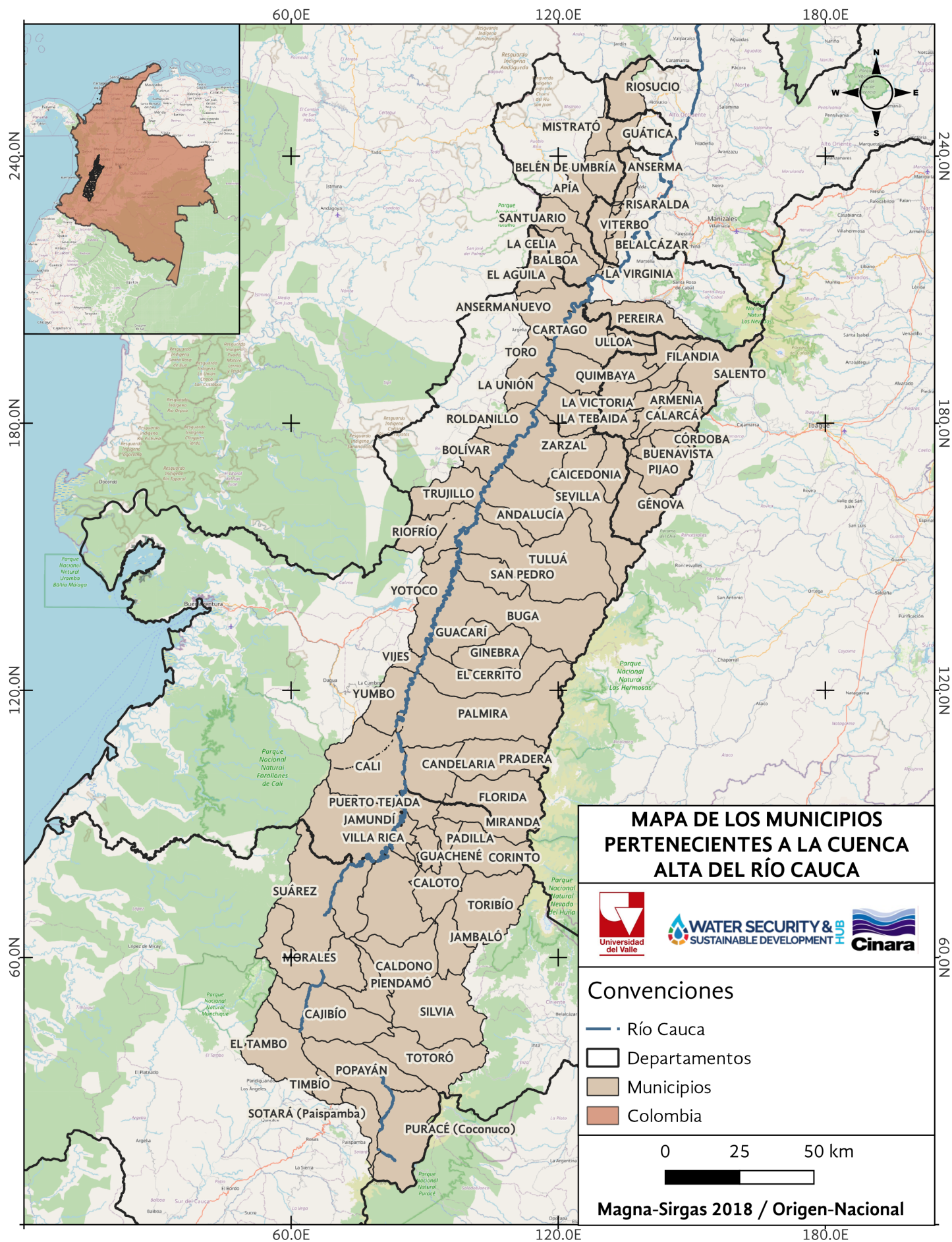


Figura 1.1. Perfil general de la Cuenca del Río Cauca (CRC)
Fuente: CVC y Universidad del Valle (2001)

[8]

Departamento	Subzona hidrográfica
Cauca	Alto Río Cauca Río Salado Y Otros Directos Al Cauca Río Desbaratado Río Palacé Río Piendamó Río Ovejas Río Quinamayó Y Otros Directos Al Cauca Río Palo Río Timba Río Desbaratado
Valle del Cauca	Río Timba Río Guachal (Bolo – Fraile Y Párraga) Ríos Pescador – Rut – Chanco – Catarina y Cañaveral Ríos Amaime Y Cerrito Ríos Tuluá Y Morales Río Riofrio Río La Vieja Río Desbaratado Ríos Claro Y Jamundí Ríos Lili, Meléndez Y Cañaverelejo Ríos Arroyohondo, Yumbo, Mulaló, Vijos, Yotoco, Mediacanoa Y Piedras Ríos Guadalajara Y San Pedro 1 Río Cali Río Bugalagrande Río La Paila Ríos Las Cañas – Los Micos Y Obando

Tabla 1.1. Subzonas hidrográficas en la Cuenca Alta del Río Cauca
Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2013)



Mapa 1.1. Municipios pertenecientes a la Cuenca Alta del Río Cauca (CARC)
Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2013)

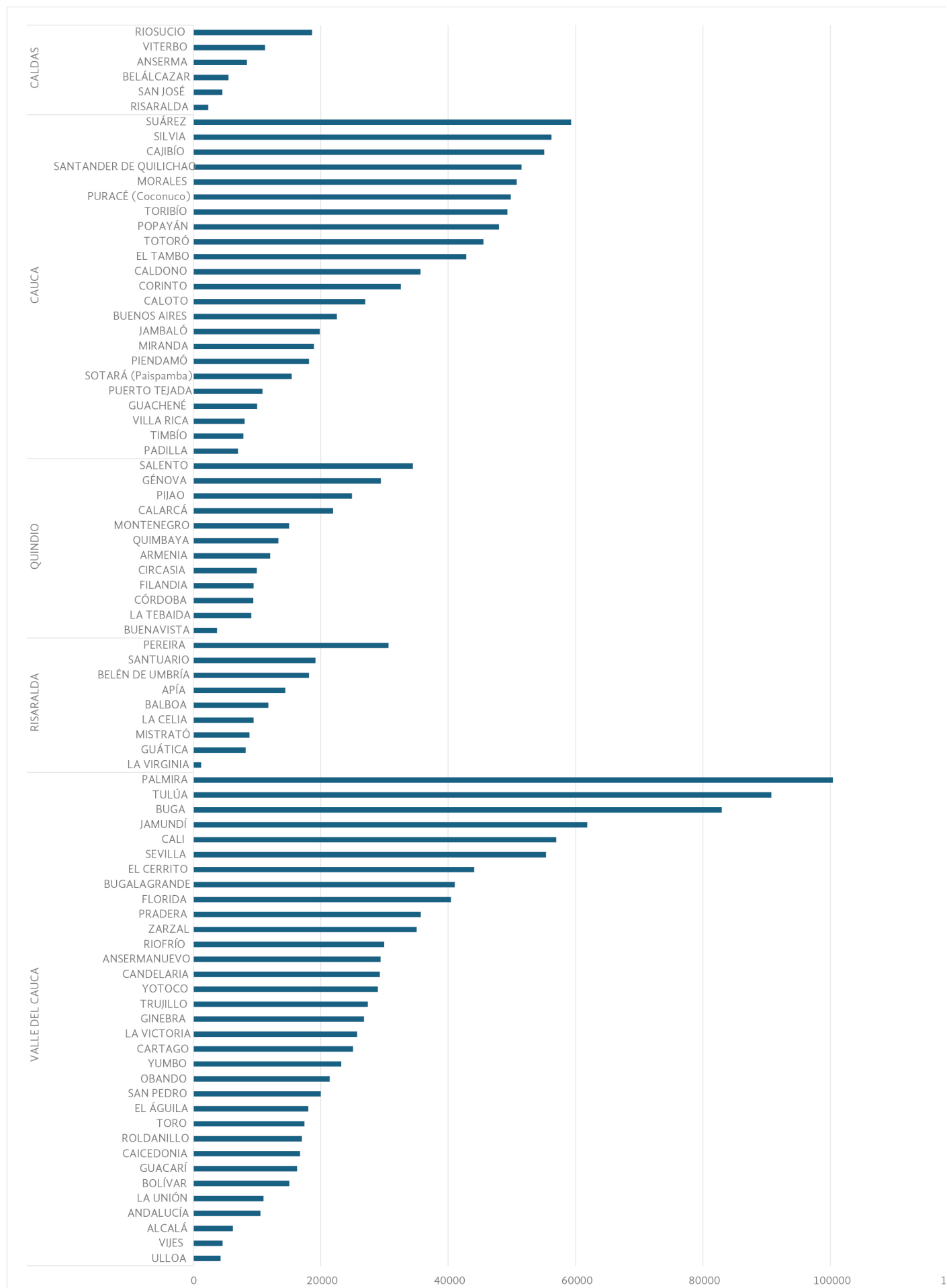


Figura 1.2. Área (ha) de los municipios que conforman la CARC
Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2013) y HUB (2023).

Respecto a su composición geográfica, a la CARC pertenecen 83 municipios de cinco departamentos: Valle del Cauca, Cauca, Quindío, Risaralda y Caldas. La distribución espacial de estos 83 municipios en los cinco departamentos de análisis se puede observar en el Mapa 1.1.

Dado que cada municipio presenta una participación diversa en términos de extensión, en la Figura 1.2 se puede apreciar el área de los municipios que conforman la CARC. En términos de área, los municipios con mayor participación en la CARC son:

- En el departamento del Valle del Cauca: Palmira, Tuluá, Buga, Jamundí, Cali, Sevilla, el Cerrito, Bugalagrande y Florida (con un total de 530 mil ha que corresponden al 25% del área de la cuenca).
- En el departamento del Cauca: Suárez, Silvia, Cajibío, Santander de Quilichao, Morales, Puracé, Toribío, Popayán, Totoró y el Tambo (508 mil ha o el 23% del área).
- En los otros tres departamentos, aunque con mucho menos participación se destacan: Pereira en Risaralda; Salento, Génova, Pijao y Calarcá en Quindío y Riosucio en Caldas (entre los 6 municipios hay 160 mil ha que concentran el 7% del área).
- Ahora bien, la distribución por departamentos se puede observar en la Tabla 1.2 con la siguiente dinámica: el Valle del Cauca y el Cauca poseen la mayor superficie de la CARC (49,1 y 34,1% respectivamente); mientras que Risaralda, Quindío y Caldas ocupan, en conjunto, el 16,8%.

Como se observó en este apartado, la Cuenca Alta del Río Cauca presenta una diversidad geográfica significativa, con municipios que enfrentan desafíos ambientales específicos debido a su ubicación y variabilidad climática. El presente documento busca recopilar diferentes características de la CARC desde cuatro dimensiones de análisis explicadas a continuación.

Departamento	Hectáreas (ha)	Participación (%) en la CARC
Valle del Cauca	1.070.463	49,1%
Cauca	742.684	34,1%
Quindío	192.780	8,9%
Risaralda	121.981	5,6%
Caldas	50.655	2,3%

Tabla 1.2. Distribución geográfica (ha) y participación (%) por departamentos en la CARC
Fuente: elaboración propia con base IDEAM (2013) y HUB (2023)

Departamento	Hectáreas (ha)	Part. (%) en el total
Cauca	13.556	59,7%
Caldas	1.419	6,2%
Quindío	2.536	11,2%
Risaralda	1.408	6,2%
Valle del Cauca	3.776	16,6%

Tabla 1.3. Hectáreas de cultivos forestales sembradas en la CARC, 2017
Fuente: IDEAM (2018)

1.2 Dimensiones de análisis en la CARC

Con el fin de comprender las diferentes dinámicas sociedad-naturaleza a lo largo de la CARC, especialmente en relación con el manejo y la utilización del recurso hídrico, se realiza un análisis de la Cuenca desde cuatro dimensiones, a saber: i) **Dimensión Ambiental**, que considera aspectos como la biodiversidad, la calidad del agua o el suelo, así como las zonas protegidas, entre otras; ii) **Dimensión Social**, centrada en las comunidades que habitan la Cuenca y su distribución en cada uno de los 5 departamentos que la componen, además del acceso a Servicios Públicos Domiciliarios (SPD); iii) **Dimensión Económica**, que incluye información sobre las actividades agroindustriales, además del análisis del Valor Agregado y iv) **Dimensión Institucional**, que sintetiza el marco legal y político que rige el uso del recurso hídrico en la CARC a nivel nacional, regional y local. A través del análisis de estas cuatro

dimensiones, se pretende proporcionar una visión holística sobre las relaciones sociedad-naturaleza en la CARC.

1.2.1 Dimensión Ambiental

De acuerdo con los registros de coberturas hasta el 2017 publicados por el IDEAM (2018), la CARC cuenta con 22.711 ha de cultivos forestales, de las cuales el 60% se encuentran en el departamento del Cauca, seguido por el Valle del Cauca con el 17% del total (Tabla 1.3); estos cultivos, que por definición no son iguales a un bosque, son el resultado de plantaciones de una misma especie, alineadas en términos de edad y en general, no autóctonas del territorio en que se siembran (ARBA, s. f.).

La Tabla 1.4 muestra el área de tierra (ha) ocupada en la CARC por los diferentes ecosistemas que la componen. En primer lugar, se encuentran los agroecosistemas¹, que abarcan el 79% del territorio con más de 1,7 millones de hectáreas; en segundo lugar, los

1. Un agroecosistema es un ecosistema gestionado y modificado por el ser humano para la producción de alimentos, fibras, combustibles y otros productos agrícolas. Estos sistemas incluyen cultivos, ganado, suelos, agua y la biodiversidad asociada, así como las prácticas de manejo utilizadas para mantener y mejorar la productividad y la sostenibilidad del sistema. Los agroecosistemas buscan equilibrar la producción agrícola con la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente (León-Sicard et al., 2018).

[12]

ecosistemas de bosque y arbustales ocupan 217.993 hectáreas, representando el 10% del total de la superficie. También, se estima que el 11% de la superficie la CARC corresponde a las áreas protegidas (239.739 ha) distribuidas entre Reservas Forestales (30,4%), Distritos Regionales de Manejo Integrado (29,1%), Parques Nacionales Naturales (29%) y Parques Naturales Regionales (4,3%). Con respecto a los usos del suelo, el 61,7% del área total de la CARC corresponde a la actividad agropecuaria y forestal (1,3 millones de hectáreas), seguida por las zonas naturales que abarcan el 36,4% del área de la CARC con más de 793.000 ha.

Además, la CARC posee una gran riqueza ambiental en fauna, flora y recursos hídricos. En este aspecto, debido a las características hidrográficas de la CARC, algunos estudios de biología muestran el crecimiento del número de peces desde 1922 hasta la actualidad², presentando que en la CARC existe un total de 85 especies (69 nativas y 16 introducidas) (Ortega-Lara, 2006).

Los procesos de degradación ambiental responden a dos factores: la actividad humana o antropogénica y los procesos naturales (como deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas, erosión geológica, etc.). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), el sector agrícola, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés) es el segundo mayor emisor de gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo. Este tipo de actividades, junto con las prácticas industriales, el crecimiento demográfico y los cambios en las actividades económicas de la población, han resultado en la expansión de la frontera agrícola. Estas dinámicas alteran los ecosistemas, provocando niveles elevados de salinización y erosión del suelo, así como el deterioro de la calidad del agua de los afluentes. La Tabla 1.5 muestra los niveles y cantidad de hectáreas alteradas por concepto de erosión y salinización de la tierra en la CARC.

Descripción	Tipo	Cantidad	Total	Part. (%)
Riqueza íctica de la CARC (número de especies)	Nativas	69	85	81,2%
	Introducidas	16		18,8%
Ecosistemas de la Cuenca (por tipo de ecosistema)	Agroecosistemas	1.727.771	2.180.941	79,2%
	Ecosistemas de bosque y arbustales	217.993		10,0%
	Ecosistemas acuáticos	23.413		1,1%
	Ecosistema de Páramo	153.675		7,0%
	Zonas urbanas y otros	58.089		2,7%
Principales Áreas protegidas en la CARC (en hectáreas)	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	72.805	239.738	30,4%
	Distritos Regionales de Manejo Integrado	69.819		29,1%
	Parque Nacional Natural	69.422		29,0%
	Parques Naturales Regionales	10.225		4,3%
	Otros	17.467		7,3%
Usos del Suelo (en hectáreas)	Agropecuaria y forestal	1.346.222	2.180.940	61,7%
	Zonas urbanas, etc.	40.364		1,9%
	Extracción minera	510		0,0%
	Zonas naturales	793.844		36,4%

Tabla 1.4. Indicadores ambientales de la Cuenca Alta del Río Cauca (CARC)
Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2012, 2018); Ortega-Lara et al., (2006), León-Sicard (2018); HUB (2023)

Descripción	Nivel	Hectáreas	% participación
Erosión de la tierra	Severa	109.928	5,0%
	Moderada	1.237.817	56,8%
	Ligera	474.603	21,8%
	No suelo / Sin evidencia	358.593	16,4%
Salinización de la tierra	Muy ligero – Ligero	1.648.175	75,6%
	Moderado	359.519	16,5%
	Severo – Muy Severo	134.138	6,2%
	No suelo (zonas urbanas)	39.107	1,8%

Tabla 1.5. Superficie (ha) por tipo de erosión y salinización de la tierra en la CARC
Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2013)

2. Entre estos estudios se encuentran los de Eigenmann 1922; Miles, 1943 y 1947; Díaz del Basto (1970); Mojica (1999) todos ellos citados por Ortega-Lara (2006).

Como se puede observar en la anterior tabla, gran parte de la CARC se ha visto afectada y de ello dan cuenta los indicadores de erosión y salinización que se muestran. Según el IDEAM (2013), el 84% del territorio de la CARC sufre algún grado de erosión entre severa, moderada y ligera. Asimismo, se observa que el 22% de la CARC presenta procesos de salinización de la tierra entre los niveles severo-muy severo y moderado³.

El recurso hídrico más relevante para esta cuenca es el Río Cauca, utilizado para la pesca, recreación, generación de energía, extracción de materia reverberada, consumo humano y riego en la agricultura; pero, además, como “cuerpo de agua receptor de residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales industriales y domésticas, lo que está contribuyendo al deterioro de la calidad del agua” (Galvis-Castaño, 2019, p. 12) medido por la disminución en el Oxígeno Disuelto (OD⁴) en el tramo Salvajina – Anacaro (Figura 1.3). Además de la materia orgánica (medida en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO5-), el río tiene asociados otros tipos de contaminantes con

riesgo agudo (coliformes y turbidez) y crónico (color, fenoles, metales pesados, pesticidas y contaminantes emergentes).

El Río Cauca ha perdido en los últimos 60 años la mayor parte de su capacidad de auto-depuración. Por ejemplo, de acuerdo con Muñoz (2012) la pérdida de superficie de los humedales se redujo en un 90% entre 1950 y 1986. Además, siguiendo a Figueroa-Casas (2012), la laguna de Sonso –el humedal más importante– se redujo en un 63,1% entre 1989 y 2009.

Respecto al proceso de concesiones de agua en la CARC (dinámica reglamentada por la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015), se observa que el sector con mayor cantidad de agua concesionada es el agropecuario con 69% y 92% en los niveles superficial y subterránea, respectivamente (Figura 1.4). Según el Ministerio de Ambiente de Colombia (SF), las concesiones de agua superficial se otorgan siguiendo un orden de prioridad en el uso del recurso. Los cinco primeros usos prioritarios son los siguientes: i) consumo humano, tanto colectivo como comunitario, en áreas urbanas y rurales; ii) necesidades domésticas

individuales; iii) usos agropecuarios comunitarios, incluyendo acuicultura y pesca; iv) generación de energía hidroeléctrica; y v) usos industriales o manufactureros.

Es importante resaltar que dentro de la CARC se concesionan 16.847 m³/año de agua superficial y 3.242 m³/año de agua subterránea (HUB, 2023). En cuanto al agua superficial, el uso agropecuario representa la participación más alta con un total de 69% del agua concesionada, seguido del consumo doméstico con un 18%. En el caso del agua subterránea, el sector agropecuario es el mayor consumidor con el 92% de las mismas, donde se destaca la caña de azúcar. Le sigue en este caso desde muy lejos la industria con un 5% del agua concesionada.

La información presentada en esta sección da cuentas de la abundancia en términos de biodiversidad y de recursos naturales existentes en la CARC, al mismo tiempo que muestra datos sobre los problemas ambientales como la erosión y salinización del suelo, que afectan gran parte de su territorio. Igualmente se observa el acaparamiento del agua en manos de la agricultura donde la caña de azúcar se destaca.

[13]

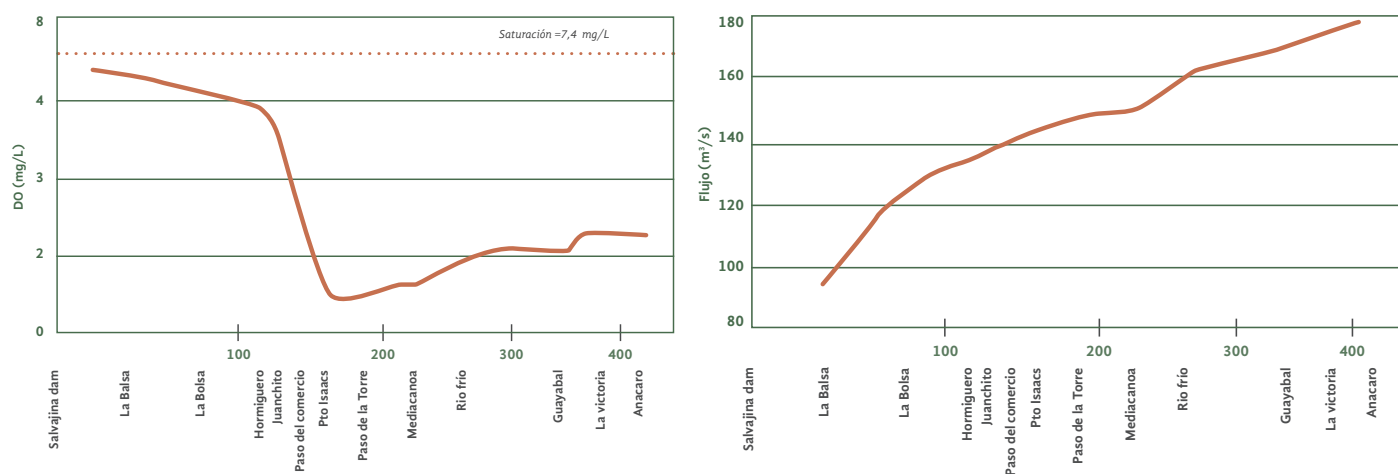


Figura 1.3. Flujo y Calidad del agua en el Río Cauca
Fuente: Galvis-Castaño (2019)

3. Según la CVC (2004), el área degradada en la Cuenca del Río Cauca (CRC) eran 470,000 ha en el año 2002.

4. Este factor asociado a la calidad del agua mide la distribución de oxígeno en el agua determinando a la vida acuática. En Colombia, el Decreto Presidencial 1594/84 establece que la calidad del recurso hídrico permisible para la preservación de fauna y flora es un OD entre 4,0 - 5,0mg/L

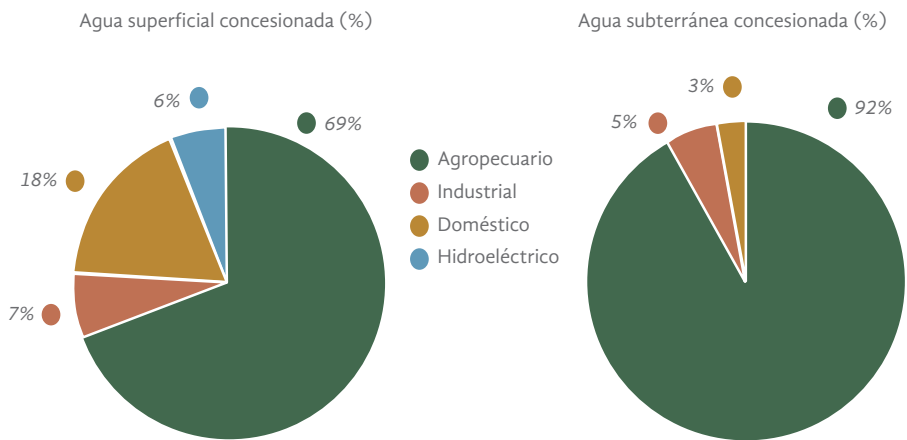


Figura 1.4. Agua superficial y subterránea concesionada en la CARC, 2014
Fuente: elaboración propia con base en HUB (2023)

1.2.2 Dimensión Económica

La Cuenca Alta del Río Cauca (CARC) es un núcleo de intensa actividad económica, abarcando sectores como la industria, el comercio, los servicios financieros, la agricultura, la ganadería y la minería, entre otros. Este entorno diverso hace que el análisis económico en la CARC sea crucial para entender, con mayor precisión, cómo las actividades desarrolladas en este territorio dinamizan la economía del país.

Particularmente, el monocultivo de caña de azúcar es una de las principales actividades agrícolas en la CARC y juega un papel significativo en la economía regional y nacional, ocupando, como se observa en la Tabla 1.6,

Tipo de Cultivo	Ha sembradas (2017)	% en el total
Caña	242,957	40,9%
Café	165,027	27,8%
Plátano	54,192	9,1%
Otros	132,011	22,2%
Total	594,187	100%

Tabla 1.6. Hectáreas de cultivos agrícolas sembrados en la CARC (2017)
Fuente: HUB (2023)

el 40,9% del total de hectáreas de cultivos sembrados en la CARC, con 242.957 hectáreas para el año 2017, seguido del café con 165.027 hectáreas, ocupando el 27,8% del territorio total agrícola sembrado en la CARC.

En la siguiente tabla se muestran algunos indicadores de actividad económica en la CARC. En términos de producción de pescado de agua dulce, el Valle del Cauca lidera con el 51,7% del total, seguido por el departamento

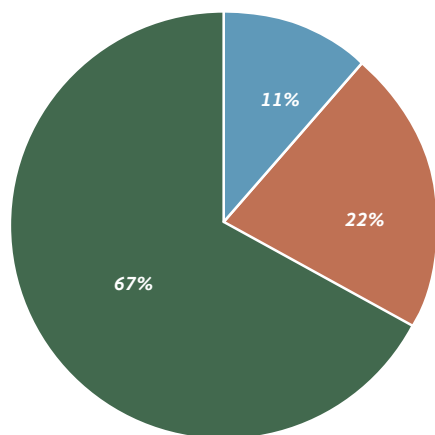
Producción anual de pescado en agua dulce (2014)	Departamento	Cantidad (ton.)	% participación en el total
	Cauca	211	38,4%
	Caldas	44	8%
	Quindío	10	1,8%
	Risaralda ⁶	-	-
	Valle del Cauca	284	51,7%
	Total	549	100%
Ganadería en la CARC	Departamento	Cabezas de ganado (miles)	% en el total
	Cauca	155,1	22%
	Caldas	42,3	6%
	Quindío	84,6	12%
	Risaralda	63,45	9%
	Valle del Cauca	359,55	51%
	Total	705	100%

Tabla 1.7. Producción de pescado y actividad ganadera en la CARC (2017)
Fuente: HUB (2023)

del Cauca con el 38,4%. Esta distribución evidencia la importancia de los recursos hídricos para las economías locales, donde la pesca es una actividad representativa. Finalmente, en cuanto a la ganadería, el Valle del Cauca alberga el mayor número de cabezas de ganado en la CARC, con un 51% del total, seguido del departamento del Cauca con el 22%. El valor agregado por actividades económicas en la CARC (Figura 1.5) muestra que las actividades terciarias predominaron en 2022, generando \$102,95 billones⁵, lo que representa el 67% del total. En contraste, las actividades primarias y secundarias representaron solo el 11% y 22%, respectivamente. Este predominio de las actividades terciarias podría estar relacionado con el fuerte impacto económico de las ciudades grandes del Valle del Cauca (Cali, Palmira, Buga, Tulúa y Cartago) y de otros departamentos como Pereira, Popayán y Armenia en el valor agregado de toda la cuenca. Además, el sector público juega un papel significativo en cada municipio, superando en importancia a los sectores primario y secundario.

5. El valor agregado estimado para la cuenca corresponde a la suma de los valores agregados de todos los municipios presentes en esta área demográfica y que son estimados por el DANE (2017).

6. El departamento de Risaralda no presenta datos de pesca en agua dulce, esto se debe a un posible error del DANE, y no que en el departamento no se desarrolle la pesca en agua dulce.



- Actividades Primarias
- Actividades Secundarias
- Actividades Terciarias

Figura 1.5. Valor agregado según actividad económicas de la CARC (en billones de pesos corrientes) 2022p

Fuente: elaboración propia con información de DANE (2024b)
p: provisional

De acuerdo con la Tabla 1.8, el Valle del Cauca lidera en valor agregado, con \$114,4 billones, lo que representa el 74,6% del total generado en la CARC. En segundo lugar, el departamento del Cauca contribuye con un 11,8% (\$18,1 billones). Los departamentos de Quindío y Risaralda, en la CARC, aportan un 7,3% y 5,6%, con \$11,26 y \$8,58 billones, respectivamente. Finalmente, Caldas presenta la menor participación, con \$1,1 billones, equivalentes al 0,7% del valor agregado total de la CARC. Esta distribución resalta al Valle del Cauca como el principal motor económico de la cuenca. En la Figura 1.6 se observa la dinámica de crecimiento del valor agregado de la CARC desde el año 2011 hasta las proyecciones del 2022. En un primer momento, a precios corrientes, el valor agregado fue de 63 billones de pesos en 2011 y en 2022 de 153. Esto refleja un crecimiento absoluto de 2.42 veces el valor inicial (con precios indexados al 2015) respecto al último año de análisis, y una dinámica de crecimiento anual sostenida con una tasa de 8.4% promedio anual.

Departamento	Cantidad (\$billones de COP)	% participación en el total.
Cauca	18,1	11,8%
Caldas	1,1	0,7%
Quindío	11,26	7,3%
Risaralda	8,58	5,6%
Valle del Cauca	114,47	74,6%
Total	153,51	100%

Tabla 1.8. Aportes al valor agregado por departamento perteneciente a la CARC (en billones de pesos), 2022p.

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2024b)
p: provisional

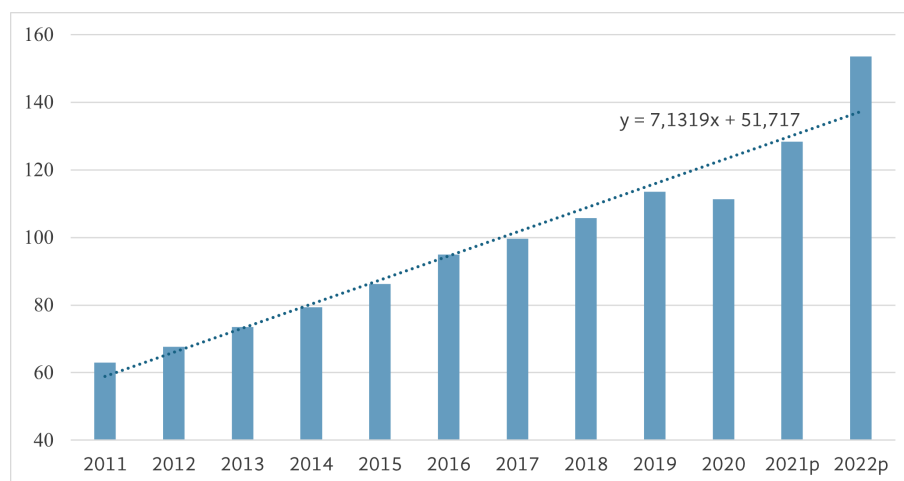


Figura 1.6. Valor agregado total (en billones de pesos a precios corrientes) en la CARC, 2011 – 2022p

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2024b)
p: provisional

1.2.3 Dimensión Social

La CARC, además de su riqueza ambiental, posee una gran relevancia social en Colombia. Por ende, esta sección se enfocará en comprender su dinámica demográfica y la riqueza de sus comunidades étnicas. Así, esta dimensión examina los patrones de población, el crecimiento demográfico y la distribución de los grupos étnicos. Es fundamental reconocer la importancia de conservar las tradiciones culturales ancestrales de las comunidades en la CARC, ya que este patrimonio, además de enriquecer la diversidad de la región, fortalece

la identidad y la resiliencia de sus habitantes frente a los desafíos contemporáneos.

De acuerdo con la proyección del Censo poblacional del DANE, a partir del último censo realizado en el 2018, la CARC cuenta con 6.107.802 habitantes para el año 2023, con una tasa de crecimiento anual promedio de 0,8% para el periodo. Como se observa en la Tabla 1.9, la mayor proporción de habitantes de la CARC se concentra en los departamentos del Valle del Cauca (67,7%) y Cauca (16,7%), con tasas de crecimiento anual promedio de 0,7 y 1,2% respectivamente entre 2018 y 2023.

[16]

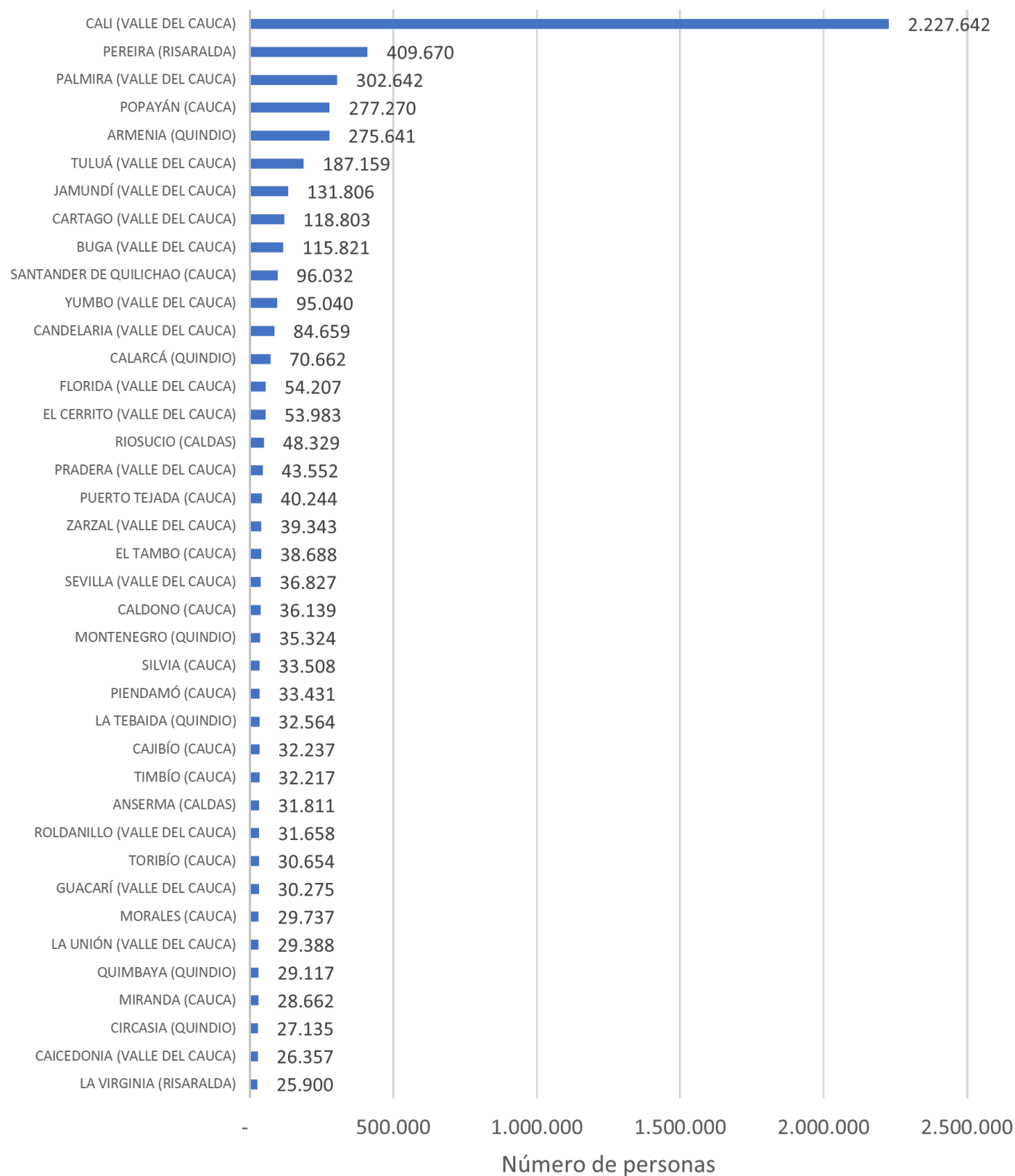


Figura 1.7. Población de los municipios más poblados de la CARC (2018)
Fuente: HUB, (2023)

Departamento/ Año	Población total	% dentro de la población total de la CARC	Población total	% dentro de la población total de la CARC	Tasa de crecimiento (2018-2023)
	2018		2023		
Caldas	63,404	1,1%	66,035	1,1%	0,8%
Cauca	957,162	16,3%	1.018.472	16,7%	1,2%
Quindío	535,329	9,1%	558,303	9,1%	0,8%
Risaralda	321,444	5,5%	330,425	5,4%	0,6%
Valle del Cauca	3.993.928	68,0%	4.133.846	67,7%	0,7%
Total	5.871.266	100%	6.107.082	100,0%	0,8%

Tabla 1.9. Población total dentro de la CARC, por departamento y tasas de crecimiento (2018 – 2023)

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2023)

Por su parte la Figura 1.7 muestra los municipios más habitados de la CARC. En estos se destacan los municipios del Valle del Cauca (Cali, Palmira, Tuluá, Jamundí, Cartago y Buga), Pereira (Risaralda), Armenia (Quindio) y Popayán y Santander de Quilichao del Departamento del Cauca.

Para 2023, según el DANE, la población étnica representó el 17,1% de la población total en la CARC con 1.044.572 habitantes donde la población Negra, Mulata, Afrodescendiente y Afrocolombiana contó con la mayor participación (11,7% del total); seguida de la población indígena con el 5,4%

(Tabla 1.10). Finalmente, las poblaciones Gitana, Raizal y Palenquera tuvieron menor participación con 1.269 habitantes (0,021%).

El análisis étnico por departamentos de las poblaciones Indígenas y Negra, Mulata, Afrodescendiente y Afrocolombianos (NMAA), muestra que para el caso del Cauca el 82,9% de la población étnica es mayoritariamente indígena; caso contrario en el Valle del Cauca donde el 72,6% de la población es NMAA. En el resto de los departamentos (Caldas, Quindío y Risaralda) se concentra una participación generalizada inferior al 2% de los grupos étnicos, a excepción del

departamento de Caldas que cuenta con un 6,4% de población indígena (Tabla 1.11).

La estructura social de los territorios indígenas está compuesta por siete pueblos, que se distribuyen en 49 resguardos alrededor de 35 municipios. Estos territorios indígenas abarcan un total de 84 mil hectáreas (Mapa 1.2). Casi la totalidad de los pueblos indígenas que habitan en la CARC se encuentran en los departamentos del Cauca (con 89,9%) y del Valle del Cauca con (8,8%), y el pueblo con mayor proporción de territorio habitado es el pueblo Páez con 2,54% de la CARC, seguido por el pueblo Misak con un 0,87%.

[17]

Etnia/Año de análisis	Población total	% dentro de la población total de la CARC	Población total	% dentro de la población total de la CARC	Tasa de crecimiento (2018-2023)
	2018		2023		
Indígena	307,786	5,2%	328,511	5,4%	1,3%
Gitana o Rrom	187	0,0%	197	0,0%	1,0%
Raizal	654	0,0%	679	0,0%	0,7%
Palenquera	381	0,0%	393	0,0%	0,6%
Negra, Mulata, Afrodescendiente y Afro-colombiano	685,566	11,7%	714,791	11,7%	0,8%
Ningún grupo étnico-racial	4.876.691	83,1%	5.062.510	82,9%	0,8%
Total	5.871.266	100%	6.107.082	100,0%	0,8%

Tabla 1.10. Población étnica dentro de la CARC y tasas de crecimiento, 2018 y 2023

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2023)

En este análisis de la dimensión social, es importante considerar la cosmovisión de los diferentes resguardos indígenas respecto a su relación con el río y el territorio. Por ejemplo, Mera-Garzón (2022), en su análisis sobre la relación sociedad-naturaleza en la CARC, encuentra que las poblaciones generan prácticas agrícolas basadas en saberes cotidianos que se transmiten por tradición oral entre familias y la comunidad, esto desarrolla un sentido de pertenencia que propicia la creación de espacios sociales de resiliencia y defensa de la naturaleza. Finalmente, encuentra que “las tensiones y conflictos ambientales son resultado del crecimiento urbano, así como del uso y demanda inadecuados de los ecosistemas, lo que lleva a su degradación y contaminación” (Mera-Garzón, 2022, p. 2).

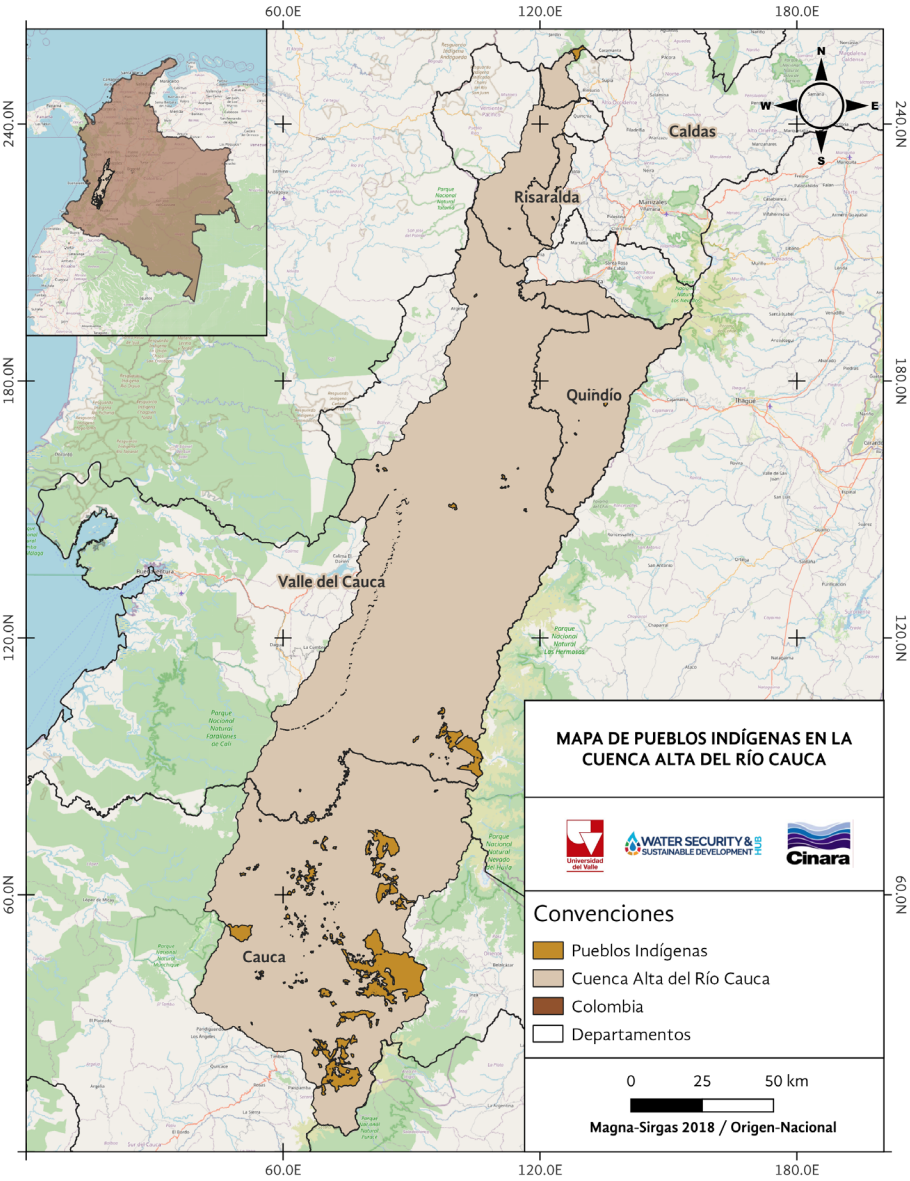
Bajo esta retórica, se decide analizar diferentes indicadores de bienestar social como el acceso Servicios Públicos Domiciliarios (SPD), las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y la Pobreza Multidimensional (PM) de la población. Para el primer caso se encuentra que, en términos de acceso a los SPD, el gas domiciliario es el que menor alcance tiene dentro de los municipios de la CARC, con un 29%; en segundo lugar, se encuentra que el servicio de alcantarillado sólo cubre al 38% de la población de la Cuenca y finalmente, se encuentra que el acceso al acueducto cubre al 71% de la población de la CARC (véase Tabla 1.12).

Según el DANE (2024), el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) permite medir de forma directa la pobreza, ya que calcula los resultados de la no privación de las personas en relación con ciertas características esenciales para la vida como la salud, el empleo, la educación, entre otras. El indicador se compone de cinco dimensiones: *condiciones educativas del hogar; condiciones de la niñez y juventud; trabajo; salud y condiciones de vivienda y servicios*. Estas dimensiones involucran 15 indicadores y los hogares que tienen al menos 33,3% de la privación de estos, son considerados pobres multidimensionalmente.

En los municipios que conforman la CARC, el IPM mostró a 2018⁷ su mayor incidencia en

Departamento	Población indígena	Población negra, mulata y afro (NMAA)
Caldas	6,4%	0,1%
Cauca	82,9%	25,4%
Quindío	1,0%	0,9%
Risaralda	1,5%	0,9%
Valle del Cauca	8,3%	72,6%
TOTAL	100%	100%

Tabla 1.11
Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2023)



Mapa 1.2. Pueblos indígenas en la Cuenca Alta del Río Cauca
Fuente: elaboración propia con base en IGAC (2012)

Mistrató (Risaralda) con el 65,35%, seguido de Cajibío (Cauca) con 56,9% y Caldono (Cauca) con el 56%. Los departamentos de Cauca y Risaralda presentan la mayor

concentración de municipios con mayor pobreza multidimensional (Mapa 1.3). Por su parte, los municipios con menor proporción de hogares en pobreza multidimensional son

Palmira, Cali y Guadalajara de Buga —todos en el departamento del Valle del Cauca— con 11,5, 11,9 y 12,3% respectivamente.

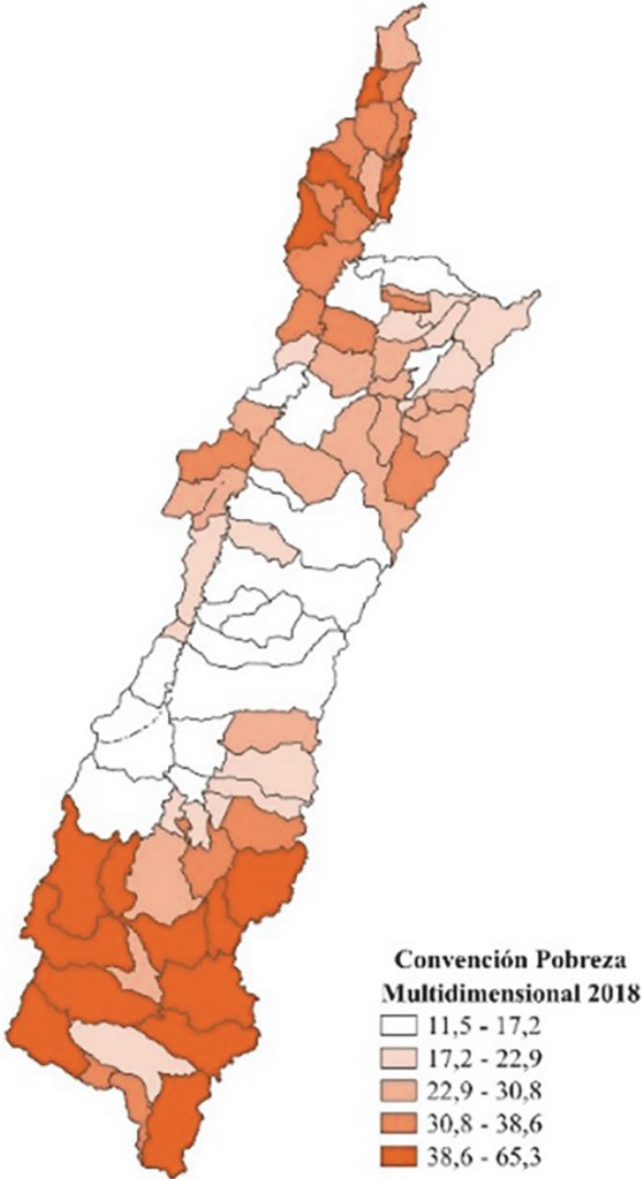
En lo que respecta a las cabeceras municipales, centros poblados y zonas rurales dispersas de los municipios, se evidencia una marcada diferencia en la incidencia de pobreza multidimensional, siendo los centros poblados y las áreas rurales dispersas los más afectados. En más del 90% de los municipios de la CARC, los centros poblados presentan índices de pobreza más altos que las cabeceras municipales. Un caso destacado es el municipio de Mistrató, con una diferencia de 61,2 puntos porcentuales (pp): mientras que la cabecera municipal registró una incidencia del 18%, en los centros poblados y zonas rurales dispersas fue del 79,2%. Es decir, el porcentaje de personas en situación de pobreza multidimensional en estas áreas fue 4,4 veces mayor que en la cabecera, convirtiendo a Mistrató en el municipio con mayor disparidad en este índice, seguido de Cajibío y Jambaló (Anexo 1).

De acuerdo con el DANE, las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es una metodología que determina si las necesidades esenciales de una población están cubiertas, utilizando una serie de indicadores básicos: viviendas inadecuadas, hacinamiento crítico, servicios inadecuados, alta dependencia económica y niños en edad escolar que no asisten a la escuela. Según estos indicadores, se considera que una persona vive en condiciones de pobreza si presenta al menos una de estas carencias, y en situación de miseria si enfrenta dos o más.

En cuanto a la CARC, el Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) de 2018 revela que la incidencia de NBI es mayor en los centros poblados del municipio de Totoró, con un 33,3%, seguido de Suárez con un 22,9%, Sotará con un 19,1% y Caldono con un 16,6%, todos pertenecientes al departamento del Cauca. Además, Totoró y Suárez presentan los índices más altos de personas en situación de miseria en la región, con 6,9% y 6,4%,

Acceso a Servicios Públicos Domiciliarios	Servicio Público Domiciliario	Cobertura en la CARC%
	Acueducto	71%
	Alcantarillado	38%
	Gas domiciliario	29%

Tabla 1.12. Cobertura de Servicios Públicos Domiciliarios en la Cuenca Alta del Río Cauca (CARC), 2018
 Fuente: elaboración propia con datos de HUB (2023).



Mapa 1.3. Índice de Pobreza Multidimensional en la CARC, 2018
 Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2018a)

7. El DANE presenta este indicador con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda (2018) y solo se encuentran los datos para este año.

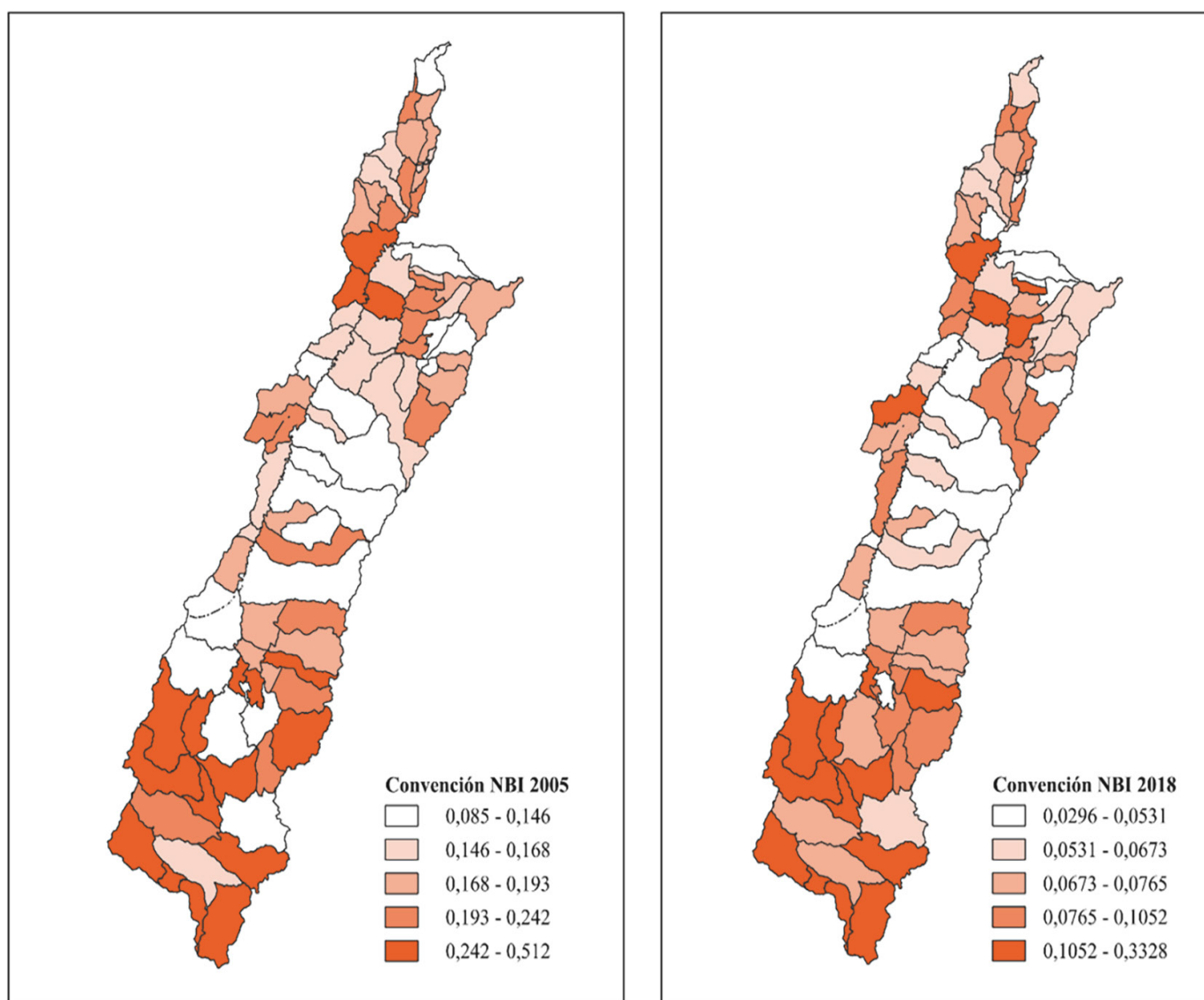
respectivamente. En contraste, los municipios con los menores índices de NBI son Ginebra, Ulloa y Guadalajara de Buga, con 3,0%, 3,5% y 3,6%, respectivamente, pertenecientes al departamento del Valle del Cauca.

Como se observa en el anterior mapa, en promedio, el índice de NBI tuvo una importante disminución en su incidencia dentro de la CARC, dado que en el año 2005 presentaba un rango entre 8,5% y 51,2%, mientras que en el año 2018 tuvo entre 3% y 33,3% aproximadamente,

evidenciando así una mejoría en la población en cuanto a la disminución de carencias críticas de la misma. No obstante, los municipios pertenecientes al departamento del Cauca presentan una mayor concentración de personas con Necesidades Básicas Insatisfechas en ambos periodos, comparado con los demás municipios, incluso para el año 2018 a pesar de haber tenido una reducción en este índice.

En conclusión, el análisis social en la CARC considera la importancia de comprender la

relación de las comunidades con el territorio. En este caso, es crucial reconocer que las tensiones y los conflictos ambientales han ocasionado migración y crecimiento de las zonas urbanas. Esto muestra que, al estudiar las relaciones entre la sociedad y la naturaleza es necesario incluir a los diferentes actores involucrados en estas dinámicas. Este análisis de actores se puede observar con mayor detenimiento en la *Dimensión Institucional*.



Mapa 1.4. Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas en la CARC (2005 y 2018)

Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2005, 2018b)

1.2.4 Dimensión Institucional⁸

Esta última dimensión de análisis de la CARC pretende comprender las dinámicas institucionales en la Cuenca desde varias perspectivas alrededor de la gobernanza del agua: primero, entender cómo diferentes actores y políticas internacionales han sugerido la estructura e implementación de la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) a partir de las recomendaciones del Consenso de Washington. Además de este componente histórico, se identifican los actores estatales a nivel nacional y regional, mientras que a nivel local se identifican, además de los actores estatales, las asociaciones y comunidades que intervienen en la CARC.

A comienzos de los años 90, cuando el mundo occidental discutía e implementaba diferentes reformas de política económica, las recomendaciones del Consenso de Washington emergieron como una receta para abordar y reestructurar diferentes procesos institucionales en América Latina, y Colombia no fue la excepción. Básicamente, se inició la migración del *Estado de Bienestar* hacia el *Estado Empresarial*. Autores como Oszlak (1992) consideran que se siguieron cuatro estrategias fundamentales: i) privatización, ii) desmonopolización, iii) desregulación y iv) descentralización. Bajo este marco, diferentes servicios sociales como la educación, la sanidad o los servicios públicos que habían sido responsabilidad del Estado de Bienestar, pasaron ahora a la esfera del mercado.

En América Latina, se siguió la tendencia de venta de las principales empresas industriales, comerciales y económicas del Estado, y se privatizó —en diferentes niveles— la provisión de seguridad social, servicios públicos, de salud y de pensiones, además de otros servicios elementales como el transporte, el abastecimiento de agua y electricidad. En Colombia, la instauración del modelo neoliberal no fue la excepción y se agudizaron diferentes políticas entre la reducción del tamaño del Estado, la liberalización

económica, el comercio exterior, la redirección del gasto público en subsidios o la venta y privatización de empresas del Estado. En el caso de los Servicios Públicos Domiciliarios (SPD), su nueva política reguladora respondió al modelo de Estado empresarial al procurar el manejo de las organizaciones prestadoras públicas de forma similar a las privadas “*con base en el criterio racional del costo-beneficio y atendiendo a las señales del mercado*” (Tabarquino, 2011, p. 166).

De la misma manera, para el caso colombiano, las reformas neoliberales se iniciaron con el proceso de descentralización. Específicamente, el sector de agua y saneamiento comenzó a tener cambios profundos en 1986 al dejar estos suministros bajo la responsabilidad de los alcaldes. Es decir, hubo un proceso de desmonte de los organismos y programas sectoriales de carácter nacional:

“El Decreto 77 de 1987 ordenó la liquidación del Instituto Nacional de Fomento Municipal que manejaba todas las empresas de servicios públicos del país, del Programa de Saneamiento Básico Rural y creó la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico en el Ministerio de Obras Públicas y Transporte que luego migró al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y que actualmente es un Viceministerio del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Se crearon las condiciones para la aplicación de las políticas de ajuste estructural en el sector de agua, a través de la Constitución de 1991 y la reglamentación de sus disposiciones se hizo mediante la ley 142 de 1994, la cual creó la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico y la Superintendencia de Servicios Públicos” (García, et al., 2023).

A partir de este punto de inflexión, se adopta el marco de la Nueva Gestión Pública que incluye las lógicas, modelos e instrumentos de la gestión privada para lograr las célebres 3E: *eficiencia, eficacia y efectividad*.

De esta manera, se reconfigura el Estado y éste adopta los modos de gestión, valores y carácter del sector privado (García et al., 2023). Siguiendo esas lógicas y con el fin de establecer acciones estratégicas para el manejo del recurso hídrico en el país, en el año 2010 entra en vigencia la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), planteada en un horizonte de 12 años. El documento del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), surge de las directrices fijadas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND 2006-2010) y establece como objetivo “*orientar la planificación, administración, seguimiento y monitoreo del recurso hídrico a nivel nacional bajo un criterio de gestión integral del mismo*” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p. 5).

Esencialmente, la PNGIRH entiende a la GIRH como un proceso de gestión del recurso que reconoce las interrelaciones de elementos tanto naturales como antropogénicos. Defiende, además, la maximización del bienestar social y económico sin arriesgar la sostenibilidad de los ecosistemas. De esta forma, implementar la GIRH en Colombia representa un reto porque pretende migrar desde los sistemas de gestión convencionales hacia sistemas con enfoque integral e incluyente con los procesos de gestión del recurso hídrico. Finalmente, bajo la perspectiva anterior, la noción de gobernanza se entiende primero, como el proceso de descentralización del poder estatal y segundo, como la asunción de la corresponsabilidad de los actores involucrados en las dinámicas, para encarar los retos del *bienestar social* y el *Desarrollo*.

Adicionalmente, bajo esta retórica, América Latina ha introducido nuevos cambios en la gestión del recurso hídrico; el ámbito jurídico, por ejemplo, alcanzó uno de los avances más relevantes: el reconocimiento de la Naturaleza como ente sujeto de derechos. Para el caso de Colombia, la sentencia T-622 de 2016 de la Corte Constitucional representa

[21]

8. Este análisis institucional se basó en “*Critical Water Governance Contextualising water security in Colombia, Ethiopia, India and Malaysia*” (García et al., 2023).

un hito histórico en este tema, pues “*reconoce al río Atrato como sujeto de derechos, con miras a garantizar su conservación y protección. Para ello, le ordena al Gobierno Nacional elegir un representante legal de los derechos del río, y mediante el decreto 1148 de 2017 el presidente de la República designó al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como representante legal*”. Esta sentencia se fundamenta en 3 pilares: i) el Estado Social de Derecho, ii) los Derechos bioculturales y iii) los Derechos territoriales y culturales (Palacio, 2024).

Lo anterior es relevante en esta investigación porque, de la misma manera, mediante Sentencia T-038 del 17 de junio de 2019 el Tribunal Superior de Medellín decidió “*reconocer al río Cauca, su cuenca y afluentes como una entidad sujeta de derechos a la protección, conservación, mantenimiento y restauración*”. En

forma más reciente, la Jurisdicción Especial para la Paz-JEP de Colombia, reconoció igualmente al río Cauca como víctima del conflicto armado según el Auto 2026 del 2023. Por esta razón, es necesario considerar la perspectiva actual por parte del Estado en torno a la gestión del recurso hídrico, principalmente en lo concerniente a los derechos que le han sido reconocidos (como la conservación o la restauración).

Además, en aras de comprender las diferentes dinámicas que están presentes en la CARC, las siguientes secciones recopilan los principales actores, entidades, documentos, etc., involucrados con el devenir social, agrícola y/o económico de la Cuenca.

1.2.4.1 A nivel nacional

La PNGIRH de 2010 busca, a grandes rasgos, lograr la incorporación del marco de Gestión Integral del recurso con el fin

de lograr la eficiencia en el uso del agua, sin dejar de lado aspectos relevantes como los socioeconómicos implicados en su gestión. En Colombia, esta gestión se conforma por las tres áreas que se relacionan en la Tabla 1.13, y que son responsabilidad del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT). Finalmente, este engranaje es coordinado y supervisado por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

De forma adicional, los procesos relacionados con el licenciamiento ambiental son responsabilidad de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), de las que se hablará en la siguiente subsección de nivel regional. Por su parte, este sistema de gestión se compone por un

Nombre del área	Entidad responsable	Coordinado y supervisado por
Asignación del recurso hídrico y control de la contaminación.	Sistema Nacional Ambiental - SINA	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).
Manejo de cuencas hidrográficas.		
Gestión de la demanda sectorial de agua y abastecimiento de agua potable.	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT	

Tabla 1.13. Gestión del Recurso Hídrico en Colombia. Áreas y entidades responsables
Fuente: : elaboración propia con base en García et al., (2023)

Nombre	Sigla
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	IDEAM
Instituto Alexander von Humboldt	-
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras	INVEMAR
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas	SINCHI
Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico	IIAP

Tabla 1.14. Grupos de apoyo técnico para la Gestión del Recurso Hídrico en Colombia
Fuente: elaboración propia con base en García et al., (2023)

Nº	Nombre	Siglas
1	Sistema Nacional Ambiental	SINA
2	Departamento Nacional de Planeación	DNP
3	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico	CRA
4	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	SSPD
5	Ministerio de Salud y Protección Social	MSPS
6	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	MVCT
7	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	MADR

Tabla 1.15. Entidades responsables de la gestión de la demanda sectorial de agua y abastecimiento de agua potable
Fuente: elaboración propia con base en García et al., (2023)

grupo de apoyo técnico de cinco (5) institutos especializados en diferentes temáticas. Esta información se relaciona en la Tabla 1.14.

Por último, para el caso del área de *Gestión de la demanda sectorial de agua y abastecimiento de agua potable* (Tabla 1.13), su manejo se realiza de forma intersectorial entre las siete entidades relacionadas en la Tabla 1.15.

En términos de articulación intersectorial para hacerle frente a las demandas ambientales a nivel nacional, incluyendo la GIRH, se definieron dos consejos: i) El Consejo Nacional Ambiental⁹ y ii) el Consejo Nacional del Agua¹⁰ con el fin de garantizar y administrar adecuadamente la conservación y sostenibilidad del recurso hídrico.

1.2.4.2 A nivel regional, departamental y municipal

Implementar los diferentes procesos de gestión del recurso hídrico es responsabilidad de las entidades territoriales. Desarrollar, implementar y gestionar las políticas y directrices establecidas es función de los gobiernos departamentales en términos administrativos y financieros. Son, a su vez, responsables de realizar el Plan Departamental de Agua como estrategia del Estado (por parte del Ministerio de Vivienda) para “lograr la armonización integral de los recursos y la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico” (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, s. f.), abordando problemas de infraestructura y alcance, entre otros, de la prestación de los SSPD en el territorio.

Dado que la gestión del agua incluye una cantidad grande de actores, y que ello puede generar fragmentaciones, el gobierno ha implementado diferentes herramientas en pos de garantizar la seguridad hídrica. Por ejemplo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) ha establecido nueve (9)

Plataformas Colaborativas¹¹, a saber: I) Río Chinchiná, II) Cuenca Alta del Río Cauca, III) Quebrada Toibita, IV) Río Pamplonita, V) Canal del Dique, VI) Río Lebrija, VII) Río Calenturitas, VIII) Río Cravo Sur y IX) Río Cusiana.

• Autoridades regionales

Por su parte, las entidades que gestionan los Planes de Ordenación del Recurso Hídrico (PORH) y los Planes de Ordenación de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) son las conocidas

Corporaciones Regionales. Ellas otorgan concesiones y licencias ambientales de los RN, realizan monitoreo ambiental a los usos del agua, recaudan impuestos por el aprovechamiento de estos RN, y también las contribuciones y, por último, sancionan las infracciones que puedan presentarse contra la normatividad ambiental. En los cinco (5) departamentos que componen la CARC están presentes las siguientes Corporaciones (Tabla 1.16).

Departamento	Nombre	Siglas
Cauca	Corporación Autónoma Regional del Cauca	CRC
Caldas	Corporación Autónoma Regional de Caldas	Corpocaldas
Quindío	Corporación Autónoma Regional del Quindío	CRQ
Risaralda	Corporación Autónoma Regional de Risaralda	CARDER
Valle del Cauca	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca	CVC

Tabla 1.16. Corporaciones Autónomas Regionales presentes en los departamentos de la CARC
Fuente: elaboración propia

[23]

Nº	Nombre	Siglas	Descripción
1	Asociación de Prestadores de Servicios Comunitarios de Agua y Saneamiento de Colombia	AQUACOL	Grupo de organizaciones comunitarias que prestan servicios de agua y saneamiento en Cauca y Valle del Cauca.
2	Federación de Sistemas Comunitarios de Acueducto Rural del Valle del Cauca	FECOSER	Organización colectiva que representa a las organizaciones de acueductos comunitarios del Valle del Cauca.
3	Corporación para la Protección y Conservación de Cuencas	CORPROCUENCAS	Organización de segundo nivel que agrupa acueductos comunitarios rurales y un distrito de riego. Procura conservar las cuencas hídricas de los municipios de Sotará, Timbío y El Tambo

Tabla 1.17. Actores comunitarios en la CARC. Sector agua y saneamiento
Fuente: elaboración propia

9. Véase Decreto 3079 de 1997

10. Véase Decreto 585 de 2017

11. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible “las Plataformas Colaborativas «se entienden como una Estrategia de Gobernanza promovida por el sector público que busca fomentar la acción colectiva de actores públicos y privados orientada a la restauración y recuperación de ecosistemas degradados especialmente en cuencas donde se adelantan procesos de instrumentalización de la gestión integral del recurso hídrico articulando esfuerzos técnicos, económicos, administrativos y de gestión” (MinAmbiente, s.f.)

La gestión ambiental a nivel regional es responsabilidad directa de las CAR de forma oficial a partir de la (Ley 99 de 1993, diciembre 22): “por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”.

1.2.4.3 A nivel local y comunitario

La articulación comunitaria es una forma de organización ciudadana que pretende incidir en la toma de decisiones a nivel territorial. En el sector de agua y saneamiento de la CARC hay diversos actores involucrados, entre ellos

AQUACOL, FECOSER Y CORPROCUENCAS, que se relacionan en la Tabla 1.17.

Aunque estas organizaciones han ganado territorio y visibilización de sus demandas ante el Estado, lo cierto es que el sector empresarial concentra un mayor nivel de poder político-económico en la CARC. Sin embargo, en términos de protección y conservación se han conformado, además de la Plataforma Colaborativa hoy Colectivo Río Cauca, para la Recuperación de la CARC, los Consejos de Cuenca y la Comisión por la recuperación de la Cuenca del río Cauca. La organización de esta última comisión se establece en la Figura 1.7.

En resumen, la gestión del recurso hídrico en la CARC es un entramado complejo que involucra diversas interacciones entre entidades gubernamentales, regionales y locales, además de diferentes organizaciones comunitarias. La participación activa de las comunidades locales y el fortalecimiento de la Política Ambiental es fundamental para preservar los Recursos Naturales desde un enfoque de sostenibilidad. Además, la integración y continua colaboración de los actores es imprescindible a la hora de formular estrategias de conservación en el territorio.

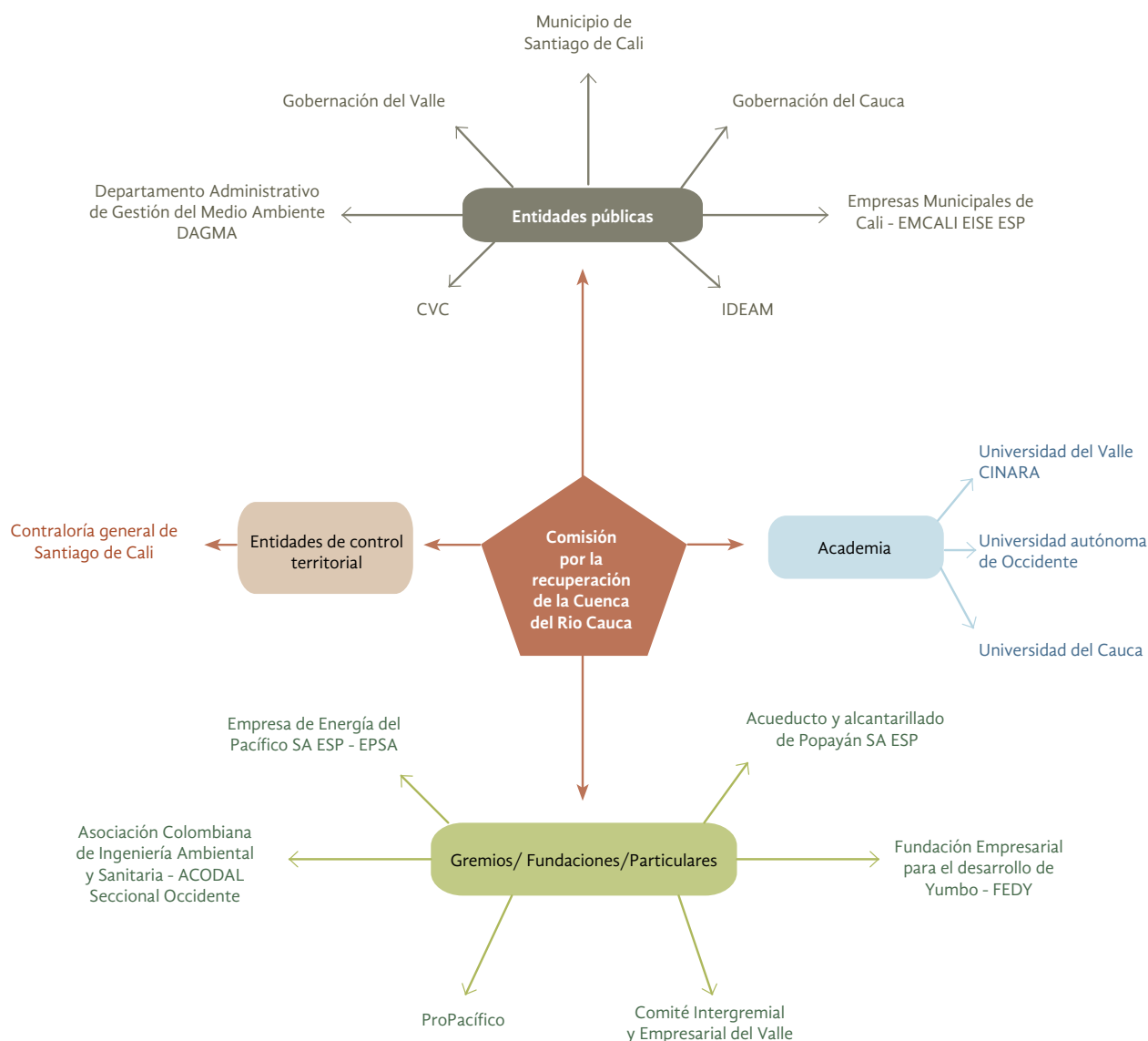


Figura 1.7. Miembros de la Comisión por la recuperación de la Cuenca del río Cauca
Fuente: García et al., (2023)

1.3 Referencias

- ARBA. (s. f.).** Cultivos forestales, desiertos verdes. Recuperado 19 de septiembre de 2024, de <https://arba-s.org/cultivos-forestales-desiertos-verdes/>
- Cenicaña. (2023).** Informe anual 2022— Cenicaña. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. <https://www.cenica.org/wp-content/uploads/2023/09/ia2022.pdf>
- CVC y Universidad del Valle. (2001).** Caracterización del Río Cauca y Tributarios Tramo Salvajina—La Virginia (p. 116) [Informe Ejecutivo]. <https://ecopedia.cvc.gov.co/agua/aguas-superficiales/caracterizacion-del-rio-cauca-y-tributarios-tramo-salvajina-la-virginia>
- DANE. (2005).** Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)—Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) [Dataset]. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/CNPV-2018-NBI-CENTROS-POBLADOS.xlsx>
- DANE. (2018a).** Medida de Pobreza Multidimensional Municipal—Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) [Dataset]. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/informacion-censal/anexo-censal-pobreza-municipal-2018.xlsx
- DANE. (2018b).** Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)—Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) [Dataset]. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/CNPV-2018-NBI-CENTROS-POBLADOS.xlsx>
- DANE. (2020).** Indicador seguimiento a la economía – ISE: Cuentas Nacionales. Principales resultados. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/presentacion_ISE_abril2020.pdf
- DANE. (2023).** Proyecciones de población municipal por área y Pertenencia Étnico-Racial—Periodo 2018-2035 [Dataset]. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/proyecciones-de-poblacion/Nacional/anex-DCD-Proypoblacion-PertenenciaEtnicoRacialmun.xlsx>
- DANE. (2024a).** Boletín técnico: Pobreza multidimensional en Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PM/bol-PMultidimensional-2023.pdf>
- DANE. (2024b).** Valor Agregado por municipio - Base 2015: Serie 2011 - 2022 provisional [Dataset]. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PIB/anex-PIBDep-ValorAgreMuni-2011-2022p.xlsx>
- FAO. (2020).** Estimación de emisiones de GEI y secuestro de carbono en agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra con EX-ACT. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tools-details/es/c/1295381/>
- Figuerola-Casas, A. (2012).** Descripción de área de estudio. In Peña, E.J., Cantera, J.R. and Muñoz, E. (Eds.) Evaluation of pollution in aquatic ecosystems. Case study in the Sonso Lagoon, Upper Cauca River Basin (pp. 53-61). Universidad Autónoma de Occidente and Universidad del Valle, Editorial Program, Cali, Colombia. (In Spanish).
- Galvis-Castaño, A. (2019).** *Integrated Pollution Prevention and Control for the Municipal Water Cycle in a River Basin Context. Validation of the Three-Step Strategic Approach.*
- IGAC (2012).** Mapa de Resguardos Indígenas. Mapa Oficial de Entidades Territoriales. Obtenido de: https://geoportal.igac.gov.co/sites/geoportal.igac.gov.co/files/geoportal/mapa_resguardos_indigenas_v1_2012.pdf
- Hub, Water Security. (2023).** *Documento de caracterización de la cuenca alta del río Cauca* (CARC), Colombia. Universidad del Valle.
- IDEAM. (2012).** Mapa de coberturas de la tierra [Map]. <https://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
- IDEAM. (2013).** Zonificación Hidrográfica de Colombia Año 2013 [Map]. <https://visualizador.ideam.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search?sessionId=D412F81E5D2CB590140691D883BCAD3A#/home>
- IDEAM. (2018).** Coberturas nacionales. <https://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-nacionales>
- Ley 99 de 1993, 59 (diciembre 22).** <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- León-Sicard, T.E.; Toro Calderón, J.; Martínez-Bernal, L.F.; Cleves-Leguizamo, J.A. (2018).** *The Main Agroecological Structure (MAS) of the Agroecosystems: Concept, Methodology and Applications.* Sustainability, 10, 3131. <https://doi.org/10.3390/su10093131>
- Mera-Garzón, M. R. (2022).** *Análisis de la Relación Sociedad—Naturaleza en la Estructura Ecológica de la Cuenca Alta del Río Cauca* [Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia e Instituto Geográfico Agustín Codazzi]. <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/04cab334-0af9-43fe-be83-ad05a48f7bf0/content>
- MinAmbiente. (s.f).** *Plataformas Colaborativas.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico__trashed/plataformas-colaborativas/
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010).** Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>
- Muñoz, E. (2012).** *Wetlands in the American continent. Concepts and classification.* In Peña, E.J., Cantera, J.R. and Muñoz, E. (Eds.) Evaluation of pollution in aquatic ecosystems. Case study in the Sonso Lagoon, Upper Cauca river basin (pp. 23–49). Universidad Autónoma de Occidente and Universidad del Valle, Editorial Program, Cali, Colombia. (In Spanish).
- García, M., Pinzón, F., Blanco, C., Duque, N., and Figuerola A., 2023.** “Critical Water Governance in the Upper Cauca River Basin” in Nagheeby, M., Amezaga, J., and Mdee, A., eds. Critical Water Governance: Contextualising water security in Colombia, Ethiopia, India and Malaysia. Joint Report. UKRI Water Security and Sustainable Development Hub. July 2023.

Ortega-Lara, A., Usma, J. S., Bonilla, P. A., y Santos, N. L. (2006). *Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia*. Biota Colombiana, 7(1), Article 1. <https://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/164>

Osztlak, O. (1992). *Estado y sociedad: Las nuevas fronteras*. Congreso Nacional de Administración Pública, 9. 25-27 nov 1992. <http://repositorio.cedes.org/handle/123456789/4018>

Pérez, M. A., Peña, M. R., y Alvarez, P. (2011). *Agro-industria cañera y uso del agua: análisis crítico en el contexto de la política de agrocombustibles en Colombia*. Ambiente y Sociedad, XIV(2), 153-178.

Tabarquino, R. A. (2011). Los servicios públicos domiciliarios en Colombia: Una mirada desde la ciencia de la política pública y la regulación. <http://www.eumed.net/libros-gratis/2011c/997/indice.htm>.

Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (s. f.). Planes Departamentales de Agua. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/planes-departamentales-de-agua>

ANEXOS

Anexo 1. 1. Medida de Pobreza Multidimensional (%). Municipio se la CARC, 2018.

Departamento	Municipio	Total (%)	Cabeceras (%)	Centros poblados y rural disperso (%)	Diferencia (%)
Risaralda	Mistrató	65,3	18,0	79,2	61,2
Cauca	Cajibío	56,9	19,8	59,3	39,5
Cauca	Jambaló	46,5	14,3	49,8	35,5
Cauca	Silvia	43,8	13,8	48,2	34,4
Risaralda	Belén De Umbría	35,6	19,0	53,0	34,0
Risaralda	La Celia	37,5	17,3	51,2	33,9
Risaralda	Santuario	39,9	22,2	56,1	33,9
Quindío	Génova	33,1	18,8	51,4	32,6
Quindío	Pijao	28,8	15,6	47,9	32,3
Caldas	San José	39,9	17,0	48,3	31,3
Cauca	Caldono	56,0	26,4	57,6	31,2
Risaralda	Apía	33,6	16,6	47,7	31,1
Cauca	Toribío	45,1	16,7	47,0	30,3
Cauca	Totoró	55,1	26,7	57,0	30,3
Caldas	Risaralda	39,4	21,4	50,7	29,3
Cauca	Morales	48,7	23,3	50,8	27,5
Valle del Cauca	El Águila	43,5	24,2	51,4	27,2
Valle del Cauca	Caicedonia	24,6	19,9	46,9	27,0
Caldas	Anserma	32,5	21,2	48,1	26,9
Caldas	Belalcázar	41,2	26,2	53,1	26,9
Caldas	Viterbo	26,0	22,2	49,0	26,8
Valle del Cauca	Bugalagrande	25,8	13,5	39,3	25,8
Cauca	Corinto	33,7	23,1	48,3	25,2
Quindío	Buenavista	29,0	15,0	39,9	24,9
Cauca	Caloto	37,4	18,0	42,3	24,3
Valle del Cauca	Obando	31,2	24,9	48,8	23,9
Cauca	Suárez	44,1	28,4	50,6	22,2
Valle del Cauca	Bolívar	29,7	13,9	35,6	21,7
Caldas	Riosucio	29,3	16,1	36,6	20,5
Cauca	Buenos Aires	42,5	23,1	43,4	20,3
Valle del Cauca	Vijes	19,0	13,0	33,2	20,2
Cauca	Timbío	35,7	24,0	44,0	20,0

Risaralda	Balboa	31,6	17,5	37,4	19,9
Risaralda	Guática	36,5	22,7	42,4	19,7
Valle del Cauca	Toro	32,1	26,2	45,2	19,0
Valle del Cauca	Trujillo	34,9	25,4	43,3	17,9
Risaralda	La Virginia	19,0	18,7	36,2	17,5
Valle del Cauca	Jamundí	14,9	11,3	28,8	17,5
Cauca	Puracé	39,5	24,6	41,3	16,7
Cauca	El Tambo	46,0	30,8	47,1	16,3
Cauca	Santander De Quilichao	23,8	15,7	31,7	16,0
Valle del Cauca	Sevilla	27,4	23,8	39,8	16,0
Valle del Cauca	La Victoria	22,9	18,8	33,7	14,9
Valle del Cauca	Ansermanuevo	31,3	26,1	40,4	14,3
Valle del Cauca	La Unión	22,5	20,2	34,3	14,1
Valle del Cauca	Roldanillo	16,5	13,0	27,0	14,0
Quindío	Filandia	18,1	12,3	25,6	13,3
Cauca	Popayán	18,4	16,3	29,4	13,1
Cauca	Sotará (Paispamba)	32,3	19,7	32,8	13,1
Valle del Cauca	Tuluá	13,7	11,6	24,5	12,9
Valle del Cauca	Riofrío	23,2	16,2	29,0	12,8
Cauca	Piendamó	30,7	22,9	35,3	12,4
Valle del Cauca	Ginebra	14,7	8,0	20,1	12,1
Cauca	Miranda	21,6	17,0	29,0	12,0
Risaralda	Pereira	15,1	13,1	24,6	11,5
Valle del Cauca	Guadalajara De Buga	12,3	10,8	22,2	11,4
Quindío	Calarcá	19,9	17,5	28,4	10,9
Quindío	Salento	19,7	14,5	24,9	10,4
Quindío	Quimbaya	22,0	20,3	29,9	9,6
Valle del Cauca	Cartago	16,6	16,4	25,7	9,3
Quindío	Córdoba	30,7	27,2	36,0	8,8
Valle del Cauca	Ulloa	24,2	19,5	28,3	8,8
Valle del Cauca	Yotoco	20,8	17,0	25,3	8,3
Valle del Cauca	San Pedro	18,0	13,4	21,7	8,3
Valle del Cauca	Florida	18,9	16,4	24,6	8,2
Valle del Cauca	Pradera	24,8	24,0	31,0	7,0
Valle del Cauca	Andalucía	15,3	13,9	20,8	6,9
Valle del Cauca	Zarzal	17,2	15,8	21,5	5,7
Valle del Cauca	Cali	11,9	11,7	17,0	5,3
Cauca	Padilla	22,0	19,4	24,5	5,1
Cauca	Guachené	20,2	18,2	21,2	3,0
Valle del Cauca	Palmira	11,5	10,8	13,8	3,0
Valle del Cauca	Yumbo	15,6	15,3	18,0	2,7
Quindío	Circasia	17,3	16,8	19,1	2,3
Valle del Cauca	El Cerrito	15,2	14,4	16,6	2,2
Valle del Cauca	Candelaria	15,5	14,2	15,9	1,7
Valle del Cauca	Alcalá	31,9	31,5	33,1	1,6
Valle del Cauca	Guacarí	16,0	15,6	16,7	1,1
Cauca	Puerto Tejada	16,6	16,7	15,8	-0,9
Quindío	Armenia	14,4	14,5	12,1	-2,4
Quindío	Montenegro	25,8	26,4	23,0	-3,4
Cauca	Villa Rica	22,7	23,7	20,2	-3,5
Quindío	La Tebaida	27,4	27,9	22,3	-5,6



Historia del monocultivo de caña de azúcar en el valle geográfico del Río Cauca: Capítulo 2: Orígenes y desarrollo

[28]

Para analizar el desarrollo histórico del cultivo de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca, en Colombia, y comprender cómo esta región se ha convertido en uno de los principales productores de materia prima a partir de este cultivo para la generación de múltiples productos y subproductos a nivel nacional y mundial, es necesario remontarse a las plantaciones establecidas en 1501. Fue entonces cuando, tras la llegada de los colonos europeos, se comenzó a cultivar las primeras especies de esta planta. Su consumo se popularizó rápidamente debido a su sabor dulce, similar al de la miel producida por las abejas. Con el tiempo, la caña fue cultivada tanto por los nuevos pobladores como por los indígenas, y su cultivo se extendió a las Islas del Caribe, México y más tarde a varias zonas de América del Sur (Ramos, 2005, pp. 49-50).

Sebastián de Belalcázar fue uno de los principales precursores de la industria de la caña de azúcar, partiendo de la isla La Española (Haití y República Dominicana), se dedicó al cultivo de esta planta en Centroamérica (Panamá y Nicaragua), utilizando mano de obra indígena y africana para las labores manuales, antes de que el cultivo de la caña se mecanizara. Posteriormente, Belalcázar se unió a la campaña de conquista del Perú, llevando consigo algunos ejemplares de caña para ser plantados en esa región. Tras dirigir la conquista de sur a norte, fundó las ciudades de Quito y Guayaquil. Continuó su camino hacia el Cauca y, en 1536, fundó las ciudades de Cali y Popayán, estableciéndose definitivamente en esta región en 1538. Su principal objetivo era asentarse en una villa y dedicarse al cultivo de la caña en tierras cercanas a Yumbo (al norte de Cali), las cuales se había adjudicado previamente para trabajar con su familia e hijos nacidos en América (Ramos, 2005, p. 51).

En un nivel doméstico, empezaron a funcionar los primeros trapiches en el Valle del Cauca, siendo un trabajo principalmente hecho a mano, que sería antecesor del trapiche de tracción animal adoptado

después en las islas del Caribe, este constaba de instrumentos como pailas (vasijas), cucharas de mango extenso y molinos, permitiendo la producción de mascabado o raspadura, como resultado de la evaporación del jugo de caña, lo cual constituyó en mayor medida el azúcar para las clases bajas de la población. El trapiche manual funcionaba con una fuerza de trabajo de entre 5 a 10 personas. Siendo característico de las haciendas tradicionales, representa el *estadio* más antiguo de lo que se conoce como la historia azucarera, diferenciándose como unidad productiva del ingenio mecanizado, ya que su implementación fue un fenómeno expandido por la población rural para el consumo dentro de la familia, aprovechando las características que ofrecía el azúcar melaza (Moreno, 1964, pp.169-170). Uribe y Perafán (2021) señalan que, los primeros trapiches estuvieron dedicados a la producción de miel, panela, azúcar de pan y aguardiente.

Para el año 1560, la caña de azúcar ya se cultivaba en el Valle del Cauca¹², la costa Caribe, el centro del país y lo que hoy es el departamento de Caldas, a la par de la expansión demográfica acontecida por la búsqueda de mayores tierras para cultivar, la explotación minera y el pastoreo. Los colonizadores fueron introduciendo a los territorios indígenas gran cantidad de herramientas de cultivo, con una mayor tecnología, desarrollando cultivos de arados, aprovechando la mano de obra de quienes ya tenían un buen manejo de la metalurgia y conocían la forma de sembrar la tierra, además de soportar grandes cargas de trabajo. Debido a que fueron siendo diezmados, a causa del excesivo desgaste laboral, se comenzaron a utilizar esclavos traídos de África para el trabajo en los trapiches (Ramos, 2005, p.52).

Como consecuencia, el azúcar ya era parte fundamental de la actividad económica de las colonias en el año 1600, encontrándose importantes plantaciones de caña en las islas del Caribe y Brasil, allí se procesaba en ingenios con molinos de agua y aquellos puestos a girar por caballos (Pruna, 2014, citado por Uribe y Perafán, 2021, p.19). Esto se puede entender ya que el azúcar era indispensable en diferentes procesos de elaboración de alimentos lo cual exigió expandir la producción que ya podía darse en las nuevas colonias. Conforme se incrementó la demanda de este producto los ingenios que antes utilizaban solamente mano de obra indígena incrementaron la productividad con mano de obra esclava dedicada a la limpieza de los terrenos para la siembra, en la cosecha de la caña y en el transporte hasta los ingenios donde se hacía el proceso de moler y purgar (Uribe y Perafán, 2021, p.19).

Por otro lado, a finales del siglo XVI, llegaron a la región del Valle del Cauca, personal capacitado en el procesamiento de caña de azúcar, conocidos como los “maestros del azúcar”, expertos que introdujeron



Figura 2. 1. El trapiche o molino de azúcar de tracción animal
Fuente: Uribe y Perafán (2021)

procesos eficientes para la elaboración de azúcar y otros productos, lo que condujo al incremento de las plantaciones y a la expansión de la producción en las nuevas colonias (Ramos, 1995). En un contexto paralelo, para el año 1666, las islas del Caribe ya contaban con unas ochocientas plantaciones de azúcar y aproximadamente ochenta mil esclavos. Además, para finales de este siglo, en Brasil se registraban unos 120 ingenios azucareros (Galeano, 2004; Uribe y Perafán, 2021). Este crecimiento reflejaba cómo, debido al colonialismo, lo que antes era una extensa zona de cultivos diversos, fue siendo reemplazada casi en su totalidad por el cultivo de caña (Galeano, 2011 citado en Uribe y Perafán, 2021, p. 21).

Luego, a mediados del siglo XVII, los dominios de la Compañía de las Indias Orientales llegaron a controlar Brasil, conduciendo a una asimilación del conjunto de técnicas empleadas allí para el cultivo y difundidas por las islas del Caribe. No obstante, esto consistió en un movimiento de la fuerza de trabajo que eliminó los hábitats de los humedales preexistentes convirtiéndolos en sabanas (Castro, 1984, citado por Uribe y Perafán, p.20). Estas técnicas trajeron consigo ventajas que implicaron mejoría en el transporte y también todos los recursos necesarios para el fortalecimiento de los ingenios azucareros, permitiendo en gran medida, los cambios significativos de las colonias para su sostenimiento y el estilo de vida de las personas que allí operaban (Uribe y Perafán, 2021, p. 27).

A finales de este mismo siglo, seguían operando los ingenios de Amaime y Caloto en el Valle del Río Cauca, y se habían fundado otros en Candelaria, El Palmar, Agua Clara, Sonso, Buga, Tuluá y, en la banda izquierda, en el Hato de Lemos, Vijes, Yumbo, Cañasgordas y Jamundí. Las plantaciones no eran grandes, pero se planificaban los tiempos de siembra y cosecha (Ramos, 1995). Por ende, antes de la fundación del ingenio La Manuelita en la región en 1864, ya existía un número

12. Es importante aclarar que, en distintos contextos, se hace referencia tanto al Valle Geográfico del Río Cauca como al departamento del Valle del Cauca, ya que la Cuenca Alta del Río Cauca forma parte de este valle geográfico. Además, según el documento CONPES 3624, “la Cuenca Alta del Río Cauca tiene un área aproximada de 22.900 km², de la cual el 3% se encuentra en el departamento del Cauca, el 47 % en el Valle, el 13% en Risaralda y el 8 % en Quindío” (CONPES, 2009, p. 5).

importante de haciendas con trapiche que, si bien no representaban una destacada área sembrada y productiva, venían perfilando el terreno, de manera rudimentaria, para la especialización en la caña de azúcar en este territorio (Uribe y Perafán, 2021).

Una de las razones por las que el cultivo de caña fue tan próspero y se asimiló con facilidad en la región geográfica del Valle del Cauca¹³, tiene que ver con las características y ventajas que el suelo y el clima de esta región, ya que se conforma como una planicie que surgió hace millones de años de las fracturas geológicas producidas en la formación de la cordillera de los Andes, que durante procesos de calentamiento del interior de la corteza terrestre fue llenada de una capa de sedimentos expulsados por los volcanes ubicados en los departamentos de Caldas y Tolima, concentrándose así una gran cantidad de material de lava sobre el cauce del Río Cauca en el norte del departamento, inundando toda la zona del valle hasta que la laguna formada se secó, teniendo como resultado suelos profundos y superficies de alta fertilidad (Rodríguez, et al. 2007 citado por Ayala-Osorio (2019); Uribe y Perafán, 2021).

A pesar de la crisis del sistema minero colonial desarrollada a lo largo del siglo XIX, la producción cañera continuó y se mantuvo. Superados los conflictos políticos derivados de la independencia y de las reformas sociales iniciadas por el Estado republicano, se vivió un repunte agropecuario, que llevó a que las haciendas de trapiche se dedicaran principalmente a la producción de aguardiente, y se fundaron fábricas de este licor en diversas ciudades del país. Como resultado, entre 1830 y 1898, la exportación de caña se limitó a solo 20.000 toneladas, debió a que, durante este período, la producción de aguardiente predominó dada su alta demanda y rendimiento económico (Bermúdez, 2017).

En 1867, Santiago Eder modernizó el molino de tracción animal en la hacienda La Rita, introduciendo un molino de tres masas horizontales accionado por una rueda de hierro impulsada por las aguas del Río Nima, y de esta manera, para 1901, se inauguró maquinaria avanzada que incrementó la producción a 5 y 6 toneladas diarias de azúcar. La incorporación de la caña Barbados y el inicio de registros pluviométricos marcaron el comienzo de la moderna industria azucarera en el Valle del Cauca, por ende, un hito significativo en este desarrollo fue la inauguración de la fábrica de azúcar blanco granulado del actual Ingenio Manuelita en Palmira el 1 de enero de 1901. Esta instalación, equipada con centrifugas y equipos a vapor importados de Escocia,

aumentó la capacidad de molienda a 50 toneladas de caña cada doce horas (Ramos, 1995; Cenicaña, 2014).

Paralelamente, hacia finales del siglo XIX y principios del XX, surgió un conflicto entre el sistema tradicional de haciendas y las pequeñas parcelas campesinas, agravado por la incorporación de capitales en las zonas rurales, lo que impulsó el surgimiento de empresas agrícolas capitalistas (Mejía, 2002; Vásquez, 2000; Rojas, 1983). A esto se sumaron las guerras civiles y la fragmentación del Gran Cauca¹⁴, lo que acentuó la crisis del sistema hacendatario y favoreció el ascenso del capitalismo agrario empresarial, desencadenando la lucha de las comunidades rurales y campesinas. En este escenario de transformación, Uribe y Perafán, (2021), denominan esta etapa como “*El ingenio de transición*”, donde se pasa del trapiche panelero tradicional a la fábrica azucarera. Este cambio de lo artesanal a lo industrial implicó el uso de maquinaria, el incremento de la productividad y la introducción de trabajo intelectual, con la participación de ingenieros y mecánicos.

2.1 Conformación del Conglomerado azucarero

En el Valle Geográfico del Río Cauca, la modernización de la industria azucarera comenzó en 1901 con la fundación del Ingenio Manuelita (Uribe y Perafán, 2021). Según Ramos (1995), para 1903 ya existían 400 plazas¹⁵ de caña y fue en ese momento cuando se empezó a llevar un registro pluviométrico utilizando instrumentos de precisión. Este avance marcó el inicio de una etapa decisiva en el desarrollo de la moderna industria azucarera en el Valle del Cauca.

Teniendo en cuenta la modernización y expansión de la industria de la producción de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca, esta se ha concebido siguiendo un conjunto de etapas, en las que se relacionan actores de diferentes niveles del sector, con diversos esfuerzos de cooperación, entre empresariado y gobierno, la implementación de desarrollos tecnológicos necesarios en búsqueda de una mayor automatización del proceso, creando las bases de un clúster que tiene como principio transformar las unidades productivas del sector de la caña aumentando sus capacidades para su acoplamiento a la demanda internacional, producto de una pluralidad de usos que se le pueden dar a la caña en la industria.

Según el Centro Nacional de Productividad de Colombia, las principales fases de evolución de la industria azucarera a lo largo del siglo XX fueron: inicio, crecimiento, integración e internacionalización. Estas etapas reflejan el progreso y la consolidación de la industria, desde

[30]

13. Con frecuencia en la literatura se considera al Valle del Cauca una región con excepcionales condiciones naturales para el cultivo de la caña. Véase por ejemplo el Informe de la Comisión encargada de visitar los ingenios azucareros del país (1938), en donde los autores se refieren al Valle como una región “única en el mundo” por producir caña todo el año. También la Misión Chardón se refiere a la región en su estudio como una con “condiciones naturales privilegiadas” (Chardón, 1930, p. 17).

14. “El Estado Soberano del Cauca fue el mayor en territorio durante el siglo XIX; situado al sur del país corresponde en términos generales a los actuales departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Chocó y la intendencia del Putumayo hasta el río Amazonas” (Uribe de Hincapié, 1985, p. 29, citado en Uribe y Perafán, 2021).

15. La fanegada, que en algunas regiones del país se denomina plaza, unidad de superficie, es un cuadrado que tiene por cada lado cien varas (80 metros). Se divide en diez mil varas cuadradas y equivale a 6,400 metros cuadrados.

sus comienzos hasta su destacada posición en el mercado global. Con base en esta clasificación, a continuación, se describen algunos de los acontecimientos más relevantes de cada fase que contribuyeron al crecimiento de la industria azucarera en el Valle Geográfico del Río Cauca.

2.1.1 Etapa de inicio 1900-1925

El desarrollo del conglomerado azucarero en el Valle del Cauca comenzó a consolidarse en 1900, cuando Santiago Eder importó el primer molino movido a vapor para el ingenio Manuelita (Ver Figura 2.2). Este molino, el segundo en Sudamérica, tenía la capacidad de moler 50 toneladas de caña por día marcando un hito en la modernización de la industria azucarera en la región. A principios del siglo XX, el ingenio Manuelita se destacaba como el más avanzado del país, con tecnología que incluía un motor central, transportador de caña, torre de sulfatación, filtro-prensa, evaporadores, tacho al vacío y centrifugas, dejando atrás los métodos tradicionales de producción. Así se iniciaba en el Valle del Cauca una etapa decisiva en la moderna industria azucarera (Ramos, 1995; Delgadillo, 2014; Uribe y Perafán, 2021)

En esta etapa inicial, varios eventos clave impulsaron el crecimiento del sector. Los acontecimientos del inicio del siglo XX impactaron significativamente la economía y la infraestructura de Colombia, especialmente en el Valle del Cauca. El auge del sector azucarero, impulsado por el aumento del precio internacional del azúcar entre 1910 y 1911, favoreció una expansión notable en la industria. El capital invertido en el cultivo de caña alcanzó el 24% de las inversiones agrícolas, consolidando el negocio del azúcar como pilar de la economía regional y promoviendo el desarrollo de infraestructura de apoyo, como la construcción de vías de comunicación (Banko, 2010, p. 202). Esta infraestructura, que incluyó el ferrocarril entre Cali y Buenaventura, facilitó el transporte eficiente de bienes agrícolas y fortaleció las exportaciones, conectando mejor el interior del país con la

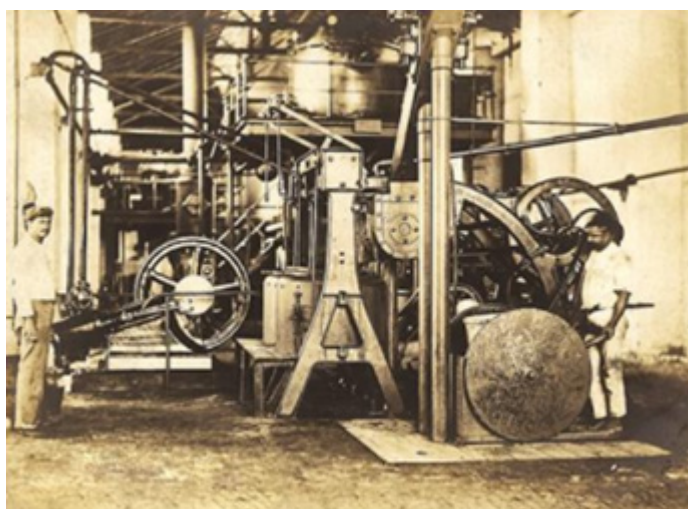


Figura 2. 2. Primera centrifuga, 1901
Fuente: Delgadillo (2014)

costa del Pacífico. Estas obras, financiadas con recursos provenientes de la indemnización de los Estados Unidos por la pérdida de Panamá, transformaron al Valle del Cauca en el corredor principal para el acceso al mercado del interior del país y la salida de la producción agrícola, especialmente café, hacia el mercado internacional (CNP, 2002, p.17).

Por otro lado, durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918), a pesar de la neutralidad de Colombia, se generó una demanda irregular y volatilidad en los mercados globales, afectando los precios de exportación del azúcar. Sin embargo, Colombia pudo capitalizar este momento al consolidar su industria azucarera debido a las alzas iniciales en los precios (CNP, 2002). Otro ejemplo que resulta muy relevante para este periodo es la misión científica inglesa de 1920, encargada de impulsar recomendaciones al sector agrario, la cual dio como resultado, la creación de la Granja Experimental en Palmira, que fue una de las primeras instituciones en el país en mejorar el conjunto de cultivos con mayores ventajas en la región, entre ellos la caña de azúcar (CNP, 2002, p.17-18).

Esta etapa inicial del desarrollo de la industria azucarera en el Valle del Cauca estuvo marcada por la modernización de las técnicas de producción de azúcar y la expansión de la infraestructura, incluidas las vías de comunicación como el ferrocarril entre Cali y Buenaventura. Estos avances, junto con el aumento del precio del azúcar y el establecimiento de instituciones científicas, permitieron que el sector azucarero tomara impulso, preparando el camino para su posterior expansión y desarrollo.

[31]

2.1.2 Etapa de crecimiento 1926-1958

De acuerdo con el CNP (2002), esta etapa estuvo marcada por una serie de eventos clave, entre los que destaca inicialmente la misión Chardón de 1929. Liderada por el economista puertorriqueño Carlos Chardón, esta misión fue convocada por el gobierno colombiano con el objetivo de realizar un diagnóstico y ofrecer recomendaciones sobre el desarrollo agrícola del país. Durante esta misión, Chardón destacó el potencial del Valle del Cauca como una de las regiones con mayor capacidad productiva en Colombia, además, en su informe subrayó la necesidad de desarrollar infraestructura hidráulica y energética, así como proyectos que fomentaran la productividad agrícola y la modernización del sector industrial en la región. Su análisis tenía la visión de mejorar la eficiencia agrícola, y sirvió como catalizador para la implementación de nuevas políticas que facilitaron el desarrollo de grandes proyectos de irrigación agrícola (Chardón, 1930).

Uno de los aportes importantes de la Misión Chardón en el Valle fue la importación de 15 variedades de caña que se sembraron en la Estación Experimental de Palmira (Chardon, 1930, p. 161). En 1930, de acuerdo con Chardón, la variedad más predominante -casi única- de caña sembrada en el Valle era la llamada caña blanca Tahití, que ya había sido reemplazada en la mayoría de los países productores por variedades más eficientes (Chardon, 1930, p. 9). Dos de esas variedades, la POJ 2775 y la POJ 2778, arrojaron excelentes resultados en materia

de productividad y rendimiento. Esto era una innovación importante, pues hasta entonces los determinantes en el volumen de producción de azúcar eran el tamaño del área del cultivo y el régimen de lluvias, y no la concentración de sacarosa en la caña (McCook, 2001, p. 56).

Por otra parte, la adopción del modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones (ISI) en 1931, a través de la imposición de aranceles a la azúcar importada, marcó un punto de inflexión en la industria azucarera colombiana. Esta medida estimuló la creación de nuevas empresas, fortaleció el mercado interno y generó excedentes para reinversión. Aunque el arancel del 20% ha protegido a la industria de las fluctuaciones del mercado internacional, también ha permitido mantener altos costos de producción y precios internos, lo que ha retrasado algunos cambios necesarios (CNP, 2002).

En los años previos a la Gran Depresión de 1930, la caña de azúcar ya había comenzado a ganar importancia en la economía colombiana, especialmente en el Valle del Cauca, gracias a la modernización de los procesos de producción en las haciendas cañeras. La expansión de las líneas de ferrocarril también facilitó la comercialización del azúcar en mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, la Gran Depresión afectó gravemente a la economía global, y Colombia no fue una excepción. Los precios de los productos agrícolas, incluido el azúcar, cayeron drásticamente debido a la contracción de los mercados internacionales. Esta crisis tuvo varios efectos sobre el sector azucarero en Colombia. La disminución de la demanda de productos exportables afectó los precios del azúcar, lo que llevó a una reducción de los ingresos para los productores nacionales. Además, la contracción económica provocó despidos en las haciendas azucareras, agravando las condiciones de vida de los trabajadores rurales y fomentando la migración hacia las ciudades. Por otro lado, algunos ingenios azucareros, particularmente los más grandes, comenzaron a adoptar prácticas de diversificación agrícola y tecnológica para mitigar los efectos de la crisis, mientras que los más pequeños no lograron resistir y desaparecieron (Caballero, 2003).

Después de la crisis, en la década de 1930, el sector azucarero colombiano inició un proceso de recuperación, ya que el gobierno implementó políticas de intervención estatal que favorecieron la reparación agrícola, incluyendo medidas arancelarias para proteger a los productores nacionales. Durante este tiempo los Ingenios como Providencia y Riopaila se consolidaron como líderes en la producción nacional, adoptando técnicas modernas de procesamiento de caña y expandiendo sus áreas de cultivo, además, se introdujeron mejoras tecnológicas en la molienda y refinación del azúcar, lo que incrementó la eficiencia y los rendimientos productivos, fortaleciendo el mercado interno a medida que se establecieron mecanismos para garantizar la compra de azúcar colombiana frente a las importaciones (Meisel, 2013).

Durante los años de la Segunda Guerra Mundial, el Valle del Cauca se convirtió en una vía importante para las escasas importaciones que llegaban al país (Ramos, 2005). Colombia, al igual que otros países de la región, incrementó su dependencia económica de los Estados Unidos durante este periodo (Gilhodes, 1972) citado por Uribe y Perafan (2021). Como parte de este proceso de influencia, se implementó en el Valle del Río Cauca el modelo de desarrollo inspirado en el Valle del Tennessee (TVC) de Estados Unidos, impulsado por el Plan Lilienthal, que buscaba fomentar el desarrollo regional en Colombia, siguiendo el ejemplo norteamericano (Aprile-Gnisset, 1992).

De esta manera, en el periodo de posguerra, la producción de caña de azúcar en Colombia continuó su expansión, debido a que los ingenios invirtieron en maquinaria más avanzada y en la expansión de sus plantaciones. Se diversificaron productos derivados de la caña, como alcohol y melaza, lo que permitió nuevos ingresos para los ingenios. Además, el crecimiento demográfico y la urbanización en las ciudades aumentó la demanda de azúcar en el mercado nacional, incentivando la expansión del cultivo y la modernización de sus procesos (CNP, 2002).

En la década de 1950 se fundaron en el Valle del Cauca los ingenios Central Tumaco, Balsilla, La Cabaña, Amaime, La Quinta y Buchitolo¹⁶, marcando una fase de expansión agrícola y tecnificación. De igual manera, se implementaron mejoras en el diseño urbanístico de las suertes, optimización del micro relieve para riego y drenaje, y prácticas de cosecha en verde. También el control de malezas se realizaba manualmente o con la ayuda de animales, y se utilizaban herbicidas y fertilizantes aplicados al voleo (Delgadillo, 2014).

Luego, en 1954, siguiendo las recomendaciones de la Misión Chardon, se fundó la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Esta entidad nació, específicamente, con el objetivo de gestionar y promover el desarrollo integrado de la región, a través de proyectos de infraestructura, manejo de los recursos naturales y electrificación, jugando un papel decisivo en el aprovechamiento del río Cauca como recurso hídrico¹⁷ permitiendo un mayor control de las inundaciones y la expansión de la frontera agrícola.

Otra política pública de gran importancia para el crecimiento de la industria fue el establecimiento de líneas de crédito y capitalización. Desde la creación, en los años treinta, de la Caja de Crédito Agrario y el Banco Central Hipotecario por parte del gobierno nacional, el sector ha tenido acceso a recursos para financiar su desarrollo. En 1934 se fundó la Escuela Superior de Agricultura Tropical, que más tarde se convirtió en la primera Facultad de Agronomía de la región. En 1945, por iniciativa regional, se creó la Universidad del Valle. Estas instituciones han formado, desde entonces, mano de obra calificada y profesionales para la industria y la región (CNP, 2002, p.19).

[32]

16. Tomado del documento *"Fechas históricas de la agroindustria de la caña en Colombia"* (Cenicaña, 2014)

17. Banko, Catalina (2010) *"Expansión de la industria azucarera a mediados del siglo XX"*

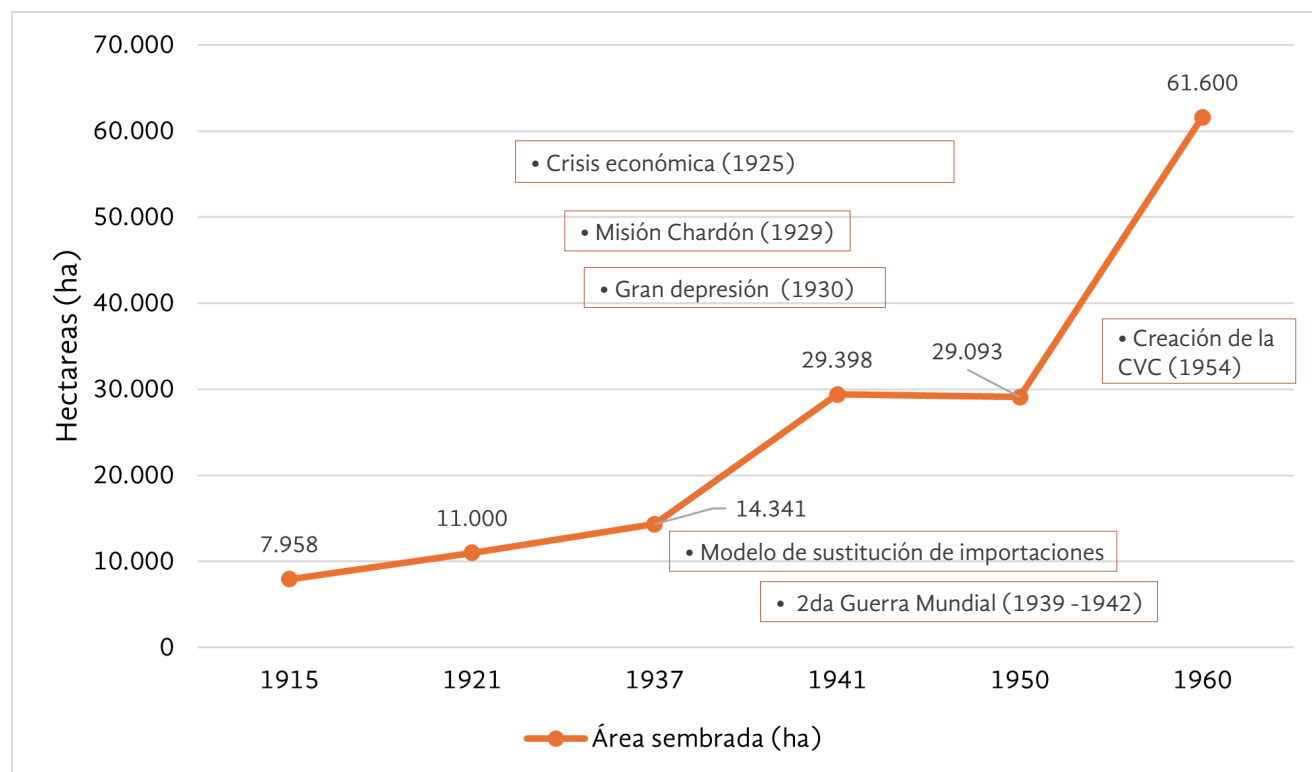


Figura 2. 3. Evolución del área cultivada con caña de azúcar (ha) en el Valle del Cauca -Contexto de los principales hitos históricos (1910 – 1960)
Fuente: elaboración propia con base en Santos y Sánchez (2010), Uribe y Perafán, (2021) y CNP (2002)

Durante esta etapa, el número de ingenios en el Valle del Cauca aumentó de 2 a 22, impulsando significativamente la industrialización en la región (Asocaña, s. f.-b). Este crecimiento estuvo acompañado por una expansión considerable en el área sembrada de caña, que pasó de 7.958 hectáreas en 1915 a 29.093 hectáreas en 1950 (Figura 2. 3), lo que representaba el 4,5% del área cultivada del total de cultivos a nivel de país.

2.1.3 Etapa de integración del conglomerado 1959-1990

A partir de 1960 la industria azucarera cobra un nuevo impulso debido en gran parte a la modificación de la demanda provocada por la apertura del mercado americano después del bloqueo a Cuba. Puesto que, la Revolución cubana de 1959, conllevó que el Gobierno de los Estados Unidos, principal comprador del azúcar de Cuba, bloqueara la economía cubana¹⁸ y adquiriera las cuotas azucareras de otros países, entre ellos Colombia (Uribe, 2022); por lo cual, se constituyó toda una interconexión local y global que favoreció la emergencia del bloque agroindustrial en el valle geográfico del río Cauca (Uribe y Perafán, 2021). Además, permitió y/o abrió oportunidades comerciales para otros países productores de caña de azúcar, como Brasil, México y varios países del Caribe (Dosal, 2006).

En general, la expansión se llevó a cabo a través de un aumento notable en el área sembrada de caña (Figura 1.11). A la par se consolidan actividades como la ganadería, que a su vez eran alimentadas por las aguas del Río Cauca, haciendo cada vez más necesaria, a partir de los años 50, la construcción de un sistema de gestión del recurso hídrico que sería un punto de inflexión del desarrollo económico y agroindustrial (Campo, 2023). Asimismo, se preparó el terreno político y económico para proyectar las principales obras que impulsarían el desarrollo regional concebido en la mente de las elites de poder y del capital privado, interesadas, no solo en impulsar la agroindustria cañera, sino y sobre todo en expandirse por todo el Valle del Cauca (Uribe, 2017)¹⁹.

Este contexto propició la creación de diversas entidades que impulsaron el desarrollo del sector agroindustrial, entre las cuales destacan la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña), fundada en 1959 para representar al sector en negociaciones internacionales; la Comercializadora Internacional de Azúcares y Mieles S.A. (Ciamsa), establecida en 1961 para gestionar la logística de exportación; el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), una corporación privada sin ánimo de lucro fundada en 1977; y la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña), responsable de la capacitación y transferencia de

18. Antes de la revolución, Cuba era uno de los principales exportadores de azúcar a nivel mundial, con una industria azucarera altamente dependiente de los Estados Unidos, sin embargo, tras la revolución, el gobierno cubano nacionalizó las plantaciones y refinerías de azúcar, que eran en su mayoría propiedad de intereses estadounidenses y locales privados (Dosal, 2006).

19. Se realizaron estudios tales como: "Estudio de la presa Salvajina" (1943-1944), "Estudio para el desarrollo hidráulico del Valle del Cauca" (1945-1947), "Proyecto general de electrificación" (1949), "Anteproyecto de irrigación del río Timba" (1951), "Proyecto Agua Blanca" (1951) y "Plan de desarrollo económico de la Cuenca Hidrográfica del Alto Cauca" (1952) (CVC, 2004: p57).

tecnología. Estas asociaciones permitieron una mayor integración entre los productores, impulsando el crecimiento del sector y facilitando su proyección en mercados internacionales, favorecida por el aumento de la demanda de azúcar tras la Segunda Guerra Mundial y la redistribución de la cuota de exportación de Cuba (Roldan-Luna, 2013).

En 1984 se construyó la represa de Salvajina, una obra que no solo fortaleció la infraestructura regional, sino que también permitió la implementación de otras mejoras complementarias en la adecuación del río Cauca. Estas intervenciones permitieron la recuperación de más de 80.000 hectáreas de terrenos que solían inundarse, mejorando significativamente la productividad del cultivo. No obstante, estas acciones también generaron efectos negativos, como la destrucción de los humedales de la madre vieja del Río Cauca, la pérdida de biodiversidad en la región (CNP, 2002, p.19) y grandes impactos sobre la población de la región.

Como resultado, a lo largo de esta etapa en el periodo comprendido entre 1960 y 1990, el área sembrada de caña de azúcar en el Valle del Cauca experimentó un crecimiento sostenido, como se observa en la Figura 2. 4. En 1960, la extensión cultivada rondaba las 60.000 hectáreas, incrementándose paulatinamente hasta superar las 140.000 hectáreas en 1990²⁰. Este aumento no fue lineal, ya que la expansión

más significativa ocurrió entre 1965 y 1975, seguida de una relativa estabilización en los años 80, para luego retomar el crecimiento a finales de la década de 1980 y principios de los 90.

De acuerdo con la Figura 2. 4, la expansión del área sembrada también estuvo influenciada por políticas públicas y acuerdos internacionales. En primer lugar, la adhesión de Colombia en el Pacto Mundial del Azúcar a través de la Ley 4° de 1961 impulsó una mayor expectativa en el sector. La firma del pacto multilateral en 1965, que regulaba la producción, almacenamiento y exportación de azúcar entre los principales productores de caña²¹. Asimismo, a la expectativa creada por el SUGAR ACT (1965) ante la redistribución de la cuota correspondiente a Cuba, liberada a partir del bloqueo de Estados Unidos a este país (Delgadillo, 2014).

Sumado a esto, el crecimiento de la industria azucarera estuvo también favorecido por importantes reformas nacionales, como la Ley 135 de 1961, que creó el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), facultando al Estado para expropiar tierras subutilizadas o sin explotación. Este proceso facilitó la expansión de las áreas cultivadas tanto por parte de los ingenios como de propietarios particulares. De hecho, los ingenios más destacados, como Manuelita, Riopaila, Central Castilla y Providencia, pasaron de tener una capacidad de molienda de

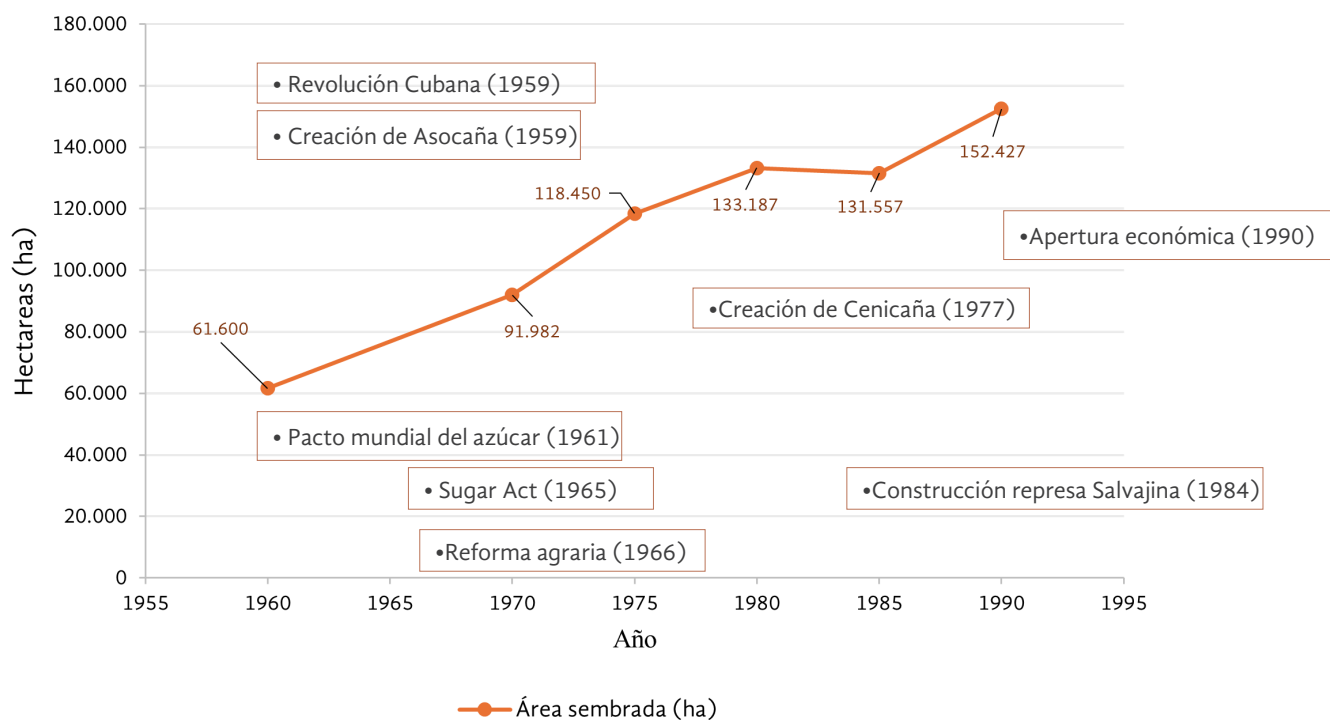


Figura 2. 4. Evolución del área cultivada con caña de azúcar (ha) en el Valle del Cauca. Contexto de los principales hitos históricos (1960 – 1990)

Fuente: elaboración propia con base en Santos y Sánchez (2010), Uribe y Perafán, (2021), CNP (2002), Delgadillo, (2014) y (Roldan-Luna, 2013).

20. La consolidación de la industria azucarera no se limitó únicamente al incremento en la superficie cultivada. En 1969, Colombia contaba con 21 ingenios, pero este número se redujo a 13 en 1989, reflejando un proceso de consolidación en el que los ingenios más grandes adquirieron a los más pequeños, optimizando así la eficiencia productiva y económica de la industria (Uribe y Perafán, 2021, p.96).

21. El propósito del Pacto fue estimular la producción de la industria azucarera para consolidar a la región como exportadora neta de azúcar y mantener un balance entre la producción de azúcar crudo y blanco, que facilitara el desarrollo del mercado (Delgadillo, 2014).

2.000 a 3.000 toneladas diarias en 24 horas en los años 50, a alcanzar entre 3.000 y 5.000 toneladas diarias en 1970 (Guardiola, 1995, p.10).

En la década de 1960 los dueños de ingenios del Valle se asociaron para crear dos empresas: Colmieles y Sucroquímica, con el objeto de utilizar provechosamente los insumos derivados del procesamiento de la caña de azúcar, uno de ellos las llamadas mieles residuales. Antes de la creación de estas empresas los excedentes de mieles residuales de los ingenios azucareros no tenían uso alguno, y muchas veces eran arrojados a los caños de riego de los ingenios, como la única solución, lo que significaba no sólo un desperdicio sino también la contaminación de las aguas, incluido los ríos mayores, inhabilitándolas para el riego y para el uso de las poblaciones vecinas. Por ello, la exportación de estas mieles residuales al mercado internacional resultó la mejor solución, puesto que además de resolver un problema, significaba un aporte más de la industria azucarera al ingreso de divisas extranjeras en la economía nacional (Ripoll, 2019, p.119).

En resumen, la industria azucarera del Valle del Cauca experimentó un crecimiento notable entre 1960 y 1990, impulsada por políticas públicas, la expansión de las áreas cultivadas, la consolidación de los ingenios y la mejora de la infraestructura regional.

2.1.4 Etapa de apertura e internacionalización 1991 – 2000

Durante la última década del siglo XX, se aplican las políticas neoliberales cuya estrategia se basó en la apertura de la economía. Estas políticas favorecieron la expansión cañera, pues diez años después de la apertura económica, en el año 2000, el área para la caña de azúcar alcanzaba las 144.266 ha (50,3%) mientras que el resto de los cultivos cubría 142.764 ha (49.7%). Este incremento está relacionado con la dinámica del contexto de competencia global, en cuanto a la producción de azúcar y sus distintos derivados (Uribe y Perafán, 2021)²².

La expansión del proyecto neoliberal en los años 90 llevó a Colombia a una apertura económica destinada a integrar su economía a los lineamientos del Consenso de Washington. Esto obligó al país a adoptar los Diez Puntos del proyecto Williamson, entre los cuales se destacaba la “Apertura a inversiones extranjeras directas”. Para 1994, Colombia ya estaba realizando un cambio significativo en su modelo económico, impulsando el extractivismo minero-energético y ajustando sus políticas económicas para expandir la frontera minera, promover la transnacionalización e integración productiva, y garantizar seguridad jurídica para la inversión extranjera. En este contexto, se promulgó la Ley 141 de 1994, conocida como la Ley de Regalías, que regula el derecho del Estado a recibir regalías por la explotación

de recursos naturales no renovables. Además, el Decreto-Ley 3573 de 2011 introdujo una regulación importante en cuanto a las licencias ambientales (Castillo Moya et al., 2020).

Con la promulgación de la Ley de Preferencias Comerciales Andinas (ATPA), Colombia eliminó cargas impositivas para exportaciones hacia Estados Unidos, lo que favoreció la entrada del azúcar al mercado internacional. En paralelo, la diversificación de productos derivados de la caña, como la panela, el alcohol etílico, el bioetanol, y otros productos como abonos y energía, permitió al sector ampliar sus oportunidades de negocio. A pesar de la crisis económica de 1999, que fue producto de un desequilibrio financiero nacional, el gobierno implementó un modelo económico abierto que incluyó la estabilización de precios del azúcar, permitiendo a las empresas del sector azucarero incrementar su productividad y diversificar sus inversiones (CNP, 2002).

Las políticas implementadas comenzaron a influir notablemente en la expansión del cultivo de caña de azúcar. En 1998, ocho años después de la apertura económica, las áreas dedicadas a la caña alcanzaban 168.414 hectáreas, representando el 51% del total cultivado en la CARC, mientras que el resto de los cultivos ocupaba 162.022 hectáreas, equivalentes al 49,0%. Durante los siguientes 15 años, hasta 2014, las áreas sembradas con caña de azúcar aumentaron a 199.614 hectáreas (56,2 %), mientras que las dedicadas a otros cultivos se redujeron a 155.410 hectáreas (43,8%²³) (Uribe y Perafán, 2021, p. 101). Este cambio refleja una notable reorientación en el uso del suelo agrícola a favor de la caña de azúcar.

Esta tendencia de incremento del área sembrada tiene correlación con la línea ascendente de producción y consumo de azúcar (Figura 2. 5). Además, de acuerdo con CEPAL-ECLAC (2002) citado por Uribe y Perafán (2021):

“Hasta 1960 se realizaron algunas exportaciones ocasionales y hasta 1980 se exportaban los excedentes del mercado interno. Las exportaciones estuvieron constituidas exclusivamente por azúcar a granel hasta mediados de los años ochenta, cuando se empezó a incursionar en el mercado de la azúcar blanca. En 1990 se exportaba poco más del 25% de la producción total. En la década de 1990, la producción creció 47.9%, el consumo nacional tan sólo creció 2.21% y los Estados Unidos redujeron significativamente la cuota de exportación. Como respuesta, las exportaciones crecieron 151% en la década en cuestión y en 1999 representaron el 43.7% de la producción total. Para unificar las unidades de medida utilizadas por las exportaciones se han tomado las toneladas métricas de valor crudo” (p. 29).

22. Según informe de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, Asocaña, los productos derivados de la caña de azúcar se han ido diversificando al producir panela, alcohol etílico, bioetanol, abonos, dulces, energía, papel, ácido glicólico, azúcar, miel y melaza.

23. “Los empresarios de la caña de azúcar gozan de prebendas especiales por parte del Estado colombiano, como se manifiesta en una serie de leyes y decretos aprobados en los últimos años: Ley 623/2001, que concede estímulos para la producción, comercialización y consumo de alcoholes carburantes; Ley 939/2004, que otorga estímulos a la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal; Decreto 383 de 2007, modificado parcialmente por el Decreto 4051 de 2007, que da estímulos para la implementación de zonas francas para proyectos agroindustriales” (Martín y Vega, 2016, p.179, como se citó en Uribe y Perafán, 2021).

Pero a su vez, también tiene correlación con algunas dinámicas presentadas en otros cultivos como el café. Según Perafán-Cabrera (2012), tanto las decisiones de política comercial exterior como algunos otros factores relacionados con altos costos de mano de obra, disminución en el consumo, caída en los precios internacionales del café y plagas (la broca y la roya) hicieron que este producto fuese menos competitivo en el mercado, disminuyendo su extensión agrícola. Mientras que en 1992 había 124.994 hectáreas sembradas de café, a finales de la década esta área se reduce a 88.991 ha (es decir, una caída de 36.003 ha). Así, mientras la caña se incrementó en un total de 111.107 ha entre 1989 y 2022, ocupando cada vez más extensión de tierra, las hectáreas de los otros cultivos disminuyen con el tiempo. El café cayó en 62.704 ha sembradas, la soya en 66.722, el arroz en 6.766, el sorgo en 40.466, el algodón, en 11.295 y los otros cultivos se mantienen en niveles muy bajos (cacao, caña panelera) (Figura 2.6).

Adicionalmente, la industria azucarera avanzó notablemente en su productividad (toneladas de azúcar por hectárea) a fines del siglo XX, gracias a sus constantes experimentaciones sobre variedades de caña más productivas, lo que permitió obtener mayores rendimientos sin necesariamente expandir el área de cultivos. En la Figura 2. 7, se muestra el incremento del rendimiento azucarero en el Valle entre los años de 1980 y 2006. Allí vemos cómo en el transcurso de esos 25 años, se pasó de tener un rendimiento de 8,3 toneladas de azúcar por hectárea (TAH) en 1980, a tener 13,3 en el año de 2006, lo que significa un incremento en el rendimiento de 5 TAH en 25 años (Ripoll, 2019, p.114).

En la búsqueda continua de mejorar la eficiencia técnica y económica, el sector azucarero ha avanzado significativamente en varias áreas clave. El uso eficiente del riego, considerado el factor más crítico y costoso del proceso productivo, fue optimizado al igual que la aplicación de madurantes y la introducción de la fertilización líquida.

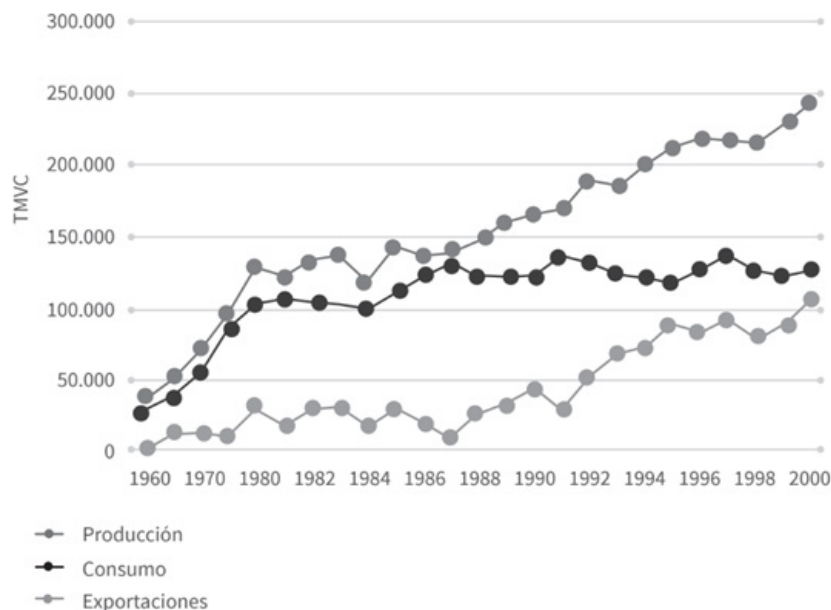


Figura 2. 5. Evolución de la producción, consumo y exportación de azúcar 1960 – 2000

Fuente: CEPAL-ECLAC (2002) citado por Uribe y Perafán (2021)

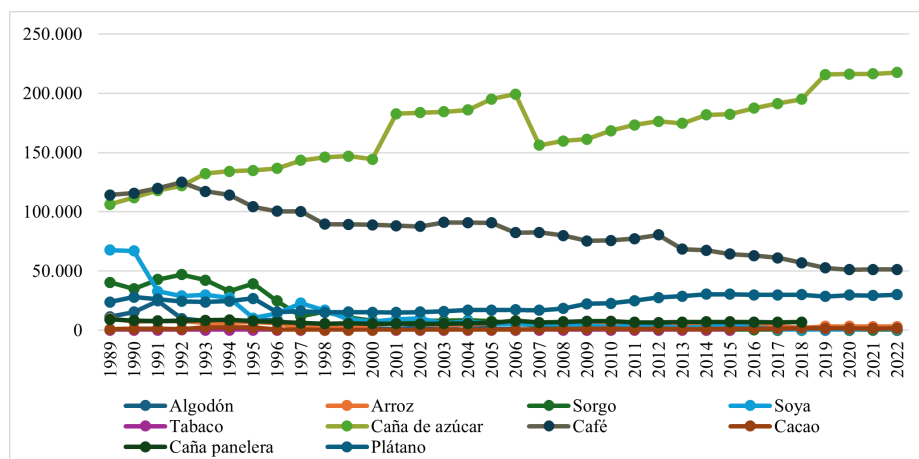


Figura 2. 6. Evolución del área sembrada (ha) de los principales productos agrícolas en el Valle del Cauca, 1989 – 2022

Fuente: elaboración propia. Hasta 2003 con base en Perafán, (2012); hasta 2006 con base en Vásquez et al. (2013); hasta 2022 con datos de la UPRA (2024)

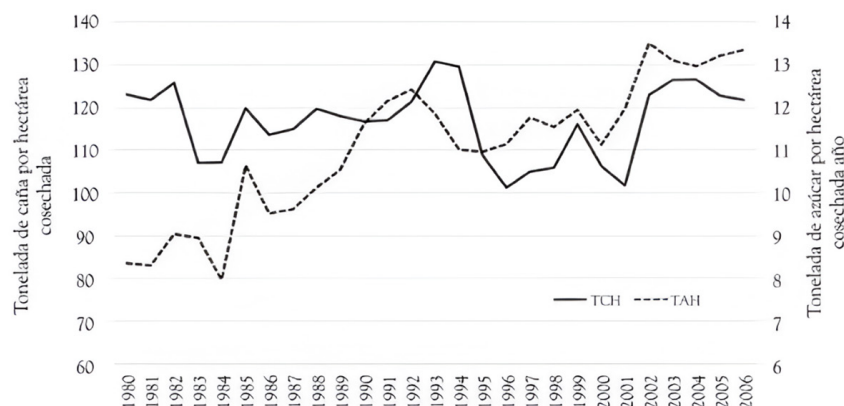


Figura 2. 7. Productividad de la caña y del azúcar en Colombia, 1980 – 2006

Fuente: : Ripoll (2019)

Nota: Hasta 1985 la información corresponde a una muestra de 11 ingenios que representaban el 96% del azúcar producido. A partir de 1986 la muestra incluye todos los ingenios del valle geográfico del río Cauca que producen 99,7% del total.

A partir de 1989, se iniciaron estudios sobre el cultivo y la cosecha de caña verde, lo que impulsó la mecanización de la cosecha (Delgadillo, 2014, p.154). Durante siglos, la industria azucarera se caracterizó por cambios tecnológicos menores; sin embargo, en el siglo XIX, estos fueron reemplazados por importantes innovaciones tanto en el campo como en las fábricas. En el campo, destacaron el desarrollo de nuevas variedades de caña, el control de plagas, la mejora de los métodos de cultivo, el creciente uso de maquinaria y las innovaciones en el transporte. En las fábricas, se produjo una mejora significativa en la capacidad de molienda con la introducción del molino de tres rodillos, la batería de calderos para el calentamiento y clarificación del jugo, y, posteriormente, el uso de trapiches movidos por máquinas de vapor y centrífugas o turbinas, que permitieron una separación más eficiente de las mieles y los cristales de azúcar (Deerr, 1949; Galloway, 1989; Mintz, 1996, como se citó en Delgadillo, 2014).

A finales de 1999 discrepancias entre industriales y cañicultores generaron en el mercado interno una crisis de precios que se superó cuando ambos sectores solicitaron al Gobierno Nacional el establecimiento de un Fondo de Estabilización de Precios para los azúcares centrífugados, las melazas derivadas de la extracción o del refinado y los jarabes (Ramos, 2005). En el año 2000, se creó el Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar, con lo cual se procuró estabilizar los ingresos de los actores principales del Clúster (Gutiérrez Rincón et al., 2011).

La Figura 2. 8 permite evidenciar la dinámica productiva de la industria cañera entre 1990 y 2000. Durante esta etapa de internacionalización, el área sembrada creció de manera sostenida, pasando de 152,427 hectáreas en 1990 a 193,996 hectáreas en el año 2000, lo que representa un incremento superior a las cuarenta mil hectáreas. Este comportamiento refleja la expansión de la industria azucarera en respuesta a las políticas comerciales favorables de la época, así como al fortalecimiento del sector.

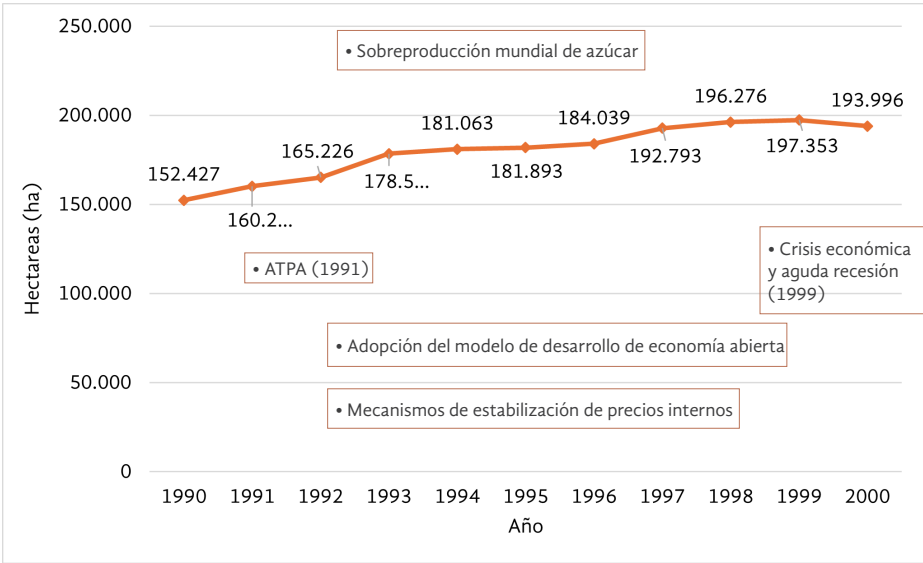


Figura 2.8. Evolución del área cultivada con caña de azúcar (ha) en el Valle del Cauca. Contexto de los principales hitos históricos (1990 – 2000)
Fuente: Elaboración propia con base en Perafán (2012), Uribe y Perafán, (2021), CNP (2002) y Delgadillo, (2014)

2.1.5 Nuevos hitos económicos, contexto moderno y contemporáneo.

A comienzos del siglo XXI el sector azucarero en el Valle Geográfico del Río Cauca experimentó importantes transformaciones que marcaron el desarrollo del clúster tanto a nivel nacional como internacional. Durante este período, los ingenios como La Manuelita comenzaron a desplazar su enfoque de la producción de azúcar hacia productos con mayor valor agregado. Esta estrategia buscaba tres objetivos clave: reducir la dependencia del azúcar, optimizar el aprovechamiento de los subproductos de la industria, y mitigar las fluctuaciones en los precios del azúcar (Millán, 2002).

En los primeros años del siglo XXI, dos circunstancias interrelacionadas influyeron notablemente en el sector azucarero colombiano: el aumento de los precios del petróleo y la revaluación del peso frente al dólar. La revaluación del peso redujo los ingresos por exportaciones, mientras que la volatilidad del precio del azúcar y el incremento global en los precios del petróleo impulsaron a los dueños de ingenios a invertir en la producción de biocombustibles a partir de la caña de azúcar (Ripoll, 2019). Entre 2003 y 2008, periodo en que se inicia el programa y la producción de alcohol carburante en Colombia, el precio mundial del petróleo se

cuadruplicó, alcanzando niveles superiores a los 100 dólares por barril en 2008 (CEPAL, 2009). La producción de alcohol carburante a partir de la caña de azúcar se convirtió en una alternativa viable para reducir la dependencia del azúcar y de los combustibles no renovables, además de ofrecer beneficios ambientales significativos, como la reducción de gases de efecto invernadero y la biodegradabilidad del etanol (Álzate y Henao, 2008).

El apoyo del gobierno colombiano fue crucial para el desarrollo de esta industria. La política del gobierno estimuló la inversión del sector privado, que ascendía a 900 millones de dólares en siete destilerías, con una producción anual de aproximadamente 367 millones de litros para el 2017 (El Tiempo, 29 de julio de 2018, p. 12). Para 2011, estas destilerías abastecían el 60% del mercado interno (Pérez et al., 2011). El contexto ambiental también se vio influenciado por la Ley 693 de 2001, que requería a ciudades con más de 500 mil habitantes usar una mezcla de gasolina con un 10% de alcohol carburante a partir de 2005 (Federación Nacional de Combustibles). En la Figura 2. 9 se muestra la evolución paralela de la producción y ventas de etanol entre 2005, fecha en que se inicia este programa, hasta el año 2022.

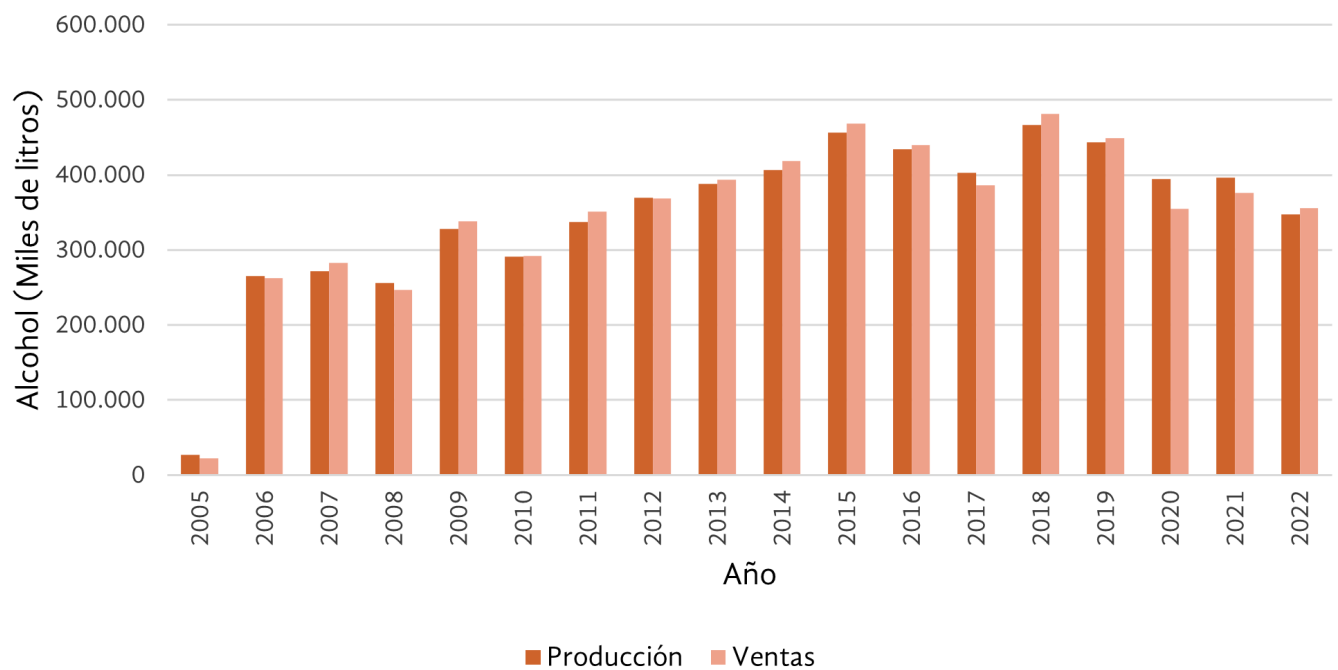


Figura 2.9. Producción y ventas de alcohol carburante (etanol) de los ingenios azucareros en Colombia, 2005 – 2022.
Fuente: Asocaña (2021)

[38]

Al tiempo que se estudiaba la inversión en destilerías para la producción de alcohol carburante, se consideró la inversión en la cogeneración de energía a partir del bagazo de caña. Este proceso, que produce energía eléctrica y térmica simultáneamente, se desarrolló progresivamente, alcanzando una capacidad instalada de 185 MW en 2012, con excedentes de electricidad vendidos a la red nacional (Asocaña, 2012-2013). En Colombia, la cogeneración ha sido promovida desde la expedición de la Ley 788 de 2002, que establece una exención sobre la renta generada por la venta de energía proveniente de biomasa. El 16 de julio de 2008 entró en vigor la Ley 1215, que exime a los cogeneradores de pagar la contribución del 20% sobre la energía que generen para su propio consumo. Posteriormente, en diciembre de 2011, esta exención se amplió a todos los industriales que la soliciten.

Con la recesión económica, registrada a finales de 2008 y durante 2009, la economía colombiana pasó de crecer 7,5% en 2007 a 2,5% en 2008. Por su parte, la industria azucarera se vio afectada, por varios factores negativos²⁶ que redujeron la producción de caña, azúcar y Bioetanol, en 2008. Existieron otros, como la revaluación del peso, entre enero y agosto; la disminución del consumo interno de azúcar, frente al año anterior, y el fuerte invierno, los cuales redujeron las exportaciones en 218 mil toneladas en 2008, respecto a 2007. No obstante esta situación, los aportes a la región, según el DANE, siguieron siendo importantes, estando en el orden del 6% del PIB total, 12% del PIB industrial y el 47% del PIB agrícola (Gutiérrez Rincón et al., 2011). Sin embargo, la industria azucarera del Valle del Cauca logró adaptarse eficazmente mediante la diversificación hacia la producción de etanol y otros biocombustibles. Esta

estrategia permitió a los ingenios amortiguar los efectos adversos de la crisis y mantener cierta estabilidad operativa. Además, el respaldo de políticas públicas relacionadas con la producción de biocombustibles en Colombia, contribuyó a mitigar el impacto económico durante este periodo. Esto se reflejó en un incremento del área sembrada que pasó de 194 a 265 mil hectáreas entre 2000 y 2022 (ver Figura 2.10).

En 2021, varios eventos globales impactaron directamente a Colombia, entre ellos la crisis de los contenedores, que provocó retrasos y aumentos en los costos de transporte de materias primas importadas. Esto afectó la rentabilidad de las empresas y generó un incremento en los precios para los consumidores. A esto se sumaron el alto costo de la energía, las restricciones de exportación en China y Rusia, y la invasión rusa a Ucrania. Como resultado, una nota de Forbes México

26. La recesión económica global de 2008-2009, afectó las exportaciones y redujo los precios del azúcar. En el contexto del poder económico y laboral de la agroindustria azucarera en Colombia, surgió una acción colectiva de los corteros de caña que comenzó el 15 de septiembre de 2008 y se extendió por poco más de dos meses. Durante este período, las negociaciones entre las partes se desarrollaron de manera lenta, lo que resultó en una pérdida superior a un billón de pesos para la agroindustria azucarera, además de dejar de ganar alrededor de \$27.000 millones diarios en productos como etanol y azúcar. El conflicto laboral llevó al bloqueo de las plantas de varios ingenios, incluidos Manuelita, Providencia, Central Tumaco, Mayagüez, Pichichí, Castilla, María Luisa y Cauca (Nieto et al., 2016; Montoya, 2011).

destacó que, desde enero de 2021, los precios del amoníaco anhidro aumentaron un 315 %, los de la urea un 214 %, el nitrógeno líquido un 290% y la potasa un 213 %. Esta situación generó incertidumbre en la industria azucarera, especialmente por el aumento en el costo de la urea (Agronet, 2022). Según Cenicaña (2015), el nitrógeno (N) es el nutriente que más limita la producción de caña de azúcar en los suelos de la zona plana del Valle del río Cauca. Además, datos experimentales publicados en La Gaceta (2023), indican que la fertilización nitrogenada puede incrementar en promedio 23 toneladas de caña de azúcar por hectárea, lo que equivale a 27 bolsas de azúcar de 50 kg, considerando un rendimiento fabril del 10% y una participación del 58%.

Actualmente, se encuentran establecidos 13 ingenios que abarcan el 25% de las hectáreas sembradas y producen 2.099.941 toneladas de azúcar. El 75% de la tierra está en manos de 2.750 proveedores, mientras que el 25% restante corresponde a 14 plantas agroindustriales. El sector incluye 4.500 cultivadores, 14 ingenios, de los cuales seis producen bioetanol, una comercializadora internacional y cuatro instituciones de apoyo como Cenicaña y Asocaña.

Ahora bien, el papel del empresariado durante la creación del modelo productivo fue determinante, definiendo la etapa de los inicios del conglomerado, principalmente por los cambios que estos lograron aplicar a los métodos de producción para hacerlos rentables a partir de mejores estrategias en lo económico y social, dotando las empresas de un elemento elevado de innovación, y haciendo del Valle del Cauca un centro de modernización a partir del negocio del azúcar, aplicado principalmente por los ingenios Manuelita y Riopaila.

Incluso, es posible destacar que el conglomerado azucarero es producto de la ubicación específica de factores para el empresariado, como lo son el suelo, las instalaciones físicas, los operarios, inversiones, canales de distribución, canales administrativos, centros de investigación y las características naturales

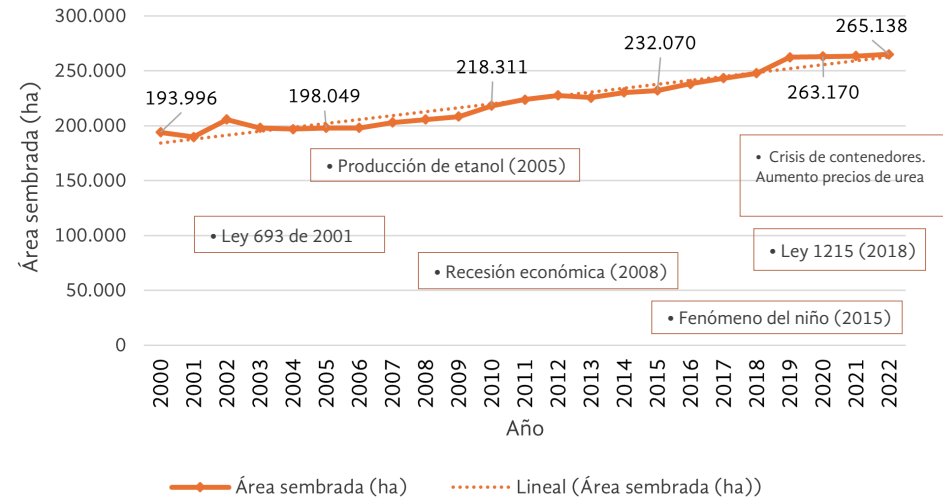


Figura 2.10. Evolución del área cultivada con caña de azúcar (ha) en el Valle del Cauca. Contexto de los principales hitos históricos (2000 - 2022)
Fuente: elaboración propia con base en: datos área sembrada hasta 2003 con base en Perafán, (2012); hasta 2006 con base en Vásquez et al. (2013) y hasta 2022 con datos de la UPRA (2024).

de un espacio. Todos estos se colocaron a disposición de la producción azucarera, debido a las posibilidades que ofrece para el complejo, su ubicación cerca a mayores recursos, en cuanto a mejorar las ventajas que implica producir con mano de obra más calificada, mayor tecnología para la toma de decisión, maquinaria de alta precisión, un sistema normativo garantista, acceso a datos y capitales, todo lo cual se incorporó a la industria en esta región, mayoritariamente durante el siglo XX (Porter, retomado por Álzate y Henao, 2008, p.44).

2.2 Conclusiones

A manera de conclusión, la industria azucarera en el Valle del Cauca ha consolidado su presencia a pesar de las críticas constantes hacia el monocultivo de caña de azúcar, debido principalmente, al crecimiento de la producción de biocombustibles. Este fortalecimiento del sector ha dificultado la posibilidad de modificar los usos del suelo en la región, perpetuando un modelo agrícola que tiene profundas implicaciones sociales, culturales, ambientales y económicas. El monocultivo, al imponerse de manera dominante, ha contribuido a la subordinación de la naturaleza y a un proceso de degradación estética, además de profundizar las dinámicas de poder y control territorial.

Por otro lado, las prácticas comerciales de los actores involucrados en la industria azucarera, como ASOCAÑA y los ingenios, reflejan una concentración de poder en el mercado que ha limitado la libre competencia. Las acciones para impedir la entrada de azúcar importado y generar obstáculos para los competidores internacionales, como lo señala Rodríguez (2019), demuestran que la industria ha recurrido a estrategias que favorecen sus intereses económicos a expensas de una mayor apertura comercial. Esto revela un comportamiento que, no solo afecta las dinámicas del mercado interno, sino que también refuerza la hegemonía de un modelo económico extractivo y monopolístico en la región.

La consolidación del monocultivo y las prácticas de concentración de poder en el sector azucarero perpetúan un sistema agrícola que, no solo tiene repercusiones ambientales, sino también importantes implicaciones políticas y económicas que dificultan alternativas más sostenibles y justas para la región. Sin embargo, también ha impulsado el desarrollo de la industria, permitiendo que el departamento se consolide a nivel nacional, generando miles de empleos, y fomentando una de las mayores economías para el país.

2.3 Referencias

- AgroNet. (2022).** Precio de la urea pone en aprietos al sector agroalimentario. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Precio-de-la-urea-pone-en-aprietos-al-sector-agroalimentario.aspx>
- Álzate, L. E., y Henao, N. (2008).** *El clúster de la caña de azúcar enfatizado en el biocombustible: Etanol*. Revista Grafías, 39-60. <https://doi.org/10.31908/grafias.v0i6.1633>
- Asocaña. (s. f.-a).** Análisis Estructural 1999-2000. <https://asocana.org/StaticContentFull.aspx?SCid=152>
- Asocaña. (s. f.-b).** *Historia de la agroindustria de la caña en Colombia*. Historia del Sector. <https://asocana.org/publico/info.aspx?Cid=8>
- Asocaña. (2013).** *Aspectos generales del sector azucarero 2012-2013*. Cali: Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia.
- Asocaña. (2021).** Informe Anual 2021- 2022. <https://asocana.org/documentos/1162009-1951b0b4-fffff,000a000,00ff00,ff00ff,e1e1e1,c3c3c3,a5a5a5,878787,696969,4b4b4b,2d2d2d,0f0f0f,d-2d2d2d,b4b4b4.pdf>
- Ayala-Osorio, G. (2019).** *El monocultivo de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca (Valle del Cauca, Colombia): Un enclave que desnaturaliza la vida ecosistémica*. Forum. Revista Departamento de Ciencia Política, 15, Article 15. <https://doi.org/10.15446/frdcp.n15.72452>
- Aprile Gniset, J. (1992).** *La ciudad colombiana : siglo XIX y siglo XX*. Banco Popular.
- Banko, Catalina (2010)** “Expansión de la industria azucarera a mediados del siglo XX” Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales, vol. 16, núm. 3, septiembre-diciembre, 201-212 Universidad Central de Venezuela.
- Bermúdez, E. I. (2017)** “La Caña de azúcar en el Valle del Cauca” *Credencial Historia* no.92. Recuperado de Banco de la República: <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-92/la-cana-de-azucar-en-el-valle-del-cauca>
- Campo, D. (2023)** *La caña de azúcar: de edulcorante a carburante y sus impactos como monocultivo en Candelaria (1930-2010)*. Sillares Revista de Estudios Históricos. Universidad del Valle. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/369338912_La_cana_de_azucar_de_edulcorante_a_carburante_y_sus_impactos_como_monocultivo_en_Candelaria_1930-2010
- Caballero, A. (2003).** *Historia económica de Colombia: Siglo XX*. Editorial Norma.
- Castillo Moya, S. L., Daraviña Plaza, K. J., Pedroza Cuacialpud, M. A., Sánchez Jiménez, W., Beltran Acevedo, L. R., Ramírez Galvis, M. A., Giraldo Álzate, O. M., Victorino Martínez, L., y Rivera Espinosa, R. (2020).** *Conflictos socioambientales en el Valle del Cauca: Caña de azúcar*. Universidad Libre seccional Cali. <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19490>
- Cenicaña. (2014).** Fechas históricas de la agroindustria de la caña en Colombia – Cenicaña. <https://www.cenicana.org/fechas-historicas-de-la-agroindustria-de-la-cana-en-colombia/>
- Cenicaña. (2015).** Determinación del nitrógeno (N) disponible en el suelo. Recuperado de <https://www.cenicana.org/determinacion-del-nitrogeno-n-disponible-en-el-suelo/>
- Centro Nacional de Productividad (CNP) (2002)** *El conglomerado del azúcar en el Valle del Cauca, Colombia*. CEPAL, Naciones Unidas. Red de Reestructuración y Competitividad, Unidad de Desarrollo Industrial y Tecnológico. División de Desarrollo Productivo y Empresarial, Santiago de Chile.
- CEPAL. (2009).** La crisis de los precios del petróleo y su impacto en los países centroamericanos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/25972-la-cri-sis-precios-petroleo-su-impacto-paises-centroamericanos>
- Chardon, C. (1930).** *Reconocimiento agropecuario del Valle del Cauca: Informe emitido por la Misión agrícola puertorriqueña, dirigida por el Honorable Carlos Eugenio Chardon y presentado al Gobernador del Departamento del Valle del Cauca en Colombia*. San Juan de Puerto Rico
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2004).** *Plan de manejo integral de la cuenca del río Cauca: Departamento del Valle del Cauca (Convenio 192 - 2002)*. Santiago de Cali.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2004).** *De la cuenca del Tennessee a la cuenca del Alto Cauca. En Génesis y desarrollo de una visión de progreso* (p. 57). Cali: CVC.
- Delgadillo, O. L. (2014).** *La caña de azúcar en la historia ambiental del valle geográfico del río Cauca (1864-2010)*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/15735>.
- Dosal, P. J. (2006).** *Cuba Libre: A Brief History of Cuba*. Wiley-Blackwell.
- Galeano, E. (2004).** *Las venas abiertas de América Latina*. Siglo XXI editores, s.a. <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r31206.pdf>
- Guardiola, J. (1995).** Avances tecnológicos entre 1950 y 1980. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1359>.
- Gutiérrez Rincón, V., Arango Sanclemente, S., y Yoshioka, A. (2011).** *Análisis del ambiente competitivo del Cluster Bioindustrial del Azúcar en el valle geográfico del río Cauca. Desarrollo y retos*. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2000). <https://proyectos.inei.gob.pe/web/BibliolNEIPub/BancoPub/Est/Libro01/>
- La Gaceta. (11 de noviembre de 2023).** Fertilizar una hectárea de caña cuesta entre 54,000 y 100,000 pesos. Recuperado de <https://www.lagaceta.com.ar/nota/1013335/economia/fertilizar-hectarea-cana-cuesta-54000-100000.html>
- McCook, Stuart (2001),** “Promoting the ‘Practical’: Science and Agricultural Modernization in Puerto Rico and Colombia, 1920–1940”, *Agricultural History*, Vol. 75, No. 1, Winter, 2001, pp. 52–82. <http://www.jstor.org/stable/3744921>. Consultada 21/05/2024.

Meisel Roca, A. (2013). *La caña de azúcar en el Valle del Cauca: Historia de un crecimiento*. Universidad del Valle.

Mejía Prado, E. (2002). *Campesinos, poblamiento y conflictos: Valle del Cauca (1800-1848)*. Cali: Universidad del Valle; Centro de Estudios Regionales REGIÓN.

Millán, F (Coord.) (2002), *El conglomerado del azúcar del Valle del Cauca, Colombia. Serie Desarrollo Productivo*, No. 134, cepal/eclac, Santiago de Chile.

Montoya Duque, Gloria Inés. (2011). El paro de corteros de caña en el Valle del Cauca - Colombia: Una acción colectiva de cara al modelo económico. *Entramado*, 7(1), 104-113. Recuperado el 10 de agosto del 2024, desde http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032011000100007&lng=en&lng=es.

Moreno Friginals, M. (1964). *El ingenio. Complejo económico social cubano del azúcar. La Habana* (Cuba). Editorial de Ciencias Sociales. http://www.iunma.edu.ar/doc/MB/lic_historia_mat_bibliografico/Historia%20Latinoamericana%20II/Unidad%203/Manuel-Moreno-Fraginals-El-Ingenio.pdf

Nieto, L. E., Giraldo, R. y Vallejo, J. L. (2015). *El Cambio de Paisaje y la Agroecología como Alternativa a la Crisis Ambiental Contemporánea*. [pdf]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/19312>

Nagheeb, Mohsen, Amezaiga, Jaime, and Mdee, Anna, eds. Critical Water Governance: Contextualising water security in Colombia, Ethiopia, India and Malaysia. Joint Report. UKRI Water Security and Sustainable Development Hub. July 2023.

Perafán Cabrera, A. (2012). *Valle del Cauca: un estudio en torno a su sociedad y medio ambiente*. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle. (Colección Ciencias Sociales).

Pérez, M. A., Peña, M. R., y Alvarez, P. (2011). *Agro-industria cañera y uso del agua: análisis crítico en el contexto de la política de agrocombustibles en Colombia. Ambiente y Sociedad*, XIV(2), 153-178.

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2009). Programa para el saneamiento, manejo y recuperación ambiental de la cuenca alta del río Cauca (Documento CONPES 3624). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Ministerio de Hacienda y Crédito Público; Departamento Nacional de Planeación.

Ramos, O. G. (1995). “Solera de la caña de azúcar” *Revista Contexto*, 1-10.

Ramos, O. G. (2005) “Caña de azúcar en Colombia. Asocaña” *Revista de Indias*, vol. LXV, núm. 233, 49-78, ISSN: 0034-8341.

Ripoll Echeverría, M. T. (2019). “El desarrollo de la industria azucarera en el Valle del Cauca, Colombia, 1901–2015”. *Economía y Región*, 13(1), 87-143.

Rojas Guerra, J. M. (1983). *Empresarios y tecnología en la formación del sector azucarero en Colombia, 1860-1980*. Bogotá: Banco Popular.

Roldan-Luna, D. (2013). *Progreso técnico, crisis y perspectivas del sector azucarero colombiano*. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/754b4e55-1fd4-431a-8979-fc1c4e0dc28c>

Santos Delgado, A., & Sánchez Mejía, H. (2010). La irrupción del capitalismo agrario en el Valle del Cauca: políticas estatales, trabajo y tecnología, 1900-1950. *Historia Caribe*, X(26), 329-333. Universidad del Valle.

Uribe, H. (2017). *Capítulo 20: el Valle Geográfico del río Cauca: un espacio transformado por el capital agroindustrial*. [info:eu-repo/semantics/article, Libros Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/24849>

Uribe, H. (2022). *Conocimiento técnico-científico y “destrucción creativa” del valle del río Cauca, siglos XX-XXI*. *Historia y Espacio*, 18(58), Article 58. <https://doi.org/10.25100/hye.v18i58.12113>

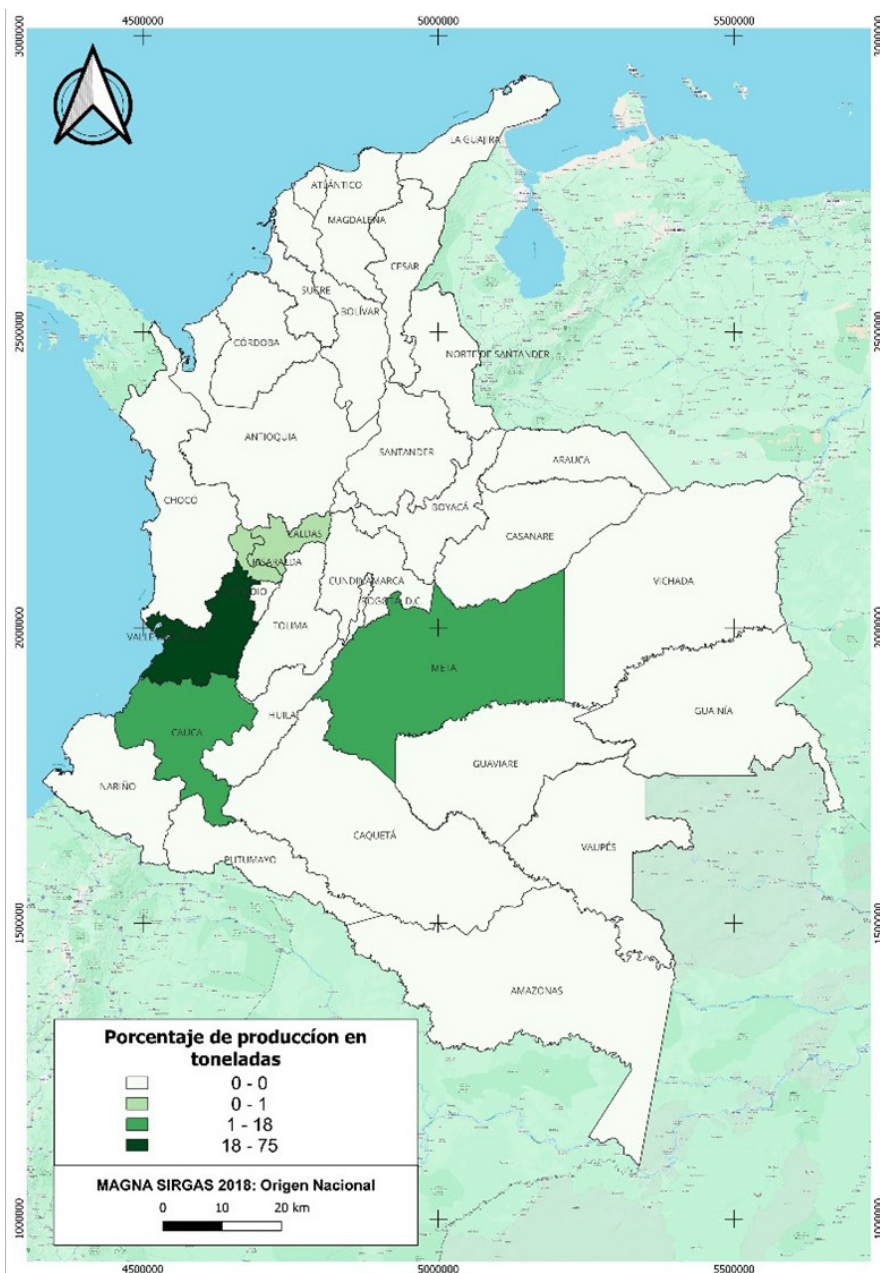
Uribe, M., y Perafán, J. (2021). *Historia ambiental de la agroindustria cañera en el valle del Río Cauca*. Programa Editorial Universidad del Valle.

Vásquez Sánchez, J. (2000). *Geografía rural y de la agricultura*. Cali: Universidad del Valle.



El Monocultivo de Caña de Azúcar: dimensiones territorial, económica, social, institucional

Capítulo 3: y ambiental.



Mapa 3. 1. Distribución (%) de la producción de caña de azúcar por departamentos. Colombia
Fuente: elaboración propia con base en UPRA (2023)

3.1 Dimensión territorial

En Colombia, la caña de azúcar se cultiva principalmente en el Valle Geográfico del Río Cauca debido a las condiciones geográficas y ambientales que prevalecen en esta región. Por ello, esta zona es considerada como una de las cuatro mejores regiones del mundo para su producción. Su temperatura varía entre 23,8°C y 30°C, con una oscilación de 11°C, y con condiciones de lluvia de aproximadamente 1.000 mm en dos épocas del año. Colombia lidera en productividad de caña de azúcar, superando a países como Brasil y México. En 2022, la industria generó 23 millones de toneladas de caña, 2,09 millones de toneladas de azúcar, 347 millones de litros de bioetanol, y exportó 627 mil toneladas de azúcar por 370 millones de dólares a más de 60 destinos (Asocaña, 2022).

Tal y como se mencionó en el apartado de la caracterización de la Cuenca, esta región está conformada por 83 municipios, sin embargo, no todos cuentan con producción de caña de azúcar. Para efectos de clasificar aquellos municipios que cuentan con producción de este cultivo, la Unidad de Planeación Rural Agropecuaria (UPRA) y su base de datos Agronet, publican la Base Agrícola EVA (Evaluación Agropecuaria) con la que se

obtienen datos a nivel municipal desde 2007 hasta 2022. A partir de esta información se encuentra que del total de los 83 municipios que hacen parte de la CARC, 49 de ellos cuentan con producción de caña de azúcar, lo que corresponde a un total del 59%.

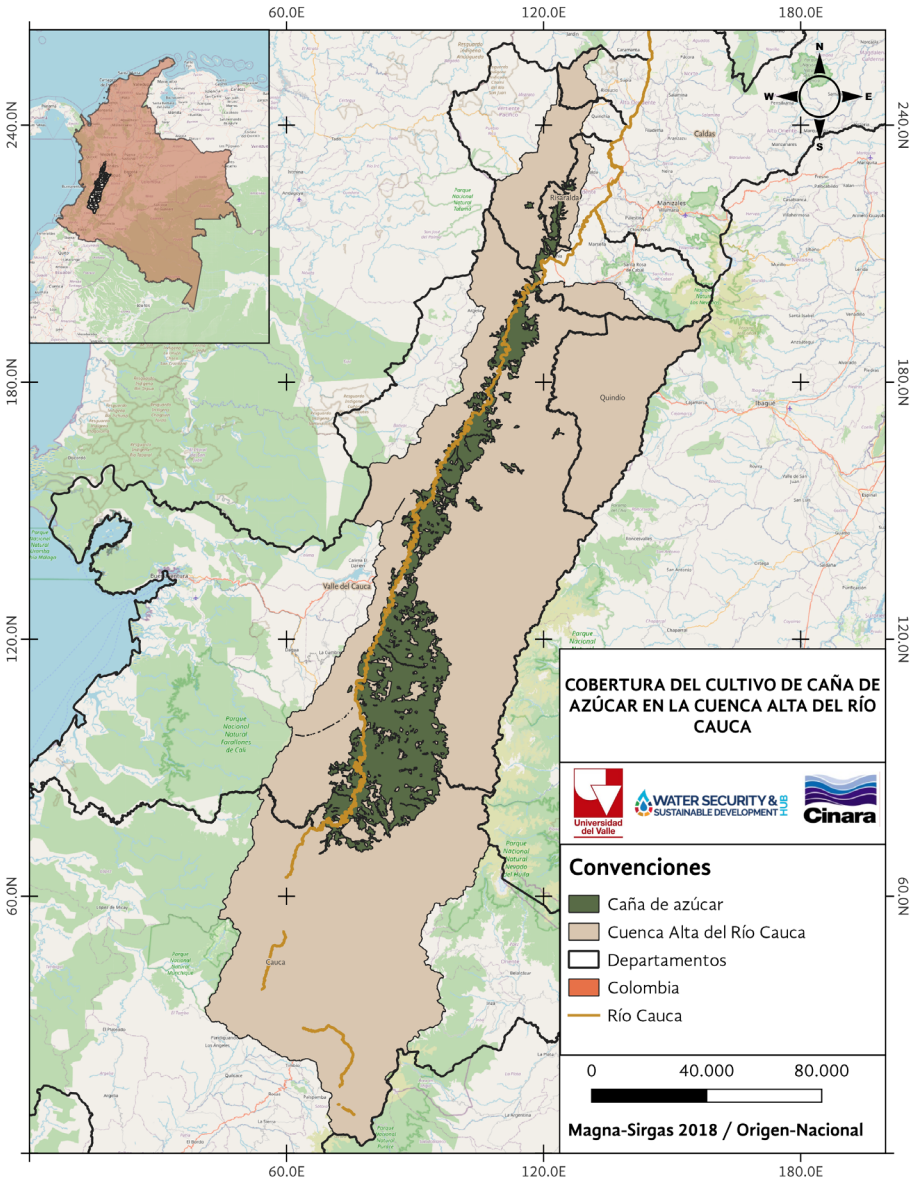
El monocultivo de caña de azúcar se encuentra en una mayor proporción en el departamento del Valle del Cauca (30 municipios que representan el 61% del total con cultivo), seguido de Cauca con 8 municipios (17%), Risaralda y Caldas con 5 municipios cada uno (10%), y, por último, Quindío con 1 municipio (2%) (Figura 3. 1).

Actualmente, en la CARC se encuentran 13 ingenios azucareros que cumplen un rol fundamental en la producción y procesamiento de la caña. Estos ingenios están distribuidos principalmente en el Valle del Cauca, y su ubicación estratégica facilita la logística de transporte y procesamiento de la caña producida en la región (ver Mapa 3.3). La cercanía de los ingenios a las zonas de cultivo permite optimizar los tiempos de cosecha y procesamiento, minimizando así pérdidas y maximizando la eficiencia en la producción.

3.2 Dimensión económica

Los procesos de incorporación de valor agregado en la industria de la caña de azúcar son diversos y estratégicos. Por ejemplo, la industria sucroquímica aprovecha la melaza como materia prima clave para la producción de una amplia gama de productos, incluyendo alcohol, licores, ácido cítrico, levaduras, gas carbónico, acetatos, carbonato de calcio y fertilizantes agrícolas. Según Procaña (2024), entre los subproductos más significativos obtenidos de la caña de azúcar se encuentran:

- a. Bagazo de caña:** Es la fibra que queda después de extraer el jugo de la caña de azúcar. El bagazo se utiliza ampliamente como biomasa para generar energía en las plantas de producción de azúcar, proporcionando electricidad y vapor para el proceso industrial. También se emplea como materia prima para la producción de papel y productos de celulosa.
- b. Melaza:** Es un líquido viscoso y oscuro que resulta de la cristalización del azúcar



Mapa 3. 2. Cultivo de caña de azúcar en la Cuenca Alta del Río Cauca
Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2018) y UPRA (2023)

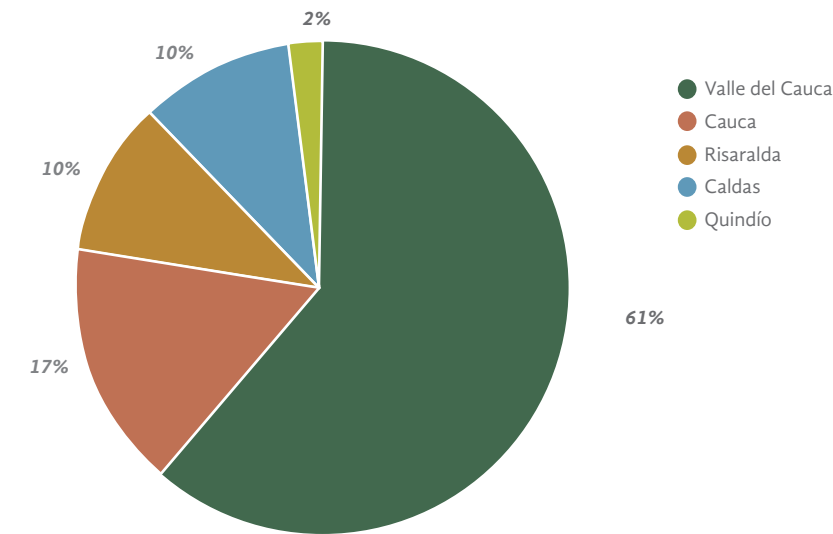
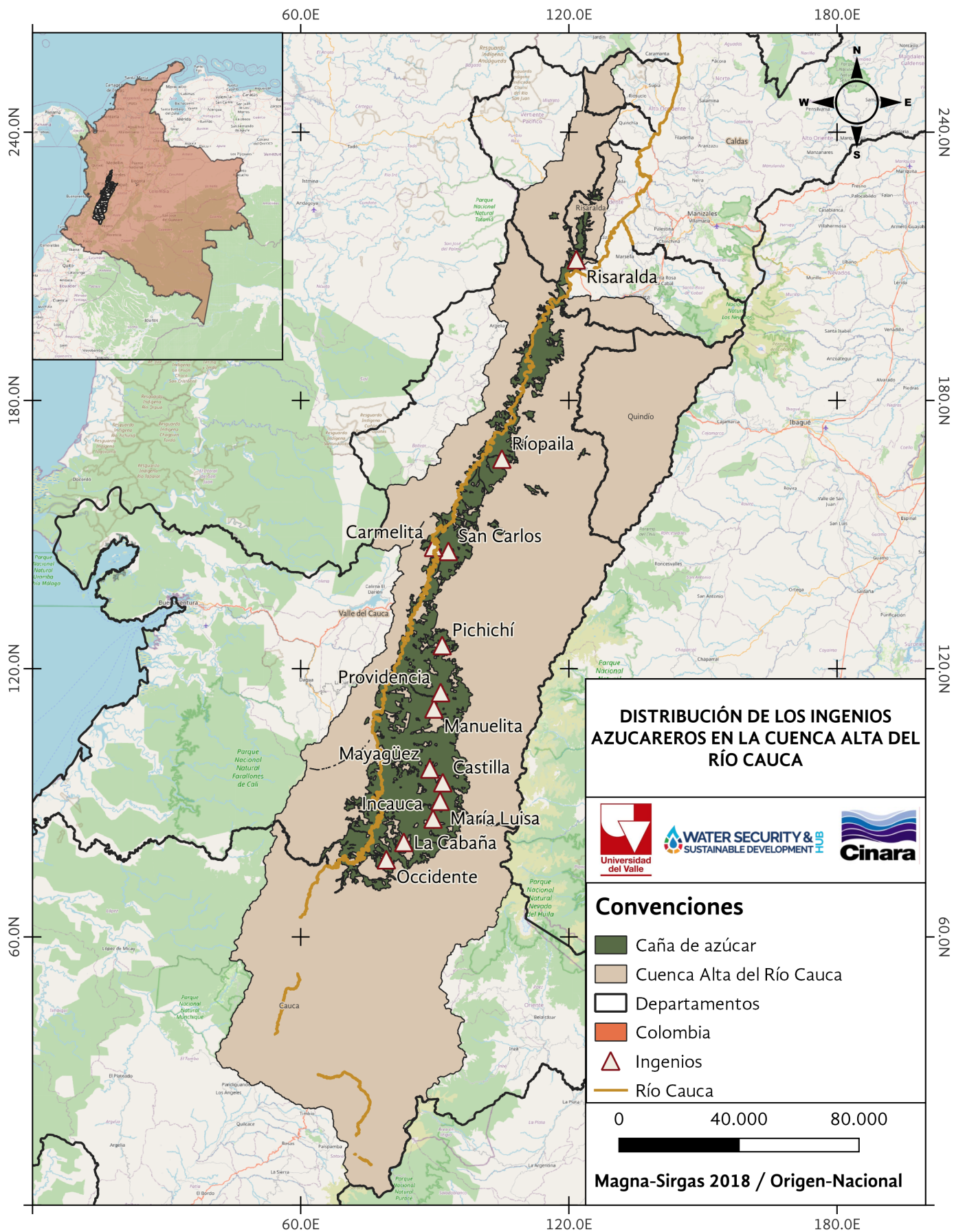


Figura 3. 1 Participación (%) de la producción del monocultivo de la caña de azúcar. Departamentos de la CARC, 2022
Fuente: elaboración propia con base en UPRA (2023)



Mapa 3. 3. Cultivo de caña de azúcar en la Cuenca Alta del Río Cauca

Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2018), UPR (2023) y Asocaña (2024)

de caña. La melaza es una fuente valiosa de carbohidratos y minerales como hierro y calcio. Se utiliza en la fabricación de alimentos para animales, así como en la producción de ron, cerveza, y algunos tipos de pan y dulces.

c. Etanol: El compuesto químico etanol, o alcohol etílico, es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Principal producto de las bebidas alcohólicas. El etanol que proviene de los campos de cosechas (bioetanol) se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible que puede ofrecer ventajas medioambientales y económicas a largo plazo en contraposición a los combustibles fósiles. Se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar.

d.Biomasa: Además del bagazo, otros residuos de la caña de azúcar, como las hojas y puntas, también se utilizan como biomasa para la generación de energía renovable.

e.Cachaza: Es el residuo líquido que resulta del proceso de destilación de la caña de azúcar para producir etanol. La cachaza se utiliza como fertilizante orgánico en la agricultura debido a su alto contenido de materia orgánica y nutrientes.

f. Vinaza: Es un líquido rico en nutrientes que se obtiene durante la fermentación de la caña de azúcar para producir etanol. La vinaza se utiliza como fertilizante en los campos de caña de azúcar y otros cultivos.

La actividad agrícola o fase productiva de la caña de azúcar contribuye, en promedio, con el 2,1% al valor agregado de la actividad agrícola nacional (que incluye agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca) entre 2012 – 2021 (Figura 3. 2)²⁷. La tendencia de su participación muestra un cambio significativo antes y después de 2017. Antes de este año, la participación del sector iba en aumento, pasando de 1,8% en 2012 a 3,3% en 2017.

En este mismo período, la participación en el valor agregado de otros productos agrícolas, excluyendo el café, creció hasta el 5,8%, e incluyendo el café, fue del 4,8%. Sin embargo, después de 2017, la situación cambió drásticamente, cayendo la participación de la caña de azúcar al 1,9% en 2021. Al considerar otros productos agrícolas sin café, el porcentaje del valor agregado de la caña en el sector agrícola disminuyó al 3,6%, y con café al 3%.

Ahora, con base en la información recopilada de la Asociación de Cultivadores de

Caña de Azúcar de Colombia (ASOCAÑA) en sus informes anuales y anexos estadísticos, como también de los documentos del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA) y complementando con datos de la UPRA, la producción de caña de azúcar pasó de 3´487.440 a 29.569.367 en el periodo analizado, significando un crecimiento promedio anual de 1,41% (Figura 3. 3).

Las más significativas fluctuaciones de la producción de caña se ven reflejadas luego del año 2000. A inicios del Siglo XXI la economía

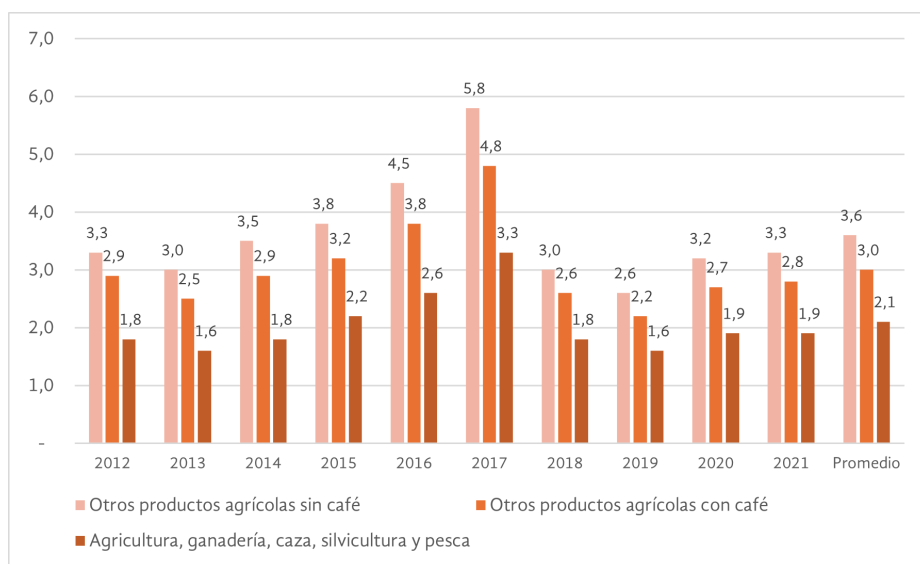
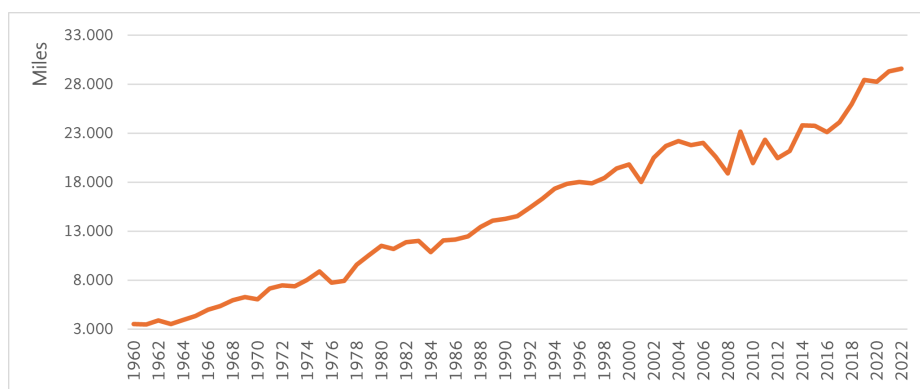


Figura 3. 2 Participación (%) del valor agregado de la fase agrícola de la caña de azúcar en el valor agregado total por ramas de actividad económica, 2012 – 2021pr
Fuente: cálculos propios con base en DANE (2017; 2022)
pr: provisional



3. 3. Producción de caña de azúcar (miles de toneladas). Cuenca Alta del Río Cauca, 1980 – 2022²⁸
Fuente: elaboración propia. Hasta 1979 la serie se construye con base en Buenaventura (1986); hasta el 2006 con datos del Anexo Estadístico el Informe Anual de Asocaña 2013 – 2014 y del Informe Anual Asocaña, 2004; a partir del 2007, con datos de la UPRA, 2023

27. La Cuenta Satélite del DANE para la agroindustria de la Caña de Azúcar en Colombia tiene registro solo a partir del 2012 en adelante.

28. Hasta 1985, la información corresponde a una muestra de 11 Ingenios, que representaban el 96% del total del azúcar producido. A partir de 1986, la muestra incluye los 13 ingenios del Valle geográfico del río Cauca, que producen el 99,7% del total de azúcar del país.

nacional enfrentó una fuerte crisis financiera y fiscal que afectó las diferentes actividades productivas del país. “La crisis resultó en una caída del PIB de 4,9% en 1999 y en una inflación del 92,6% ese mismo año” (Chiodo y Owyang, 2002 en Pérez-Reyna, 2017, p. 442). En los años posteriores, la economía siguió enfrentando la Crisis Financiera Internacional del 2008, caída de los precios del petróleo del 2014, pandemia por COVID19 en el año 2020, entre otras que afectó el desempeño de la economía nacional incluyendo la actividad cañera en Colombia.

A partir de la información obtenida de la producción y áreas cosechadas de la caña de azúcar, se obtiene el rendimiento productivo (ton/ha) (Figura 3. 4). Su comportamiento tiene dos tendencias: una con un crecimiento de la productividad alto que va entre 1960 y 1982 pasando de 85 a 110 ton/ha con un crecimiento promedio anual de 1,36 ton/ha/año; un segundo, que se extiende desde este último año y hasta 2022 con un crecimiento mucho menor pasando de 110 ton/ha/año a 120 ha en promedio que representó una dinámica reducida de 0,11 ton/ha/año. Se destaca como el año más productivo en términos de rendimiento 2018 con 147 ton/ha.

Estos resultados reflejan los rendimientos decrecientes de la productividad en los cultivos de caña, lo que sugiere un aumento progresivo en los costos de producción. Si bien los factores climatológicos pueden contribuir a esta realidad, otro elemento clave son las leyes de la termodinámica, que explican cómo, a pesar de incrementar los insumos, la eficiencia productiva tiende a disminuir con el tiempo. Este fenómeno, identificado por economistas clásicos como David Ricardo y Robert Malthus, señala que el crecimiento de la productividad agrícola no es indefinido. Según la teoría de Ricardo, a medida que se expande el uso de la tierra y otros recursos, las unidades adicionales de insumos producen incrementos cada vez menores en la producción. Del mismo modo, Malthus destacó que el crecimiento de la producción agrícola enfrenta límites naturales debido a la finitud de los recursos, lo que

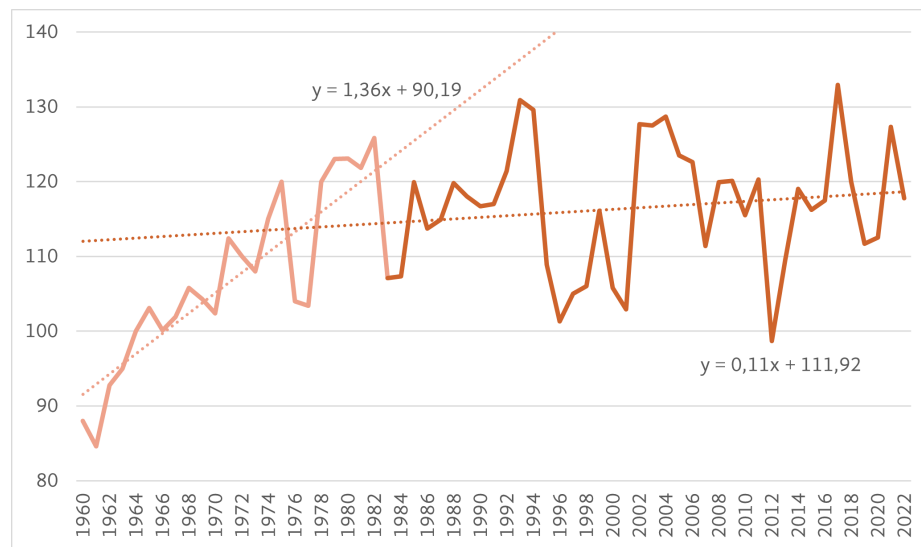


Figura 3. 4. Rendimiento (ton/ha) de la caña de azúcar. CARC, 1960 – 2022
Fuente: elaboración propia. Hasta el 2006 la serie se construye con datos del Anexo Estadístico el Informe Anual de Asocaña 2013 – 2014 y del Informe Anual Asocaña, 2004; a partir del 2007, con datos de la UPRA, 2023

provoca una disminución en la capacidad de generar rendimiento a largo plazo.

En el caso de la caña de azúcar, el agotamiento de la fertilidad del suelo y las condiciones ambientales adversas contribuyen a este fenómeno. A medida que los productores buscan aumentar el rendimiento mediante mayores inversiones en insumos, como fertilizantes o agua, estos esfuerzos encuentran una barrera física y económica, dado que los costos aumentan más rápidamente que los beneficios productivos. Esto plantea desafíos importantes para la sostenibilidad de los cultivos a largo plazo y subraya la necesidad de innovaciones tecnológicas y prácticas agrícolas más eficientes para mitigar estos efectos.

3.3 Dimensión social: el empleo azucarero rural

La conformación del sector de la caña de azúcar en Colombia ha crecido bajo la compañía de escenarios laborales complejos de des-sindicalización, tercerización del trabajo, fomento de un sistema dual de contratación laboral (empleados directos y contratistas) y pérdida de garantías laborales desde la década de los sesenta. “A pesar de la importancia que tienen los obreros rurales en la estructura y funcionamiento de los ingenios azucareros, estos han afrontado precarias condiciones laborales desde hace décadas” (Castillo y Castaño, 2021, p.120).

Según Antunes (2009) durante la década de los sesenta el sistema productivo nacional tuvo una crisis y reestructuración que implementó nuevos mecanismos y formas de acumulación cada vez más flexibles. Con esto, se limitó y restringió el trabajo realizado por seres humanos, dando mayor importancia al trabajo de la maquinaria técnico-científica, de manera que no solo amplió la capacidad productiva, sino que re-territorializó y des-territorializó promoviendo la extracción del trabajo, consolidando los modelos de tercerización laboral y a su vez mecanismos de confrontación y resistencia por parte de los trabajadores.

La introducción de nueva y mejores máquinas al proceso productivo de la caña de azúcar en la actividad agrícola, significó cambios importantes para la mano de obra de modo que, entre las décadas de los 60 y 70, la tasa de empleo crecía en un 3,8% promedio anual, sin embargo, a partir de 1979 la tendencia cambió, para mostrar un decrecimiento en el empleo del 2,3% promedio anual hasta 1998. A partir de este año, la tendencia mostró un leve crecimiento en la contratación hasta el 2006. Sin embargo, dado que las condiciones laborales no eran las óptimas, en el 2008 hubo un paro masivo de los trabajadores corteros, reduciendo abruptamente el número de trabajadores para ese año. La Figura 3. 5 muestra la

tasa del número de trabajadores por cada 100 hectáreas con una tendencia decreciente en el largo plazo. Mientras que entre las décadas 60 y 70 esta tasa fue de 22,6; para el 2022 descendió a solo 12,2 trabajador/100ha.

La caída pronunciada en esta participación del trabajo en la producción agrícola de la caña de azúcar luego de 1976 hasta 1998, es el resultado de un conjunto de cambios en el sector, entre los que la introducción del avance tecnológico (por ejemplo, control de malezas: herbicidas emergentes, post-emergentes, rodeos y fórmulas; maquinaria: encalladoras mecánicas) redujo en un alto porcentaje la mano de obra en la fase agrícola. Solo por dar un ejemplo, Delgadillo (2014) presenta que, en el Ingenio Manuelita durante este periodo, redujo hasta cerca del 90% la mano de obra dedicada al alce y corte de caña.

Siguiendo a esta misma autora, dentro de los principales factores que se relacionan con esta pérdida de empleos de corteros fueron:

1. La implementación de la quema generalizada de caña previa a la cosecha
2. La siembra de la variedad CP-57603
3. Mayor incentivo económico al trabajador por alce mecánico
4. La utilización del machete australiano

De acuerdo con Urrea y Mejía (1999), el desmonte de la oferta laboral directa, en las décadas del 80 y 90, estuvo acompañado especialmente de un significativo incremento de la contratación temporal que, de acuerdo con Castillo y Castaño (2021), junto con las nuevas políticas neoliberales de la época, transformaron profundamente la agricultura colombiana a un sector agroexportador, combinando el uso de tecnologías sofisticadas con el uso de mano de obra temporal y precaria. Lo expuesto por estos mismos autores, específicamente para los corteros de caña del Valle del Cauca, muestra que “han afrontado fuertes cambios estructurales del modelo agrario regional, como es el caso de la desarticulación de la economía campesina, la fragmentación del manejo y uso ancestral de la tierra y la negociación salarial con estas empresas capitalistas” (p. 123).

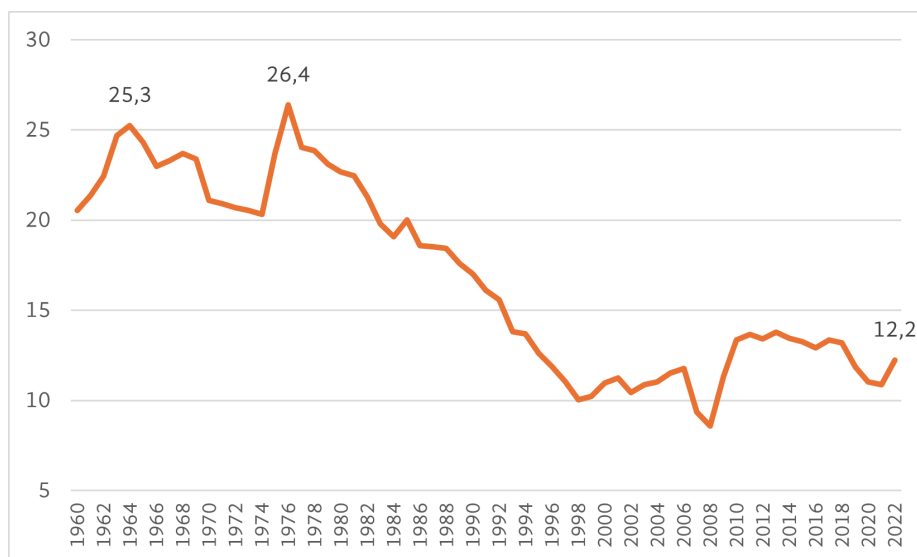


Figura 3. 5. Número de trabajadores de campo* por cada 100 ha en el sector de la caña de azúcar (1960 – 2022)

Fuente: elaboración propia con base en Buenaventura (1986), Vásquez et al., (2013) y DANE (2022) *Corte, alce, transporte y labores de cultivo

De ello Kay (2001), deduce que estos trabajadores rurales están cada vez más proclives a condiciones de trabajo asalariado temporal y semi proletarización.

Los cambios de la agricultura durante estas décadas en la que se intensificó la inserción de empresarios agropecuarios en las cadenas de valor y los mercados mundiales aportaron un dinamismo a las actividades rurales en cuanto a transformaciones fisiológicas de los territorios y modernización de agro, produciendo un nuevo tipo de ruralidad. Sin embargo, como ya se ha explicado, los trabajadores han enfrentado cambios en sus condiciones laborales que se caracterizan por sus niveles de precariedad, que puede ser entendida principalmente desde cinco dimensiones: inestabilidad, volatilidad, flexibilidad, desprotección social y vulnerabilidad socio-económica (De La Garza, 2017).

Ahora, bien toda esta oleada de situaciones contraproducentes para el trabajo no solo han sido el resultado de la inserción de nuevas tecnologías en el desarrollo productivo, sino que también han estado en función de medidas implementadas por los organismos estatales y empresariales. Están, por ejemplo, el Decreto 2351 de 1965 que trajo consigo el desarrollo del sistema de

mano de obra contratista que benefició al gremio, pues “le resultaba entonces más barato remplazar un trabajador que muriera o se jubilara, por un contratista independiente que no tiene costos extralegales, al tiempo que importaba nueva maquinaria y mejoraba la tecnología.” (Delgadillo, 2014, p. 309); con el Decreto 1100 de 1992 se creó las Empresas Asociativas del Trabajo (EAT) mediante las cuales “los ingenios lograban estar exentos de impuestos por la contratación de fuerza de trabajo requerida a través de asociaciones, que no representaba condiciones laborales necesarias para una vida y trabajo dignos” (Castillo y Castaño, 2021).

Posteriormente, bajo la Ley 79 de 1988, la consolidación de las Cooperativas de Trabajo Asociado (CTA), que tenía por objetivo favorecer, proteger y promocionar el cooperativismo para el fomento de nuevas empresas, desarrollo económico, la democracia y una distribución equitativa de la propiedad, se convirtieron en intermediarias entre los trabajadores e ingenios, que además favoreció la contratación de prácticamente todas las labores de cultivo (excepto el corte y alce de caña) bajo la modalidad de contratistas. De esta manera, no había una contratación directa, desligando a los Ingenios de cumplir

con sus obligaciones para con los trabajadores en cuanto al pago de seguridad social y una remuneración salarial justa²⁹. Además, este tipo de vinculación laboral restringía el derecho a sindicalizarse y el acceso a mecanismos colectivos de representación.

También, el nuevo modelo de contratación por *outsourcing* vinculó a gran parte de los ingenieros agrónomos retirados de los ingenios por los cambios administrativos internos, prescindiendo ahora sus servicios como proveedores en áreas como preparación de suelos, producción de insectos benéficos para el control de plagas, aplicación de fertilizantes, entre otros (Gómez, 2011, citado en Delgadillo, 2014).

Con base en la información suministrada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020), la agroindustria de la caña de azúcar genera en total más de 279.000 empleos directos e indirectos en esta zona del país en el 2019. El 17,7% hacen parte de la producción primaria del cultivo (49.400), y el 82,3% restante de la producción industrial (230.000). Del total de empleados en la producción primaria, el 15% son empleos directos (7.410) y el 85% empleos indirectos (41.990). Además, la caña de azúcar se siembra en 3.362 predios, donde el 65,3% de ellos cuentan con una extensión menor o igual que 60 hectáreas (Tabla 3. 1).

3.4 Desarrollo del clúster: actores e institucionalidad

El clúster de la caña de azúcar en el Valle del Cauca presenta una estructura productiva compleja compuesta por varios micro clústeres interrelacionados. Según (Asocaña, s. f.-a), los micro clústeres clave incluyen Caña y Azúcar, Alimentos Procesados, Sucoquímica, Papel, Alcohol y Energía. Estos micro clústeres agrupan empresas que colaboran estrechamente dentro de un clúster más amplio, facilitando un desarrollo sinérgico y eficiente.

El proceso de transformación de la caña de azúcar incluye diversas industrias. Las suco químicas elaboran productos como

Tamaño del productor (ha)	Fincas	Participación	Acumulado
menos de 10	736	21,9%	21,9%
entre 10 y 20	394	11,7%	33,6%
entre 21 y 40	630	18,7%	52,3%
entre 41 y 60	437	13,0%	65,3%
entre 61 y 100	465	13,8%	79,2%
entre 101 y 200	437	13,0%	92,2%
entre 201 y 400	193	5,7%	97,9%
entre 401 y 600	51	1,5%	99,4%
entre 601 y 1.000	15	0,4%	99,9%
más de 1.000	4	0,1%	100,0%
Total	3,362	100%	

Tabla 3. 1. Número de fincas por tamaño de productor (ha). Cuenca Alta del Río Cauca, 2019
Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con base en datos de Procaña (2020)

bebidas alcohólicas, levaduras, carbonatos de calcio, fertilizantes, alcohol y acetatos a partir de melazas. El sector de confites y chocolates, compuesto por unas 50 compañías, utiliza en promedio un 80% de azúcar en su producción. También destacan las fábricas de papel que emplean la fibra de caña, concentrando a unas 40 empresas en artes gráficas, producción de muebles y energía. Además, existen empresas dedicadas a la fabricación de abonos y alimentos para la industria avícola y cárnica (CNP, 2002).

El clúster de caña de azúcar en la CARC se organiza en varios niveles (Figura 3. 6). El primer nivel incluye proveedores de tecnología, insumos, combustibles y energía, con alrededor de 600 técnicos, centros de investigación y administradores del campo. El segundo nivel está formado por los cultivadores de caña. El tercer nivel comprende proveedores de insumos necesarios para la producción de azúcar, que no están directamente vinculados con la caña. El cuarto nivel está constituido por los cosechadores que realizan las tareas de cortar, levantar y trasladar la caña, utilizando tanto métodos manuales como maquinaria

avanzada. El quinto nivel involucra la fabricación de azúcar y la extracción de subproductos como bagazo, melaza y cachaza. El sexto nivel está compuesto por empresas que elaboran productos y subproductos con valor añadido, y el último nivel incluye los medios de distribución tanto a nivel nacional como internacional, así como los vendedores al por mayor y al por menor (CNP, 2002).

Por otro lado, este sector se ha fortalecido respondiendo a las dinámicas productivas y económicas del mismo, de modo que, para el periodo estudiado (1960-2020), se registraron 59 tipos de acciones de institucionalidad legislativa y políticas públicas de monocultivo de la caña de azúcar (Tabla 3. 2). Estas acciones se clasifican en siete grupos de políticas: crédito-capitalización, política de tierras, legislación, promoción de exportaciones, protección ambiental, política de precios, investigación científica e infraestructura.

Este despliegue de normatividad muestra gran concentración de legislación, sobre todo al inicio del siglo XXI, relacionada especialmente con la producción de biocombustibles que luego en 2003 incentiva la construcción de destilerías

29. Según Pérez y Álvarez (2009, citado en Castillo y Castaño, 2021) los corteros vinculados a las CTA reciben en términos netos un 44,6% menos de ingresos en comparación a si fueran contratados por los ingenios o cultivadores cobijados por la Ley 100.

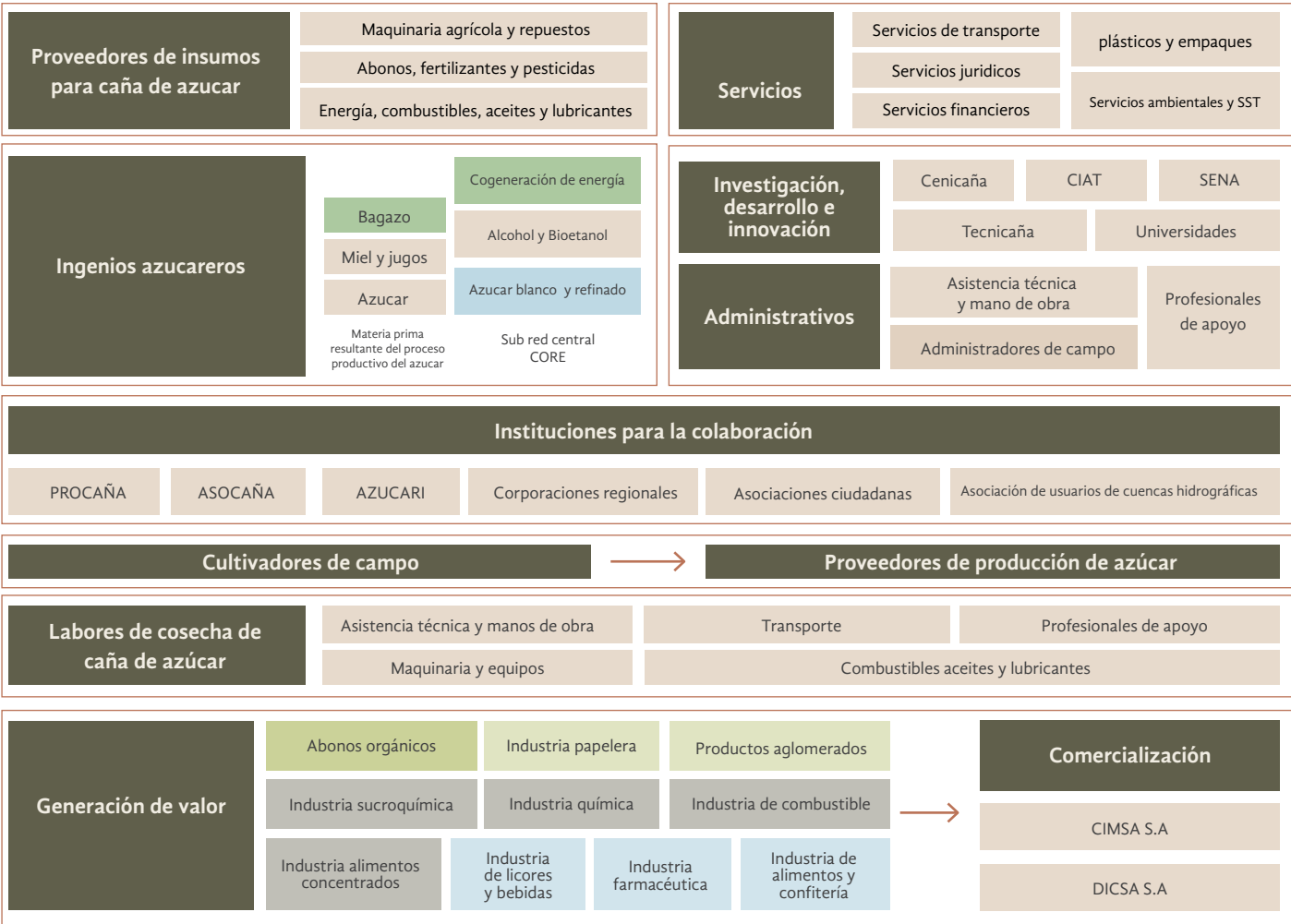


Figura 3.6. Actores del Clúster de la caña de azúcar en el Valle Geográfico del río Cauca. Fuente: elaboración propia con base en Asocaña. (s. f.-a.); Gutiérrez Rincón et al. (2011) y CNP (2002).

Política	1960
Crédito - Capitalización	1961: Creación de la Corporación Financiera del Valle
Política de tierras	1961: Reforma Agraria bajo la Ley 135 con la que se crea el INCORA, facultado para expropiar tierras deficientemente explotadas o inexploradas.
Normativo	1961: Ley 4º que promovió la adhesión de Colombia al Pacto Mundial del Azúcar.
Normativo	1965: Instalación del proceso de tercerización: contratistas independientes sin costos extralegales (Decreto 5391).
Normativo	1965: Pacto multilateral entre productores que reglamentó la Producción, almacenamientos y manejo de excedentes en los mercados interno y externo.
Normativo	1969: Ley 28 con la que se aprueba el Convenio Internacional del Azúcar.
Promoción de exportaciones	1968: Creación de la International Sugar Organization (ISO) para la promoción de la Industria Azucarera especialmente en los países en desarrollo.
Política	1970
Política de tierras	1972: Pacto del Chicoral con el que se desmonta la Reforma Agraria.
Normativo	1971: Enmienda a la Ley Azucarera de Estados Unidos.
Normativo	1973: Ley 5/73 y Decreto 1562 los fondos administrados por la Ley 26/59 pasaron al Fondo Financiero Agropecuario (FFA). Servicio de Asistencia Técnica obligatorio. Financiamiento de, entre otras, las actividades de inversión en los cultivos semipermanentes: caña de azúcar, plátano, banano otros frutales.

Tabla 3. 2. Relación de normatividad y políticas públicas que benefician al sector de la caña de azúcar. Colombia 1960 – 2020 Fuente: elaboración propia con base en CEPAL (2002); Delgadillo (2014); Pérez-Rincón (2008)

Promoción de exportaciones	1974: Creación del grupo económico de países latinoamericanos y del caribe exportadores de azúcar (Geplacea).
Protección ambiental	1974: Ley 2811 artículo 83 del dominio de las aguas y sus cauces. Son bienes inalienables e imprescriptibles del Estado: Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho.
Protección ambiental	1972: Control de Cuencas Hidrográficas.
Política de precios	1976: Creación del Fondo Nacional del Azúcar y Comisión Nacional.
Investigación científica	1977: Creación del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en Colombia (CENICAÑA)
Investigación científica	1977: Creación de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA)
Política	1980
Promoción de exportaciones	1982: Modificaciones en el Programa de Azúcar de Estados Unidos
Política de precios	1980: Negociaciones con base en costos de producción
Política de precios	1985: Crisis Azucarera Mundial (Bajan los precios del azúcar y alzas en el proteccionismo en los países industrializados)
Infraestructura	1984: Construcción Represa Salvajina
Política	1990
Política de precios	1990: Libertad de Precios Sistema Andino Franja de Precios
Protección ambiental	1990: Creación de Corpocuenas
Protección ambiental	1992: Emisión Decreto 02/92 que legaliza la práctica de la quema de caña de azúcar
Protección ambiental	1995: Minambiente emite Decreto 948/1995 sobre prevención y control de contaminación atmosférica, prohibiendo las quemas agrícolas dentro de límites urbanos y áreas aledañas.
Protección ambiental	1996: Firma del “Convenio de concertación y coordinación para la producción limpia en el sector azucarero” entre municipios y Asocaña para llegar a no quemar en el año 2006.
Protección ambiental	2004: Decreto 4296/2004 de la Presidencia de la República que deroga Decreto 984/1995 permitiendo quemas abiertas rurales controladas en actividades agrícolas y mineras, dejando sin piso también el Convenio de Concertación de 1996 y el POT de Palmira que suponía la eliminación de quemas en 2006.
Crédito - Capitalización	1990: Incentivos Capitalización Rural (ICR)
Promoción de exportaciones	1990: Apertura comercial y liberalización del mercado
Promoción de exportaciones	1991: Colapso de la Industria Azucarera Cubana
Infraestructura	1992: Privatización Puerto de Buenaventura
Normativo	1995: Resolución 898 (Oxigenación gasolina a partir del 2001)
Promoción de exportaciones	1996: Plan Vallejo y Proexport
Política	2000
Normativo	2000: Certificados de Reembolso Tributario (CERT), Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar (FEPA) y Acuerdo de Competitividad.
Normativo	2001: Ley 693 que ordena oxigenar la gasolina con un 10% de etanol a partir del 2005
Normativo	2002: Ley 788 con la que se ofrecen incentivos para varios sectores económicos, incluyendo la agroindustria, la tecnología, la construcción y el sector energético, los cuales se centraron en reducir cargas tributarias y ofrecer deducciones específicas para fomentar la inversión y el desarrollo en estas áreas.
Normativo	2003: Resolución 180687 que regula la distribución y calidad de combustibles oxigenados en Colombia, como la gasolina con etanol.
Normativo	2004: Resolución 165 que establece los parámetros de calidad para la producción y comercialización del etanol.

Normativo	2004: Ley 939 exención de IVA para el biocombustible de producción nacional.
Normativo	2005: Resolución 1289 que regula la producción y uso del biodiesel y promover los biocombustibles como alternativa sostenible a los combustibles fósiles.
Normativo	2006: Resolución 180222 estableció los precios de referencia para el alcohol carburante en Colombia.
Normativo	2006: Ley 1111 que promueve la inversión y el desarrollo del sector agropecuario en Colombia a través de beneficios tributarios y exenciones.
Normativo	2007: Decreto 383 impulsa el desarrollo del sector agroindustrial y agrícola en Colombia a través de la creación de un régimen especial de zonas francas con incentivos tributarios y requisitos de inversión y generación de empleo.
Normativo	2007: Decreto 2629 que promueve el uso de biocombustibles en Colombia.
Normativo	2008: CONPES 3510 que organiza los lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia
Normativo	2008: Decreto 2328 con el cual se crea la Comisión Intersectorial para el Manejo de Biocombustibles
Normativo	2008: Resolución 0910 con la que se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres
Normativo	2009: Decreto 1135 modifica el Decreto 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país.
Crédito - Capitalización	2008: Paquete de ayudas provenientes del programa Agro Ingreso Seguro
Promoción de exportaciones	2009: Firma de los TLC entre Colombia y UE, Canadá y EFTA (Suiza, Liechtenstein, Noruega e Islandia)
Infraestructura	2003: Inicio de construcción de las destilerías para la producción de etanol
Protección ambiental	2005: Fundación Biodiversidad demanda a Minambiente por autorizar quemas en caña sin ilustrar efectos nocivos sobre salud bajo el Código Nacional de Recursos Naturales.
Protección ambiental	2006: Reforma azucarera de la Unión Europea: promoción de biocombustibles. Políticas de seguridad energética y ambiental.
Política	2010
Normativo	2011: Decreto 4892 en el cual se reglamenta el uso obligatorio de mezclas de biocombustibles en motores a gasolina y diésel en Colombia, estableciendo los porcentajes de mezcla permitidos y las condiciones para su implementación. También otorga facultades a los ministerios competentes para ajustar estos porcentajes y regular aspectos relacionados con la producción, distribución y control de emisiones.
Promoción de exportaciones	2011: Entra en vigencia del TLC entre Colombia y Canadá
Promoción de exportaciones	2011: Congreso estadounidense aprueba el TLC con Colombia
Promoción de exportaciones	2012: Entra en vigencia del TLC entre Colombia y EE.UU
Protección ambiental	2017: Decreto 2245 en donde se establecen los criterios técnicos con base en los cuales las Autoridades Ambientales competentes realizarán los estudios para el acotamiento de las rondas hídricas en el área de su jurisdicción.
Protección ambiental	2018: Resolución 0957, por medio de la cual se adoptó la Guía Técnica de Criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, estableció también los criterios para definir el orden de prioridades que debe ser tenido en cuenta para realizar la delimitación o acotamiento de las rondas hídricas, en jurisdicción de cada autoridad ambiental; razón por la cual la CVC realizó la correspondiente aplicación para obtener dicha orden, cuyo resultado debe acogerse mediante acto administrativo.
Política	2020
Normativo	2020: Decreto 527 con el que se priorizó insumos para la satisfacción de la emergencia sanitaria y retuvo la obtención de insumos a sectores agrícolas en especial al sector azucarero

[51]

Tabla 3. 2. Relación de normatividad y políticas públicas que benefician al sector de la caña de azúcar. Colombia 1960 – 2020
Fuente: elaboración propia con base en CEPAL (2002); Delgadillo (2014); Pérez-Rincón (2008)

por parte de los ingenios. También, existe una fuerte proporción de instrumentos institucionales dirigidos a la promoción de exportaciones que involucra la entrada en vigencia de los TLC con Estados Unidos, Canadá, Unión Europea y países de la EFTA (Suiza, Liechtenstein, Noruega e Islandia), conformación de organizaciones como la ISO o la Geplacea. Igualmente, la normativa ambiental establecida para la caña de azúcar es flexible y se acomoda a los intereses del sector, sobre todo en determinados gobiernos, mostrando un grado de captura del Estado en el componente institucional ambiental.

3.5 Dimensión Ambiental

La gran extensión de tierra ocupada por la caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca alcanzó una superficie de 265.138 ha en 2022 lo que representa el 60% del área total del Valle Geográfico del Río Cauca. En esta área, en general, se aplican los mismos patrones de cultivo, riego, fertilización y recolección, generando una producción de 23.002.413,7 ton en ese mismo año. Este crecimiento ha

estado acompañado de una drástica reducción en la cobertura de bosque seco tropical de la zona plana en el Valle del Cauca, que en 1957 representaba el 6% del área de la región, cayendo al 2% en 1986. Actualmente, la pérdida supera el 99%, y los pocos remanentes de este ecosistema se encuentran dispersos entre las plantaciones de caña, según lo reporta Ríos (2016).

Tanto las dinámicas demográficas a nivel mundial, como las actividades conaturales a la economía capitalista, han fomentado la producción agrícola para suplir la demanda de estos productos en el mercado. Esto a su vez ha desencadenado en prácticas de producción masiva o a gran escala y que al mismo tiempo sea rentable, siendo el monocultivo una alternativa económicamente viable.

Sin embargo, las prácticas que acompañan a los monocultivos eliminan o desplazan los ecosistemas naturales y hábitats a su alrededor. Los monocultivos son fuente de alimento para algunas especies, pero, dado

que no hay diversidad, las especies pasan a convertirse fácilmente en plagas. De la misma manera, existe un desgaste acelerado de la fertilidad del suelo y erosión como resultado del constante proceso de cosecha y cultivo, impidiendo una recuperación de nutrientes necesarios para una siembra eficiente.

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) dentro de los lineamientos de política y estrategias para el desarrollo regional sostenible del Macizo Colombiano, expuestos en el CONPES 3915, indica que, los monocultivos como la caña de azúcar, “a pesar de ser una importante fuente de empleo y aportar al desarrollo socioeconómico de la región, ha generado efectos ambientales adversos debido al uso de plaguicidas, la compactación y erosión del suelo y, particularmente, la emisión de contaminantes por las prácticas de quema antes de la cosecha y la fragmentación de hábitats naturales para su establecimiento” (p. 41).

Un análisis de flujo de materiales dentro del proceso productivo de la caña de

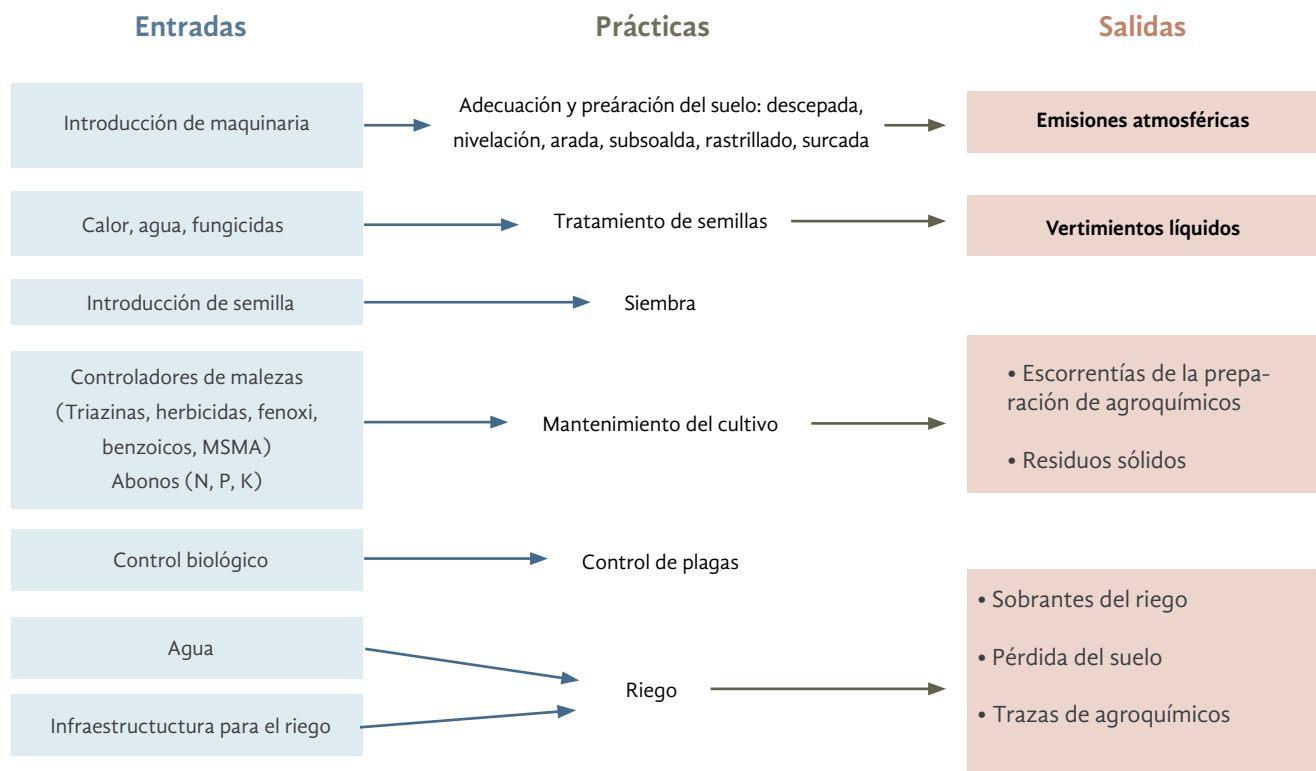
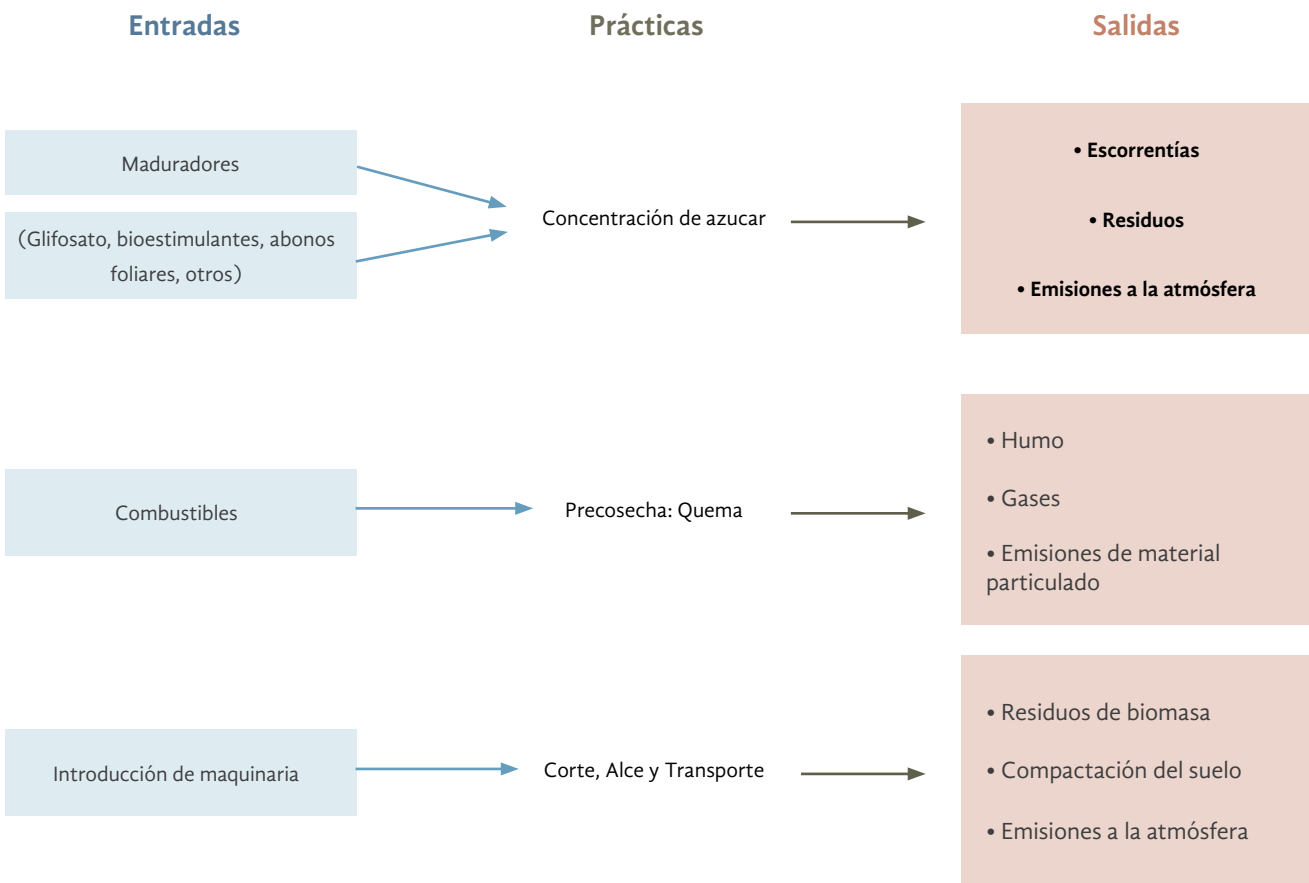


Figura 3. 7. Entrada y salida de materiales. Proceso productivo en campo para la Caña de azúcar.
Fuente: Asocaña y Sociedad de Agricultura de Colombia (SAC), 2012



[53]

Figura 3. 8. Entrada y salida de materiales. Proceso productivo en cosecha para la Caña de azúcar.
 Fuente: Asocaña y Sociedad de Agricultura de Colombia (SAC), 2012

azúcar, tanto en campo (Figura 3. 7) como en cosecha (Figura 3. 8), señala las salidas a la atmósfera de contaminantes, emisiones, residuos sólidos, entre otros.

Por su parte, la Tabla 3.3 analiza los diferentes impactos de cada una de las actividades a lo largo del ciclo del cultivo de caña. Los mayores impactos se dan a nivel del suelo y en la sociedad en general. Los impactos asociados al suelo son los de mayor representatividad del total identificado en las prácticas agrícolas del cultivo de caña de azúcar, lo que subraya la importancia crítica de este recurso en todo el ciclo productivo. Las actividades agrícolas intensivas, como el uso constante de maquinaria pesada, la aplicación

de fertilizantes y el monocultivo, contribuyen a la compactación del suelo, reduciendo su capacidad para retener agua y nutrientes. Esta degradación del suelo no solo afecta la productividad a corto plazo, sino que también compromete la sostenibilidad de la actividad agrícola en el largo plazo, al incrementar la erosión, remover la capa vegetal y disminuir la fertilidad del terreno (Asocaña y Sociedad Agricultura de Colombia, 2012). Como resultado, se reduce la calidad de los cultivos, y se genera una mayor dependencia de insumos externos para mantener los rendimientos.

Los impactos asociados al recurso social alrededor del cultivo de la caña de azúcar (Tabla 3.3) han implicado cambios

significativos sobre las comunidades rurales y los trabajadores. La exposición al ruido, polvo y vibración, deterioro de las vías afectación de cultivos vecinos, exposición a pesticidas son problemas recurrentes que afectan la salud y el bienestar de los trabajadores.

Por otro lado, los impactos en el agua representan el 15% del total, destacando el uso intensivo de este recurso en el cultivo. El riego excesivo y la contaminación de cuerpos de agua por agroquímicos generan problemas ambientales importantes, afectando tanto la disponibilidad de agua para consumo humano y otros usos agrícolas como la calidad de los ecosistemas acuáticos. El escurrimiento de fertilizantes y pesticidas hacia ríos y lagos

Actividad	Recurso	Impacto
Adecuación y Preparación: Descepada, nivelación, subsolada, arado, rastrillada, surcada, tratamiento de semilla y siembra	Agua	Arrastre de suelo a los cauces
	Suelo	Pérdida del suelo/agotamiento
		Remoción de capas vegetales
		Compactación
		Alteración de Ecosistemas
		Pérdida de materia orgánica
	Flora y Fauna	Remoción de cobertura vegetal
		Presión sobre áreas de importancia ecológica y de cauces
	Social	Exposición al ruido, polvo y vibración
		Cambio de vocación del suelo
		En periodos húmedos arrastre de suelo a las vías
		Deterioro de las vías
Mantenimiento del cultivo: Control de malezas y abonamiento	Agua	Arrastre de
		contaminantes a las
		aguas subterráneas y
		superficiales
	Aire	Deriva de productos
	Suelo	Afectación de la respiración del suelo
		Disminución de la actividad biológica de organismos benéficos
Riego		Fitotoxicidad en cultivos
	Flora y Fauna	Modificación de hábitat de especies
	Social	Afectación de cultivos vecinos
	Agua	Disminución del volumen en cuerpos de agua
		Arrastre de contaminantes por escorrentía y percolación
	Suelo	Pérdida de suelo por arrastre causado por el riego
		Salinización
	Flora y Fauna	Alteración del hábitat de especies
	Social	Disminución de la calidad o cantidad del recurso
		Disminución potencial de capacidad de acuíferos
Aplicación de Maduradores	Agua	Contaminación por efluentes de lavado de recipientes y equipos de fumigación
		Arrastre de contaminantes a las aguas subterráneas y superficiales
	Aire	Dispersión de químicos y contaminantes en el aire
	Social	Afectación de cultivos vecinos (deriva)
Quema programada	Aire	Contaminación del aire por pavesa
	Suelo	Afectación del suelo por aumento en la temperatura
	Flora y Fauna	Modificación de hábitat de especies
	Social	Afectación a las comunidades
Corte, Alce y Transporte	Suelo	Afectación de las características del suelo por deficiente acumulación de residuos
		Compactación por maquinaria
	Social	Exposición al ruido, polvo y vibración
		En periodos húmedos arrastre de suelo a las vías
		Deterioro de las vías
		Dispersión de caña en las vías

Tabla 3. 3. Matriz de impactos por actividad y recurso ambiental. Prácticas de campo y cosecha en la caña de azúcar
Fuente: Asocaña y Sociedad de Agricultura de Colombia (SAC), 2012

deteriora estos cuerpos de agua, lo que repercute negativamente en la biodiversidad acuática y en las comunidades que dependen de ellos para su sustento.

En cuanto a la flora y fauna, los impactos constituyen el 12,5% del total, reflejando la pérdida de biodiversidad que acompaña al monocultivo. La transformación y presión de áreas naturales en vastas plantaciones de caña de azúcar elimina hábitats críticos para muchas especies. Además, el uso de pesticidas y herbicidas no solo afecta a las especies que interactúan directamente con el cultivo, sino que provoca desequilibrios en los ecosistemas locales al reducir la diversidad de especies vegetales y animales.

Ahora bien, aunque los impactos en el aire representan un 7,5%, es importante destacar las consecuencias de la quema de caña, una práctica común que emite grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) y otras partículas contaminantes³⁰. Esto afecta la salud de las poblaciones cercanas debido a la degradación de la calidad del aire. Las emisiones de partículas pueden provocar problemas respiratorios y otros trastornos

de salud como la Enfermedad Pulmonar de Obstrucción Crónica (EPOC), lo que añade una dimensión adicional a los impactos negativos del cultivo de caña de azúcar en las comunidades locales.

Dentro de los impactos más relevantes o de mayor frecuencia detallados en la anterior tabla se encuentran: afectación de cultivos vecinos, arrastre de contaminantes a las aguas subterráneas y superficiales, compactación, deterioro de las vías y modificación de hábitat de especies.

Por otro lado, Ardila (2023) presenta que para el 2021, el inventario de emisiones atmosféricas reportó 10.945 toneladas de PM₁₀ emitidas al sur del Valle Geográfico del Río Cauca, donde las actividades que más aportaron en su emisión fueron el sector industrial (34%) y las quemas abiertas en precosecha e incendios (17%). Del total de 4.450 toneladas emitidas de PM_{2.5}, el 36% corresponde al sector industrial, seguido de las quemas abiertas en precosecha e incendios con el 28% y la combustión por fuentes móviles con 23%. Luego, Mateus-Fontecha (2022) logró determinar que, en un punto central al interior del Valle Geográfico del Río Cauca en el municipio

de Palmira, el 52,7% del PM_{2.5} correspondía a compuestos orgánicos primarios y secundarios atribuibles principalmente a las quemas de biomasa del sector agroindustrial.

3.6 Conclusiones

En conclusión, el monocultivo de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca representa un sector clave para la economía agrícola de Colombia, destacándose por su alta productividad y su contribución a la producción de azúcar y bioetanol. No obstante, este desarrollo ha traído consigo desafíos ambientales y sociales significativos, como la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y condiciones laborales desfavorables, lo que evidencia la necesidad de un cambio hacia prácticas agrícolas más sostenibles y justas. Para mitigar estos efectos negativos, es imperativo avanzar en la implementación de políticas públicas y estrategias de manejo que equilibren la productividad con la conservación del medio ambiente y el bienestar de las comunidades locales, asegurando así un modelo de desarrollo más equitativo y sostenible para el sector.

30. En la Cartilla de Resultados No. 3 - Indicadores de Presión Ambiental, se detalla el de la Huella de Carbono asociado con emisión de contaminantes a la atmósfera como resultado de la quema y otras actividades.

2.3 Referencias

- Antunes, R. (2000).** *La centralidad del trabajo hoy*. Papeles de población, 6(25), 83-96.
- Ardila, A. V. (2023).** Patrones de circulación atmosférica en el valle geográfico del Río Cauca y su impacto en la calidad del aire regional [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85326>
- Asocaña. (s. f.).** Análisis Estructural 1999-2000. <https://asocana.org/StaticContentFull.aspx?SCid=152>
- Asocaña. (2005).** Informe anual de Asocaña. Aspectos Generales del Sector Azucarero 2004-2005 (p. 52). <https://asocana.org/documentos/1062009-0D04B73B-FFFFFF,000A000,00FF00,FF00FF,E1E1E1,C3C3C3,A5A5A5,878787,696969,4B4B4B,2D2D2D,0F0F0F,D-2D2D2D,B4B4B4.pdf>
- Asocaña. (2014).** Anexo Estadístico del Informe Anual de ASOCAÑA 2013—2014 [Dataset]. <https://www.asocana.org/documentos/1252014-1ECB08E9-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D.xlsx>
- Buenaventura, C. E. (1986).** El cultivo de la caña de azúcar. Técnicaña.
- Castillo, M., y Castaño, A. (2021).** *Lo dulce y amargo del azúcar: El caso de las condiciones laborales de los trabajadores de caña de azúcar de Valle del Cauca (Colombia)*. Boletín de Antropología, 36(61), 117-134. <https://doi.org/10.17533/udea.boan.v36n61a08>
- CNP. (2002).** El conglomerado del azúcar del valle del Cauca, Colombia (Centro Nacional de Productividad (CNP) Colombia). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4523-conglomerado-azucar-valle-cauca-colombia>
- DANE. (2017).** Boletín Técnico: Cuenta Satélite de la agroindustria de la caña de azúcar 2012-2016p (p. 19). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/agroindustria/bol_cta_sat_agroindustria_cana_2005_2016.pdf
- DANE. (2022).** Boletín Técnico: Cuenta satélite de la agroindustria de la caña de azúcar 2014 – 2021 (p. 16). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/agroindustria/bol_cta_sat_agroindustria_cana_2014_2021.pdf
- De la Garza Toledo, E. (2017).** *Crítica del Concepto de Informalidad y la Propuesta del Trabajo no Clásico Critics of the Concept of Informality and the perspective of non-classical Work*. Trabajo, 9(13).
- Delgadillo, O. L. (2014).** La caña de azúcar en la historia ambiental del valle geográfico del río Cauca (1864-2010). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.15735>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018).** Lineamientos de Política y Estrategias para el Desarrollo Regional Sostenible del Macizo Colombiano. Documento CONPES 3915. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3915.pdf>
- Gutiérrez Rincón, V., Arango Sanclemente, S., y Yoshioka, A. (2011).** Análisis del ambiente competitivo del Cluster Bioindustrial del Azúcar en el valle geográfico del río Cauca. Desarrollo y retos.
- IDEAM. (2018).** Coberturas nacionales. <https://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-nacionales>
- Kay, C. (2001).** Los paradigmas del desarrollo rural en América Latina. El mundo rural en la era de la globalización: incertidumbres y potencialidades, 337-430.
- Mateus-Fontecha, Lady, Vargas-Burbano, A., Jimenez, R., Rojas, N. Y., Rueda-Saa, G., van Pinxteren, D., van Pinxteren, M., Fomba, K. W., y Herrmann, H. (2022).** Understanding aerosol composition in a tropical inter-Andean valley impacted by agro-industrial and urban emissions. Atmospheric Chemistry and Physics, 22(13), 8473-8495. <https://doi.org/10.5194/acp-22-8473-2022>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020).** Cadena de la Caña de Azúcar. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/CanaAzucar/Documentos/2020-12-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Pérez-Rincón, M. A. (2008).** *Comercio Internacional y medio ambiente en Colombia: mirada desde la Economía Ecológica*, Programa Editorial Universidad del Valle, Cali.
- Pérez-Reyna, D. (2017).** Historia del Banco de la República: Crisis de 1999. En Capítulo 10. Historia del Banco de la República 1923-2015 (pp. 437-463). Banco de la Republica de Colombia. <https://ideas.repec.org/h/bdr/bdrchap/2017-10-437-463.html>
- Procaña. (2024).** Subproductos y Derivados de la Caña. <https://procana.org/site/subproductos-y-derivados-de-la-cana/>
- Sánchez, F., Rodríguez, J. I., y Núñez, J. (1996).** Evolución y determinantes de la productividad en Colombia: Un análisis global y sectorial. Departamento Nacional de Planeación. Unidad de Análisis Macroeconómico.
- UPRA. (2023).** Evaluaciones Agropecuarias—EVA y Anuario Estadístico del Sector Agropecuario [Dataset]. Agronet. MinAgricultura. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Urrea, F., y Mejía, C. A. (1999).** Culturas empresariales e innovación en el Valle del Cauca. <https://socioeconomia.univalle.edu.co/cidse/consultorias/terminadas/64-consultorias-terminadas-estudios-etnico-raciales-y-del-trabajo-en-sus-diferentes-componentes-sociales/443-culturas-empresariales-e-innovacion-en-el-valle-del-cauca>
- Vásquez, M., Bueno, J. E., Peña, D., Aponte, G., y Sánchez, H. (2013).** El empleo en el sector agrícola. En Ensayos sobre el desarrollo económico del Valle del Cauca: Sectores agrícola e industrial (1°, p. 223).



Capítulo 4:

Generalidades del cultivo de la caña de azúcar en la CARC

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta tropical de la familia de las gramíneas (Poaceae). Es perenne y se cultiva principalmente en regiones tropicales y subtropicales por su tallo jugoso y fibroso, rico en sacarosa. Su alto contenido en sacarosa la convierte en un cultivo alimentario y bioenergético de gran importancia a nivel mundial, produciendo el 80% de la azúcar consumida globalmente (Singels et al., 2023). En 2022, Brasil e India representaron más del 60% de la producción mundial de caña de azúcar. A nivel global, este cultivo ocupa el quinto lugar en términos de valor de producción y superficie sembrada, además de ser el segundo cultivo bioenergético más importante (FAO, 2023).

Otra característica que contribuye a la relevancia de la caña de azúcar es su adaptabilidad a diversas regiones, gracias a su capacidad para crecer en una amplia gama de condiciones climáticas y edafoclimáticas (Quintero, 1995). Sin embargo, diversos factores pueden influir tanto en la productividad como en la calidad agronómica de la caña de azúcar, lo que refleja la compleja interacción de las condiciones presentes a lo largo del proceso de producción del cultivo (Gilbert et al., 2006). Entre estos factores, Amaya et al., (1995) mencionan que los más

relevantes suelen estar relacionados con las condiciones climáticas, las características físicas y químicas del suelo, las prácticas de cultivo, la variedad de la caña de azúcar y los factores biológicos.

4.1 Morfología de la caña de azúcar

La anatomía y morfología de la caña de azúcar destacan su capacidad especializada para acumular grandes cantidades de sacarosa. A nivel comercial, esta especie se propaga principalmente de manera vegetativa, utilizando segmentos de tallos. De acuerdo con James, (1980) citado en Cepeda (2023), las yemas presentes en estos segmentos generan los tallos primarios y sus cohortes, que en conjunto forman la población de una cepa. Cada tallo se compone de nudos y entrenudos. Las hojas, en forma de lanza con bordes afilados y espinosos, se disponen alternadamente en una vaina que envuelve el tallo. El sistema de raíces se compone de raíces superficiales y profundas, las cuales facilitan tanto la absorción de agua como el anclaje de la planta. El área y la longitud de las raíces, así como cada una de sus partes, varían según el genotipo, la humedad y las condiciones del suelo (Bakker, 1999; Dinesh et al., 2022; Moore et al., 2013).

Amaya, et al. (1995) clasifican la morfología de la caña de azúcar en estructuras

externas e internas, cada una con funciones específicas y estrechamente relacionadas. La morfología interna, abarca la organización y disposición de los tejidos y células que componen cada órgano. Entre estos tejidos se encuentran la epidermis, que protege la planta; el parénquima, encargado de la fotosíntesis y almacenamiento; el xilema, transporta agua y minerales; y el floema, es el responsable del transporte de nutrientes. Por otra parte, la morfología externa abarca la forma, disposición y relaciones entre los órganos principales de la planta, como raíces, tallos, hojas y flores. Estas estructuras son esenciales para su crecimiento y desarrollo, y sirven como base para su clasificación botánica.

A continuación, se describen en detalle las características de estas estructuras externas,

destacando su importancia para el funcionamiento integral de la planta.

Sistema radicular

El sistema radicular constituye el anclaje de la planta y es el medio principal para la absorción de nutrientes y agua del suelo. Está formado por dos tipos de raíces: las raíces de la estaca original o primordiales, que se originan a partir de la banda de primordios radiculares localizada en el anillo de crecimiento del trozo original (estaca) que se planta o siembra. Estas raíces son delgadas, muy ramificadas y su período de vida dura hasta que aparecen las raíces en los nuevos macollos, lo cual ocurre entre los 2 y 3 meses de edad. También están las raíces permanentes, que brotan de los anillos de crecimiento radicular de los nuevos macollos (Figura 4. 1). Son

numerosas, gruesas, de rápido crecimiento y su proliferación avanza con el desarrollo de la planta (Amaya et al., 1995; Humbert, 1974)

La cantidad, longitud y edad de las raíces permanentes dependen de las variedades de la caña, sin embargo, hay factores tales como el tipo de suelo y la humedad que afectan estas características. Por ejemplo, en suelos compactos y pobres, las raíces son más gruesas, cortas y poco ramificadas. En suelos con drenaje deficiente, el sistema radicular está en la parte superficial, en contraste con suelos de buen drenaje y con suministro normal de agua, que permiten un desarrollo más profundo. En general, las raíces se desarrollan donde las condiciones de humedad son apropiadas y se mueven para buscar el agua (Fauconnier y Bassereau, 1975).

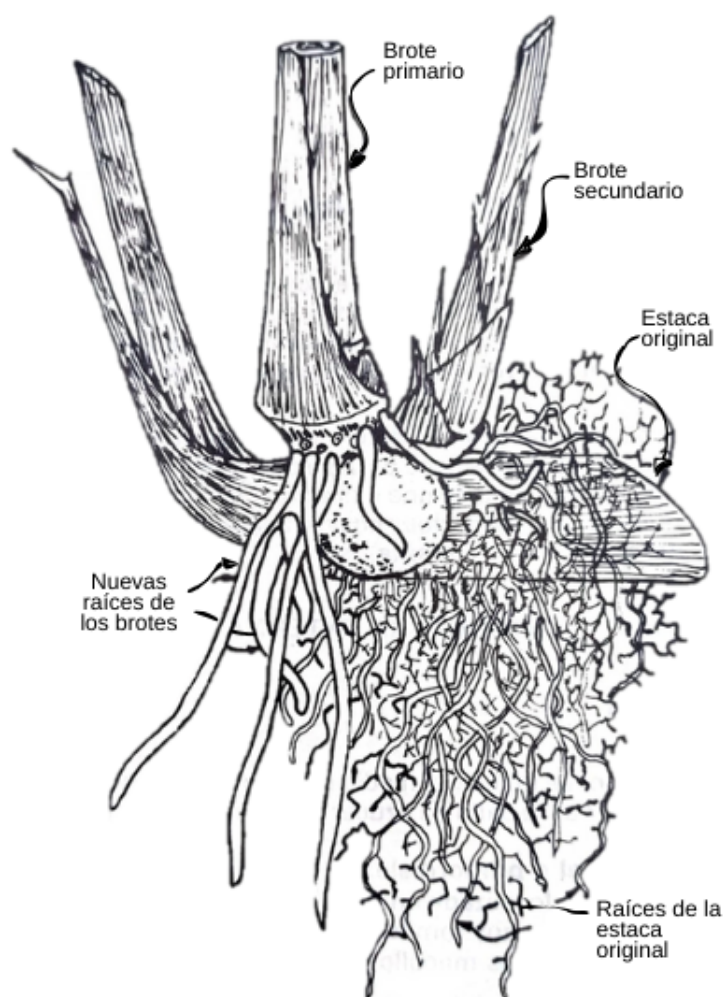


Figura 4. 1. Sistema radicular de la caña de azúcar
Fuente: Humbert (1974)

El tallo

El tallo es la parte de la caña de azúcar que representa el mayor valor económico porque en él se generan los azúcares. La caña de azúcar forma cepas constituida por la aglomeración de tallos que se originan inicialmente de las yemas del material vegetativo de siembra o de las yemas de los nuevos brotes subterráneos. La composición química de los tallos es extremadamente variable en función de diversos factores como: la variedad del cultivo, edad fisiológica, condiciones climáticas durante el desarrollo y maduración; propiedades físicas, químicas del suelo; y tipo de cultivo (Marques et al., 2001, citado en Marasca et al., 2015). El tallo se clasifica de acuerdo con su origen, es decir, se denomina primario, secundario, terciario, etc., si se origina de las yemas del material vegetativo original, del tallo primario, o de los tallos secundarios, respectivamente (Figura 4. 2) (Amaya, et al., 1995).

El nudo y entrenudo

Al igual que otros miembros de la familia Poaceae, los tallos de la caña de azúcar por encima del suelo comprenden una serie de nudos separados por entrenudos en los que se desarrollan las yemas, las cuales son las que dan origen a los nuevos tallos generados por un meristema apical vegetativo (Figura 4.3). El nudo presenta, además de la yema, la cicatriz foliar y la banda radicular -también conocida como zona radicular o de primordios-, la cual puede ser ancha, mediana o angosta. Por su parte, el entrenudo es la porción del tallo localizada entre dos nudos. Cada entrenudo puede variar en longitud, diámetro, forma y color, y puede presentar bandas cerosas, ranuras corchosas, ranuras de crecimiento y el canal de la yema (Humbert, 1974). Estos a su vez contienen las estructuras celulares especializadas en la transferencia y almacenamiento de la sacarosa (Rae et al., 2013).

La hoja

Las hojas comienzan en cada nudo y son distribuidas alternando sus posiciones por todo el tallo durante el crecimiento. Se forma de una lámina foliar y una vaina o

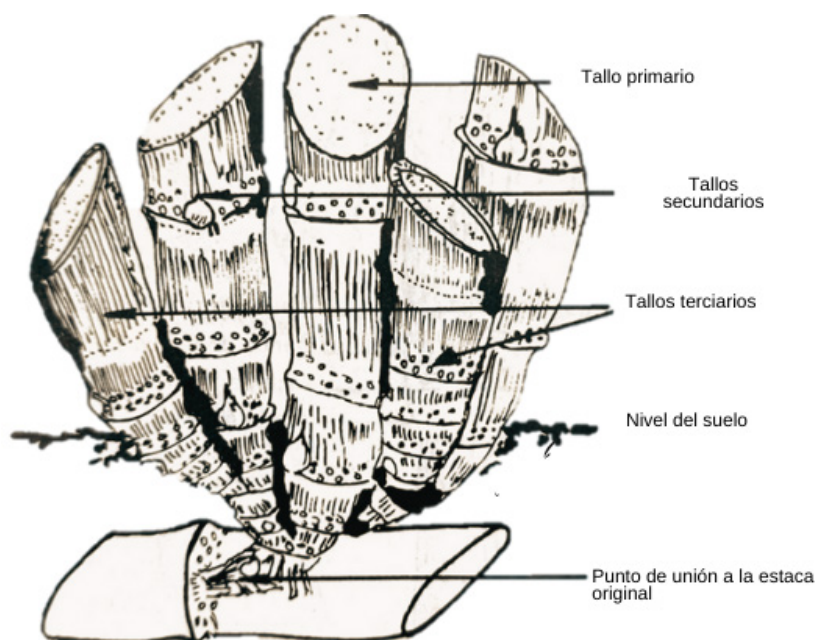


Figura 4. 2. Tallos de la caña de azúcar y su diferenciación
Fuente: Humbert (1974)

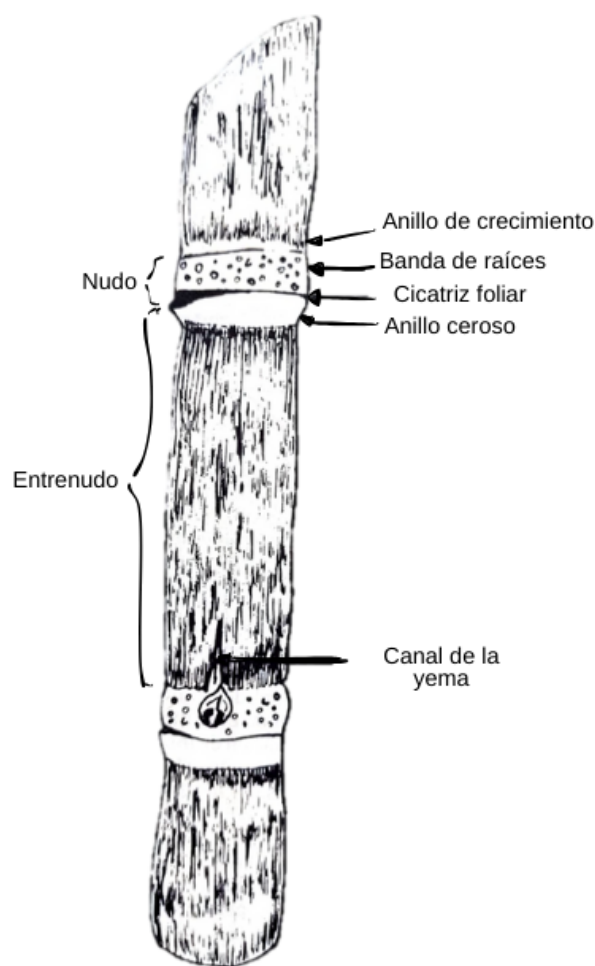


Figura 4. 3. Partes principales del tallo de la caña de azúcar
Fuente: Artschwager y Brandes (1958) citado en Amaya et al., (1995)

yagua, a la unión de ambas se le denomina lígula y en cada extremo lleva una aurícula con pubescencia o velloso variable, siendo importantes para reconocer el tipo de variedad de caña (Fauconnier y Bassereau, 1975).

•Lamina foliar

La lámina foliar de la caña es primordial para la fotosíntesis y se encuentra casi siempre de manera pendulosa o erecta. En esta se ubica una nervadura central que atraviesa toda la longitud, paralelas se hallan las nervaduras secundarias. Los bordes son de prominencia continua en forma aserrada (Amaya et al., 1995) (Figura 4.4).

•La yagua o vaina

La yagua es de una forma tubular y se encuentra alrededor del tallo siendo más ancha en la base. Puede tener o no pelos urticantes (Bakker, 1999). El color puede ser verde en la juventud y entre rojo y púrpura cuando se desarrolla completamente. Una yagua que se desprende fácilmente en la madurez hace más eficiente el proceso de quema, corte y disminuye impurezas en la molienda. Las hojas de la caña pueden ser de color verde claro o verde oscuro (Amaya et al. 1995) La hoja cumple diferentes funciones, como la fotosíntesis y translocación de nutrientes, la respiración y la transpiración (Humbert, 1974). Para esto debe existir un intercambio de gases entre el interior y exterior de la planta dirigido por las estomas. Los estomas tienen a su alrededor células especializadas que permiten la apertura o cierre. Así cuando el agua es escasa, estos se cierran para evitar que la planta se seque rápidamente (Amaya et al. 1995).

La flor

La flor de la caña se compone de una panícula sedosa en forma de espiga, que en su eje presenta articulaciones donde van las espiguillas, una opuesta a otra, en ella llevan una flor hermafrodita de tres anteras y un ovario con dos estigmas (Figura 4.5). La flor se encuentra rodeada de pubescencias largas de aspecto sedoso. El óvulo cuando es fertilizado origina el fruto o cariósido. El fruto tiene forma ovalada y mide aproximadamente 0.5 mm de ancho y 1.5 mm de largo (Amaya et al., 1995).

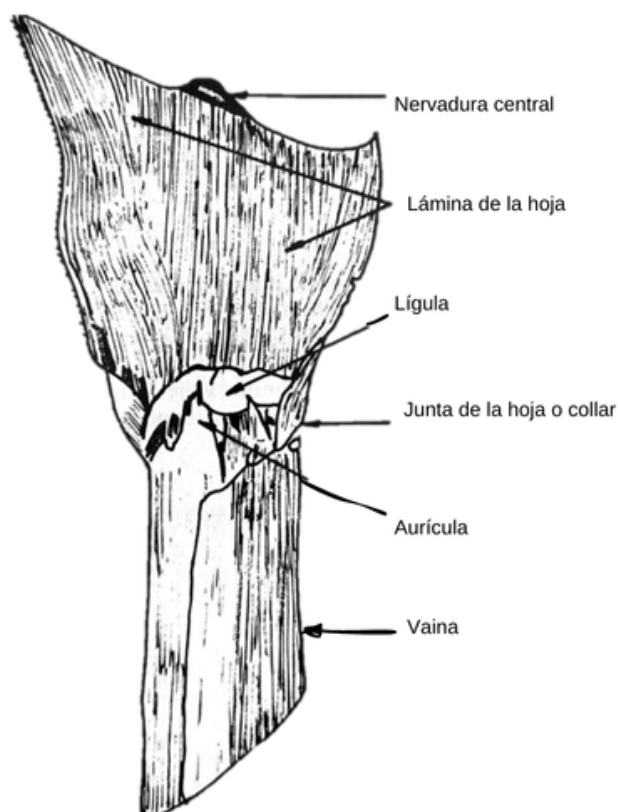


Figura 4. 4. Partes de la hoja de la caña de azúcar
Fuente: Humbert (1974)

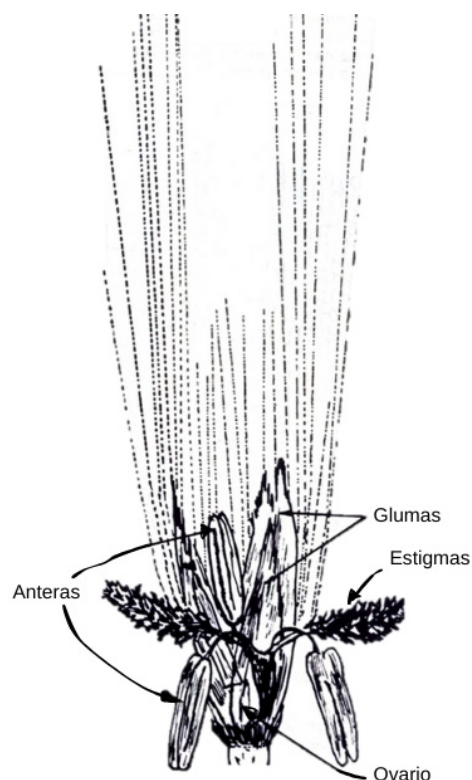


Figura 4. 5. Flor de la caña de azúcar
Fuente: Humbert (1974)

4.2 Fisiología de la caña de azúcar

El desarrollo fenológico de la caña de azúcar involucra todos los procesos de las diferentes etapas de su crecimiento y la acumulación de sacarosa de los tallos; este último es la fase más importante en la producción del cultivo por ser el que genera la productividad y rentabilidad (Humbert, 1974). El ciclo de crecimiento de la caña de azúcar puede abarcar un periodo de 12 a 18 meses antes de la cosecha. Sin embargo, estos tiempos suelen variar en función de la región, la variedad, las condiciones de cultivo y los parámetros geográficos (Som-ard et al., 2021). Desde el punto de vista de crecimiento y desarrollo, la caña de azúcar avanza a través de cuatro estados fenológicos (Figura 4. 6): I) germinación establecimiento (0 a 60 días) donde a partir de la yema del tallo emerge la plántula e inicia su desarrollo, II) macollamiento

(60 a 150 días) cuando la plántula produce nuevos brotes y conforma una cepa, III) gran crecimiento (150 a 240 días) comprende el desarrollo de hojas y la elongación del tallo, finalmente IV) la maduración (240 a 360 días) cuando la caña alcanza su máximo contenido de sacarosa para ser cosechada (Humbert, 1974; Fauconnier y Bassereau, 1975; Mall et al., 2016).

4.2.1 Requerimientos climáticos

El clima es un factor crucial en la fenología de los cultivos. La caña de azúcar, a pesar de su adaptabilidad a un amplio rango de condiciones climáticas, encuentra en ciertos parámetros un estímulo significativo para maximizar su rendimiento productivo. Los diferentes factores climáticos que actúan en un lugar determinado condicionan en gran medida las fases del ciclo anual de la caña de azúcar y los resultados finales de este cultivo.

Estos factores son: a) temperatura (aire y suelo) y cantidad de calor; b) luz (brillo y duración del día); c) humedad (aire y suelo) y precipitaciones; d) viento; e) factores de situación (latitud y altitud) (Fauconnier y Bassereau, 1975).

La temperatura es uno de los factores más importantes en el desarrollo y producción de la caña de azúcar, tanto en el aire como en el suelo (Buenaventura, 1981). De acuerdo con Humbert (1974), la caña de azúcar se desarrolla mejor en regiones tropicales cálidas con amplia radiación solar. La temperatura óptima para el desarrollo de la caña de azúcar oscila entre 25 y 28 °C. Las altas temperaturas, juntamente con altas humedades en el suelo y en el aire, favorecen el desarrollo vegetativo, mientras que el ambiente seco y caliente promueve la maduración de la planta De Geus (1967) citado por (Amaya et al., 1995).

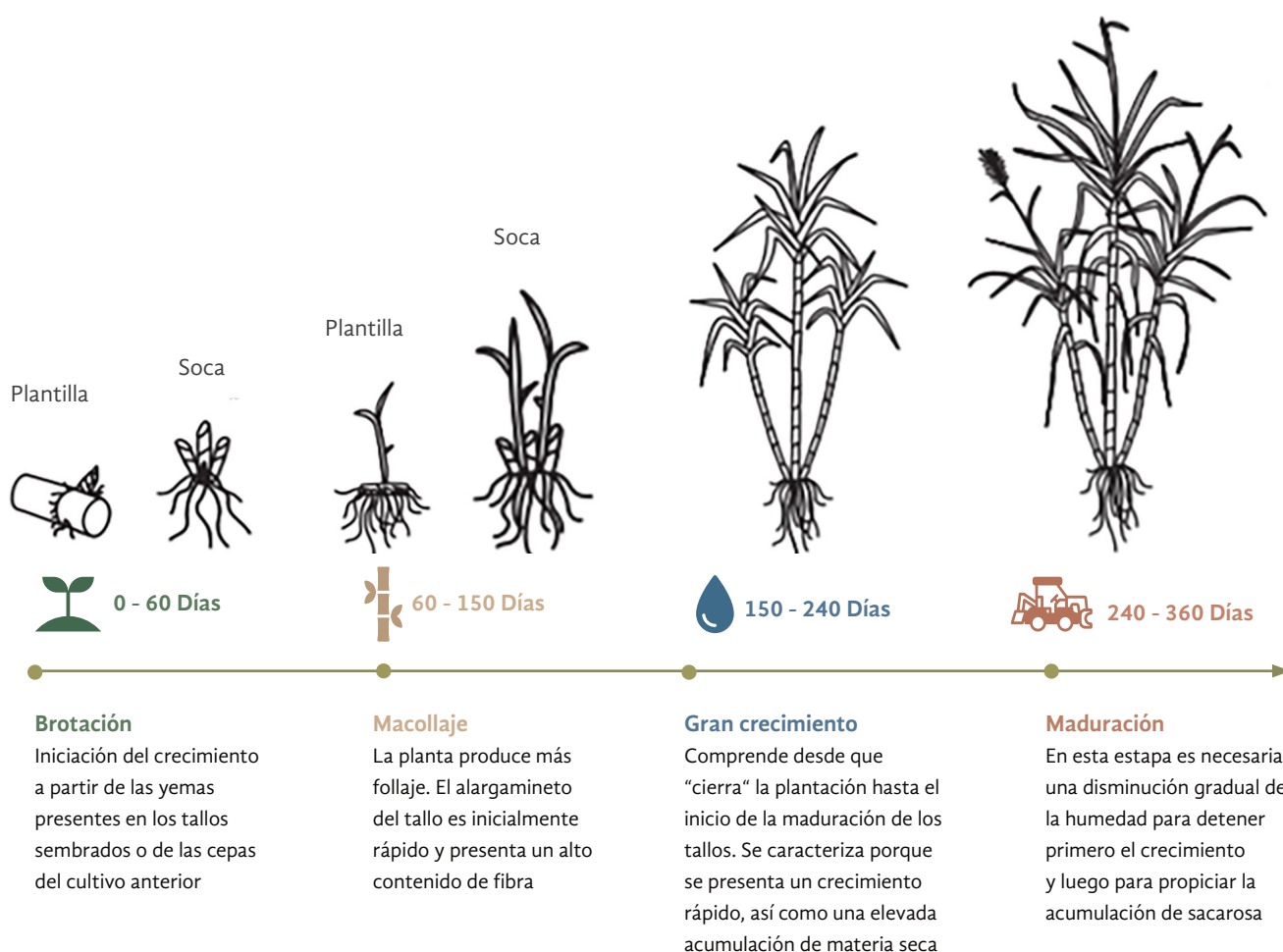


Figura 4. 6. Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar

Fuente: elaboración propia con base en Humbert (1974), Fauconnier y Bassereau (1975) y Barbieri (1993)

Por otra parte, las precipitaciones deben estar distribuidas de manera uniforme entre 1.500 a 1.730 mm anuales, siempre y cuando el suelo no sea muy suelto. Se considera que precipitaciones mayores o menores reducen la producción y el rendimiento (Buenaventura, 1981). La altitud a la que puede ser sembrada está entre los 400 a 1400 m.s.n.m. y requiere entre 5 a 9 horas de sol al día (Aguilar et al., 2013; Quintero, 1995)

4.2.2 Requerimientos edáficos

La caña de azúcar crece bien en diferentes tipos de suelos, pero prefiere los francos o franco-arcillosos, bien drenados y profundos. El pH óptimo para su desarrollo es de 6,5 (ligeramente ácido), aunque tolera suelos ácidos hasta alcalinos (Blackburn, 1984, citado en Moreno et al., 2018). Con un pH próximo o menor de 4,5, la acidez del suelo limita la producción, principalmente por la presencia de aluminio intercambiable y de algunos micronutrientes como hierro y manganeso que pueden ocasionar toxicidad y muerte de la planta. El suelo no puede ser pedregoso, la tipografía debe ser de suelos planos, casi planos y ligeramente ondulados. El nivel freático del suelo debe ser profundo (Moreno et al., 2018; Quintero, 1995). Es necesario mencionar que los requerimientos de clima y suelo difieren de acuerdo con las variedades de caña y el manejo de éstas.

4.2.3 Requerimientos nutricionales

La caña de azúcar es una de las plantas más eficientes en convertir la energía solar en compuestos químicos y biomasa, pero necesita para su adecuado desarrollo de suelos bien abastecidos de nutrientes (Romero et al., 2009; Meyer, 2013; Quintero, 1995). Lo anterior se debe a su elevada capacidad de producción de biomasa (tallos molederos, follaje, cepa y raíces) (Velasco, 2018). La literatura generalmente reporta 13 elementos esenciales para desarrollo del cultivo de caña de azúcar. Estos se subdividen en los

seis macronutrientes, dentro de los cuales el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) se consideran nutrientes primarios y calcio, magnesio y azufre como nutrientes secundarios. Los nutrientes restantes son considerados micronutrientes los cuales son el boro, zinc, cloro, cobre, hierro, manganeso y molibdeno; estos, aunque son necesarios para el normal desarrollo de la planta, se requieren en cantidades muy pequeñas (Ridge, 2013).

El requerimiento de nutrientes para la caña de azúcar varía según la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas y las prácticas de manejo del cultivo (Quintero, 1999). En la Tabla 4. 1, se presentan los valores de extracción de nutrientes encontrados por Fauconnier y Bassereau (1975) para la caña industrial. La tabla revela que el potasio es el nutriente extraído en mayor cantidad, seguido por el nitrógeno y el fósforo. Resultado similar fue encontrado por Chaves (1986, 1999), la caña de azúcar tiene una capacidad de extracción de K superior en comparación con P y N. Señaló que el promedio mundial de extracción de K (según 54 reportes) fue de 1,65 kg K por tonelada de tallos, con un rango entre 0,27 y 4,10 kg K por tonelada de tallos³¹.

Los estudios realizados en el valle geográfico del Río Cauca han reportado resultados consistentes. Martín et al., (1987), citado en Quintero (1995) encontraron que, en cuatro variedades de caña de azúcar cultivadas en tres tipos de suelos, la extracción

de nutrientes osciló entre 0.44 y 1.15 kg de nitrógeno, 0.11 y 0.30 kg de fósforo, y 0.77 y 2.19 kg de potasio por tonelada de tallos maduros cosechados. Por otro lado, Muñoz (2018) obtuvo resultados similares en un estudio donde evaluó la cantidad de cada nutriente necesaria para producir una tonelada de tallos de caña en las variedades CC 0119-40 y CC 85-92 (Tabla 4. 2).

A su vez, la práctica de fertilización en cultivos agrícolas se fundamenta en la necesidad de reponer los nutrientes extraídos durante la cosecha, los cuales no son reincorporados al sistema suelo. Este enfoque, comúnmente basado en los niveles de extracción de los cultivos, se orienta a restaurar los nutrientes que han sido absorbidos y almacenados en los tejidos y órganos cosechables, que no retornan al suelo tras la cosecha (Ciampitti y García, 2007; Meyer, 2013). A partir de los valores iniciales de extracción de nutrientes, es posible realizar una estimación preliminar de las necesidades nutricionales de las plantas en función del rendimiento (Ciampitti y García, 2007). No obstante, para determinar con precisión los requerimientos de fertilización, es esencial considerar otros factores, tales como las reservas de nutrientes presentes en el suelo y las posibles pérdidas debidas a procesos como la fijación y lixiviación. Así, los requerimientos nutricionales reales suelen exceder los valores de extracción observados en los cultivos (Mosquera, 2012).

	N	P	K	Ca	Mg	S
Caña industrial	0,72	0,42	1,47	0,12	0,20	0,27
Cogollos y paja	1,15	0,32	1,52	0,68	0,32	0,16
Troncos y raíces	0,26	0,12	0,39	0,13	0,09	0,07
Totales	2,13	0,86	3,38	0,93	0,61	0,50
Valores extremos	1,56 - 2,30	0,65 - 1,28	2,23 - 4,60	0,38 - 0,93	0,56 - 0,93	0,50

Tabla 4. 1. Extracción de macronutrientes (kg) por tonelada de caña industrial.

Fuente: Fauconnier y Bassereau (1975)

31. El término extracción se refiere a la cantidad total de nutrientes presentes en los órganos cosechados y que son removidos del sistema. Éste debe diferenciarse del término absorción o requerimiento, que es la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de desarrollo, presente en todos sus tejidos y órganos, cosechables y no cosechables, para alcanzar un rendimiento dado (Ciampitti y García, 2007).

4.2.4 Requerimientos hídricos

En las zonas productoras de azúcar del mundo, el cultivo de caña consume entre 1.200 y 1.500 mm de agua al año (Torres, 1995). A nivel mundial este cultivo demanda entre 15.000 y 20.000 m³/ha por año, una cantidad significativamente mayor en comparación con otros cultivos como la uva, el maíz y el tomate, que requieren entre 5.000 y 13.000 m³/ha. La disponibilidad de agua es crucial para el rendimiento de la caña de azúcar: en condiciones de riego óptimas, se pueden obtener hasta 120 ton/ha, mientras que sin riego los rendimientos pueden variar entre 30 y 90 ton/ha, dependiendo del clima y del suelo (Steduto et al., 2012).

El requerimiento hídrico de la caña depende de las condiciones ambientales, la variedad, fase de desarrollo y estado fitosanitario y nutricional del cultivo. Esta variable se estima mediante la cuantificación de la evapotranspiración (ET), que es la suma de la evaporación y la transpiración de las plantas y representa la pérdida total de agua del suelo y las plantas hacia la atmósfera (Cruz, 2015). Sin embargo, para cuantificar la pérdida de agua en una región específica, se utiliza el concepto de evapotranspiración potencial o evapotranspiración de referencia (ET_o). La ET_o representa una tasa de evapotranspiración que ocurre desde una superficie de referencia cubierta de pasto con características definidas, en condiciones de abastecimiento hídrico adecuado. Como es una cubierta vegetal que no se encuentra bajo restricción hídrica, la ET no es afectada por los factores del suelo, sino principalmente por los componentes climáticos (temperatura, viento, radiación solar, período luminoso del día, humedad ambiente y precipitación). Esta medida generalmente se calcula utilizando la ecuación de Penman-Monteith, un método estandarizado desarrollado por la FAO que considera variables fisiológicas y aerodinámicas (Allen, 2006).

Para ajustar la ETP a las necesidades específicas de un cultivo en particular ET_c, se

Nutrimento		CC 01-1940	CC 85-92
Elementos mayores (kg)	N	0,9	1,2
	P	0,1	0,2
	K	2,6	2
	Ca	0,7	0,7
	Mg	0,2	0,3
	S	0,1	0,7
Elementos menores (g)	Fe	102	94
	Mn	3,6	7
	Cu	2,6	0,9
	Zn	4,1	2,7
	B	0,4	0,9

Tabla 4. 2. Requerimientos nutricionales de las variedades CC 01-1940 y CC 8592 para producir una tonelada de tallos molideros. Fuente: Muñoz (2018)

emplea el coeficiente del cultivo (K_c). Este coeficiente varía según el tipo de cultivo, su fase de crecimiento y las condiciones ambientales (Figura 4.7). Por lo tanto, mientras ET_o representa un indicador de la demanda climática, el valor de K_c varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima (Allen, 2006).

Así, al aplicar el K_c a la ET_o, se obtiene la evapotranspiración del cultivo (ET_c), que representa la pérdida real de agua de un cultivo específico considerando tanto la evaporación del suelo como la transpiración de las plantas.

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad [1]$$

De acuerdo con la Figura 4. 7 los valores de K_c para el cultivo de caña de azúcar varían a lo largo de su ciclo de crecimiento. En la fase de establecimiento (0-60 días), el K_c es bajo, aumentando durante el macollamiento (61-130 días) debido a la mayor cobertura del suelo. En la fase de rápido crecimiento (131-240 días), el K_c alcanza su máximo debido a la alta demanda de agua. Posteriormente, en la estabilización del dosel (241-300 días), el K_c disminuye ligeramente, aunque sigue siendo alto. Finalmente, durante la maduración (>300 días), el K_c disminuye aún más, reflejando una

menor demanda de agua a medida que el cultivo se prepara para la cosecha.

Cenicaña (2023) determinó el valor del K_c para la caña de azúcar en dos variedades presentes en el Valle Geográfico del Río Cauca (Tabla 4. 3). Este valor comienza frecuentemente por debajo de 0,4 en la fase inicial de aparición de las hojas. A medida que la planta entra en su fase de rápido crecimiento, el K_c aumenta hasta alcanzar un máximo de 0,87. Posteriormente, durante el desarrollo óptimo del dosel, el K_c empieza a disminuir, y en la etapa final, con el envejecimiento de las hojas y la senescencia, se reduce considerablemente, alcanzando valores de 0,83 y 0,76 al final del ciclo de crecimiento.

En la tabla 4.3 se presenta la evolución del K_c para dos variedades de caña de azúcar, CC 05-430 y CC 09-066, en diferentes fases del cultivo.

4.2.5 Mejoramiento de la caña de azúcar

El mejoramiento genético de las variedades de la caña de azúcar es un campo crucial de la agricultura moderna, que tiene como objetivo cultivar variedades que maximicen el rendimiento de azúcar y optimicen la resistencia a enfermedades y condiciones desfavorables (Cassalett y Ranjel, 1995). Las variedades de caña actualmente cultivadas en Colombia provienen en gran parte de hibridaciones

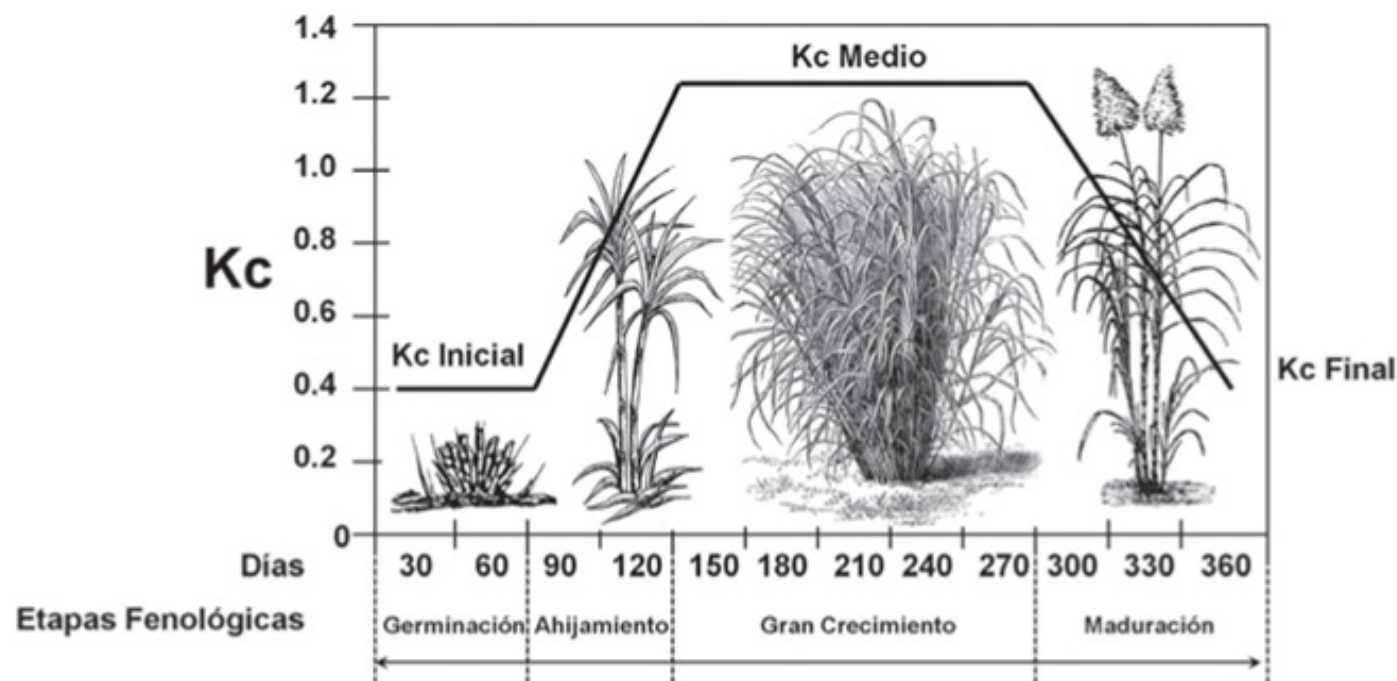


Figura 4. 7. Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar
Fuente: Muñoz (2018)

introducidas de otros países y de algunas producidas al interior del país. Las introducciones más importantes provienen de JAVA (POJ), Barbados (B), Hawai (H), Puerto Rico (PR), India (CO, Coimbatore), Estados Unidos (CP), Venezuela (V), Brasil (S.P., C.B) y República Dominicana (RD) (Tecnicaña, 2024).

4.2.6 Plagas y enfermedades

En algunos países, las plagas y las enfermedades de la caña de azúcar han sido la causa de pérdidas significativas en la producción e incluso de desastres económicos en este sector agroindustrial. A nivel mundial, se reportan alrededor de 1.500 especies de insectos perjudiciales y más de 200 enfermedades que atacan a la caña de azúcar, cuya distribución e importancia varía en las diversas regiones geográficas en que se cultiva esta gramínea (Mendoza y Garcés, 2013).

El cultivo de la caña de azúcar en Colombia es afectado por un gran número de insectos que en ocasiones se pueden convertir en plagas limitantes. Los insectos que atacan la caña, de acuerdo con el daño que ocasionan,

se pueden agrupar en barrenadores del tallo y la semilla, defoliadores, cogolleros, chupadores de savia de la planta (Gómez, 1995).

Las principales enfermedades que afectan este cultivo son producidas por hongos, bacterias, virus y nematodos, lo que subraya la importancia de un manejo integral que contemple tanto el control de plagas como la prevención de enfermedades (Victoria et al., 1995).

4.3 Prácticas culturales e insumos

Las prácticas agrícolas en el cultivo de la caña de azúcar abarcan un conjunto de técnicas y manejos específicos que buscan

asegurar el crecimiento, la salud y la productividad del cultivo. Estas prácticas incluyen la preparación del suelo, la siembra, el riego, la fertilización, el control de plagas y enfermedades, y la cosecha, adaptándose a las condiciones climáticas y edafológicas locales. En la región, este monocultivo se caracteriza por la aplicación de prácticas de tipo intensivo³², las cuales varían según el nivel tecnológico implementado en las plantaciones.

Las prácticas culturales clave en el cultivo comercial de la caña de azúcar, como se detalla en la Figura 4.8, se concentran

Fase del cultivo	Edad del cultivo (días)	CC 05-430	CC 09-066
Establecimiento	0 – 60	0,32	0,39
Macollamiento	61 – 130	0,72	0,75
Rápido crecimiento	131 – 240	0,87	0,83
Estabilización del dosel	241 – 300	0,83	0,76
Maduración	> 300	0,76	0,67

Tabla 4. 3. Factor Kc del cultivo para dos variedades de caña de azúcar.
Fuente: Cenicaña (2023)

32. Hace referencia a un método de producción agrícola en el que se busca conseguir la mayor cantidad de productos en el menor espacio posible. Para conseguirlo, se hace un uso intensivo de los medios y de los recursos disponibles.

principalmente durante los tres primeros meses posteriores a la siembra. El proceso comienza con la preparación del terreno, que varía según el tipo de cultivo³³. Para las plantillas, se realiza una adecuación integral del suelo, que incluye prácticas de limpieza y nivelación. Seguidamente, se realizan las labores de descompactación y aireación del perfil del suelo, preparando el terreno para la siembra adecuada. En el caso de las socas, las labores se enfocan en el despeje del terreno, mitigando los efectos del ciclo anterior, como la compactación del suelo, el daño a las cepas, y la presencia de residuos o biomasa (Viveros y Calderón, 1995). Una vez sembrado el cultivo o, en el caso de las socas, después de limpiar el terreno, se llevan a cabo las prácticas culturales, que incluyen la resiembra en áreas con baja densidad, la implementación del riego, la

fertilización, el control de arvenses, el manejo integrado de plagas y, por último, la aplicación de madurantes para uniformar la maduración del cultivo antes de la cosecha (Figura 4. 8).

4.3.1 Adecuación y preparación del terreno

En el sector agroindustrial del Valle del Cauca, el ciclo de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) comienza con la adecuación del terreno mediante un levantamiento planimétrico y altimétrico. Esta etapa, que requiere una planificación y precisión detalladas, incluye la creación de infraestructura hidráulica, vías de tránsito, drenaje y surcado de la plantación. El diseño del campo, basado en el estudio de suelos, proporciona información sobre las propiedades físicas (densidad, textura, humedad, pH, conductividad eléctrica, capacidad de

intercambio catiónico, conductividad hidráulica) y químicas (macronutrientes y micronutrientes) del suelo. Este estudio es esencial para la división en lotes, así como para los cálculos y planos de riego, drenaje, vías, y la longitud y dirección de los surcos. Una labor clave en la adecuación es la nivelación del terreno, que busca uniformar las pendientes del suelo, facilitando así el manejo eficiente del cultivo (Cruz y López, 1995).

En cuanto a la preparación del terreno, que consiste en ejecutar las operaciones de campo para proporcionar un ambiente adecuado para la germinación de la semilla y el desarrollo del cultivo. Esto incluye la eliminación de residuos de cultivos anteriores, la mejora de la infiltración y retención de agua, la optimización de la aireación del suelo, la facilitación de la penetración de raíces y la



Figura 4. 8. Prácticas agrícolas e insumos utilizados en las diferentes etapas del cultivo de caña de azúcar, en el Valle Geográfico del Río Cauca
Fuente: Elaboración propia con información de Villegas y Arcila 2003, Torres (1995), Cruz y López (1995), Cruz (2015); Cenicaña (2016), y Rodríguez y Valencia (2015).

33. Dado que la caña de azúcar tiene la capacidad de rebrotar, es posible realizar varias cosechas sucesivas a partir de la siembra inicial. Al cultivo que proviene de un rebrote se le denomina “soca”, mientras que el primer ciclo de cultivo después de la siembra se conoce como “plantilla”.

Labor de preparación	Definición
Nivelación	Consiste en la modificación del relieve superficial mediante cortes y rellenos, hasta conseguir pendientes uniformes que faciliten las labores de riego, drenajes superficiales y la ejecución de otras labores culturales necesarias para el desarrollo y cosecha del cultivo.
Descepada	Consiste en la destrucción e incorporación al suelo de los residuos de cultivos anteriores. Cuando los lotes son nuevos, generalmente estos residuos son de pastos y cultivos estacionales, y cuando son de cultivo de caña están formados por trozos de cepas y residuos vegetales de la cosecha.
Subsolada	Se ejecuta después de la nivelación. Consiste en fracturar el suelo, con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables, y de esta manera, mejorar la estructura y movimiento del aire y agua
Arado de cincel	Se realiza después del segundo paso de subsolado. Tiene como objetivo fracturar y voltear el suelo, con el fin de favorecer la distribución de los agregados.
Rastro arado	Se realiza para destruir los terrones grandes resultantes en las labores antes descritas, y garantizar el buen contacto entre la semilla y el suelo.
Rastrillada pulidora	Finalizar el proceso de disgregación del suelo hasta que predominen agregados de tamaño entre 1 - 5 cm
Surcado	Conformación de surcos o camas donde se coloca la semilla o material vegetativo de siembra

Tabla 4. 4. Descripción de las labores de preparación de suelos
Fuente: Asocaña (2010); Hurtado y Valencia (2015)

descompactación del suelo mediante maquinaria (Rodríguez y Daza, 1995). Dada la variabilidad de los suelos en la zona cañera y las diferencias en el manejo del cultivo entre los distintos ingenios, las labores y su secuencia pueden variar. Sin embargo, de manera general, en la Tabla 4. 4 presenta la secuencia tradicional empleada en la región.

De acuerdo con la Tabla 4. 5, las variables de control para las labores de preparación del suelo oscilan entre 1.5 y 0.65 horas de maquinaria por hectárea³⁴ de acuerdo con la labor realizada. La variable de control se define como un descriptor de la calidad de la labor, evaluado mediante un indicador de rendimiento que, en este caso, representa la cantidad de hectáreas trabajadas por hora (ha/hr). Este indicador permite calcular las horas totales de uso de maquinaria necesarias para cubrir el área sembrada: se obtiene dividiendo el número total de hectáreas sembradas entre el rendimiento.

En la adecuación y preparación de suelos para el cultivo de caña de azúcar, los insumos clave incluyen maquinaria agrícola, implementos y combustible, así como la mano de

obra necesaria para operar la maquinaria. En la Tabla 4.6 se detalla el tipo de maquinaria utilizada, los implementos correspondientes, así como la secuencia y características específicas de cada labor.

4.3.2 Selección de la variedad

La selección de variedades de caña de azúcar es un proceso fundamental en la optimización del rendimiento agrícola y la calidad del producto final. Este proceso implica evaluar y elegir las variedades que mejor se adapten a las condiciones agroclimáticas específicas

de una región, así como a las necesidades del mercado y los objetivos productivos.

En el Valle Geográfico del Río Cauca, el Centro de Investigación en Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), es la institución que lidera la investigación y desarrollo de variedades mejoradas de caña de azúcar, evaluando su desempeño, manejando el germoplasma y asesorando a cultivadores, con el objetivo de mejorar la productividad y rentabilidad del sector azucarero colombiano (Tecnicaña, 2024). Cenicaña también es responsable de la entrega

Labor	Indicador (rendimiento de la labor) (ha/hr)
Descepada	1,8
Rastrillada posterior a la descepada	3
Subsolada	1
Arado de cincel	1,5
Rastro arado	2
Rastrillada pulidora	2
Surcado	3

Tabla 4. 5. Indicadores de control de las labores de preparación de suelos para el cultivo de caña de azúcar (hectárea por hora)
Fuente: López-López (1994) e Ingenio Providencia³⁵ (2015)

34. Estas variables fluctúan en función de la potencia y eficiencia de la maquinaria.

35. Ingenio Providencia S.A. es una empresa agroindustrial ubicada en Cerrito, Valle del Cauca, dedicada a la producción y desarrollo de productos y servicios derivados de la caña de azúcar.

Labor de preparación	Tractores de oruga (HP)	Enlantados (HP)	Implemento	Realización	Prof. de la labor (cm)	No. de pases
Descepada	140 -165	225 - 450	Rastra de discos	8 - 12 días después de la cosecha	30 - 40	2
Subsolada	140 - 150	200 - 375	Subsoladores rectos o curvos	15 - 30 días después de descepar	50 - 60	1 a 2
Arado de cincel	150 - 165	200 - 375	Arado de cincel	15 - 30 días después de descepar	35 - 40	2
Rastro arado	150	120 - 475	Rastra de discos	Después de subsolar	30 - 40	1 a 2
Rastrillada pulidora	150	101 - 475	Rastra de discos	1 - 2 días después de la labor de arado de cincel	20 - 25	1 a 2
Surcado	-	120 - 150	Surcador de vertedera	1 día después de la rastrillada	25	-

Tabla 4. 6. Descripción de las labores de preparación de suelos para el cultivo de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia.
Fuente: Rodríguez y Daza (1995); Rodríguez y Valencia (2015) y Cruz y López (1995).

de semillas, ajustando su distribución según la disponibilidad y las características específicas de la zona de siembra, ya sea en áreas semisecas, húmedas o de piedemonte (Cenicaña, 2024).

Actualmente, de acuerdo con la Tabla 4.7, las tres variedades más representativas en el valle geográfico del río Cauca son las desarrolladas por Cenicaña: CC 01-1940, CC 85-92 y CC 05-430.

4.3.3 Siembra y resiembra

En Colombia, la siembra de la caña de

azúcar para la explotación comercial se realiza con material vegetativo³⁶, especialmente por esquejes que son tallos o porciones de tallos maduro de caña (Salassi et al., 2004) en (Ortiz-Laurel et al., 2016). Este proceso requiere entre 12 y 18 toneladas de material vegetativo adecuado por hectárea, compuesto por tallos vigorosos, también conocidos como esquejes, que deben tener aproximadamente 60 cm de longitud y contener un mínimo de 3 a 4 yemas (denominadas semilla). Estos tallos se agrupan en paquetes o atados de 30 unidades cada uno (Viveros y Calderón, 1995).

En el valle geográfico del río Cauca, el sistema de siembra de caña más común es el manual, el cual sigue los siguientes pasos: la semilla (esquejes), obtenida de cultivos sanos y bien manejados, se corta cuando tiene entre 7 y 9 meses de edad y se transporta en vagones o camiones hasta el lugar de siembra. Una vez en el campo, un tractor con un vagón y los paquetes de esquejes avanza sobre cada línea de banderolas, y, de manera coordinada, dos operarios colocan los paquetes a cada lado en tres o cuatro surcos. Los esquejes se depositan manualmente en el fondo del surco y se distribuyen uniformemente, quedando generalmente traslapados en longitud, dependiendo de la distancia de bandereo. Finalmente, el material se cubre con una capa

de suelo de 5 cm, ya sea de manera manual o mecánica, utilizando un tractor liviano de 60 a 90 HP que, con herramientas específicas, permite cubrir tres surcos simultáneamente, alcanzando un rendimiento de 1 hectárea por hora (Viveros y Calderón, 1995).

Actualmente, la densidad de siembra utilizada oscila entre 9 y 12 yemas por metro de surco. De acuerdo con la Tabla 4. 8, la cantidad de semilla necesaria varía según la separación entre surcos y la distancia a la cual se distribuyen los paquetes en el fondo del surco (bandereo), situándose entre 476 y 741 paquetes por hectárea.

Por otra parte, posterior a la siembra se realiza la resiembra la cual busca reponer plantas en áreas donde la germinación fue deficiente o donde la caña no brotó tras el corte. Esta labor se realiza durante los primeros 40 días posteriores a la siembra, en los espacios mayores a un metro. Los materiales utilizados incluyen esquejes, plántulas y macollos, siendo estos últimos los más eficientes si se seleccionan y plantan bajo condiciones adecuadas de humedad (Viveros y Calderón, 1995). En áreas de soca, la resiembra debe realizarse en las primeras cuatro semanas tras la cosecha (Bakker, 1999). La técnica puede implicar herramientas manuales como

[67]

Tabla 4. 7. Variedades sembradas actualmente de caña de caña de azúcar en Colombia.
Fuente: Cenicaña (2022)

36. La siembra de caña de azúcar se realiza tanto al establecer el cultivo como al renovarlo, lo que implica sustituir una soca para mantener la productividad. En Colombia, la renovación suele llevarse a cabo cada cuatro a ocho años.

palas para plantar en los huecos, requiriendo un manejo riguroso del riego para asegurar un establecimiento exitoso y uniforme del cultivo (Toruño, 2010).

4.3.4 Fertilización

La fertilización es una labor esencial que proporciona al terreno los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo óptimos del cultivo, y es un factor determinante en términos de rendimiento (Tisdale y Nelson, 1996, como se citó en López Trujillo, 2021). En el Valle Geográfico del Río Cauca, la fertilización de la caña de azúcar implica la aplicación de tres nutrientes esenciales: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Esta aplicación se realiza generalmente de forma mecanizada utilizando un implemento abonador con brazos roturadores que incorporan abono granulado al suelo. Aunque los requerimientos nutricionales del cultivo persisten a lo largo de todo su ciclo, la fertilización se concentra en los primeros tres meses debido a la posibilidad de acceso de maquinaria al cañaveral en este período (Cenicaña, 2021).

La dosificación de estos nutrientes se determina en función de varios factores, incluyendo los nutrientes presentes en el suelo y sus condiciones físicas y químicas, las necesidades específicas de la variedad cultivada, las condiciones climáticas y el historial de fertilización. Así mismo, la aplicación de fertilizante varía de acuerdo con el tipo de cultivo (ya sea caña planta o soca) (Quintero, 1995).

Nitrógeno

El nitrógeno es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, especialmente en la caña de azúcar. Se absorbe en forma de NO_3^- y NH_4^+ y se convierte en carbohidratos y proteínas, además de ser un componente crucial de la clorofila. Los requerimientos de nitrógeno varían según el tipo de suelo, el número de cortes y la variedad de caña. Suelos con bajo contenido de materia orgánica y mal drenaje requieren mayores cantidades de nitrógeno (Chaves, 1999).

Las fuentes de nitrógeno más comunes en el Valle Geográfico del Río Cauca son la urea, el sulfato de amonio, el amoníaco anhidro y el

fosfato diamónico (DAP), y la elección de la fuente depende de factores económicos. La época de aplicación del nitrógeno es crucial y varía según la variedad, con algunas respondiendo mejor a una sola aplicación temprana y otras a aplicaciones fraccionadas. Las exigencias nutricionales del cultivo de la caña de azúcar y los contenidos medianos de materia orgánica de los suelos del Valle del Río Cauca hacen que las mayores limitaciones en cuanto a la fertilidad del suelo estén relacionadas con el N (Quintero, 1997).

De acuerdo con las recomendaciones de Cenicaña, el nitrógeno se aplica al suelo 30 días después de la siembra en caña planta o tras el corte en caña soca. En suelos de textura gruesa, como arenosos y arenoso-francos, la aplicación se fracciona en partes iguales a los 30 y 90 días después de la siembra en caña planta, y a los 30 y 60 días después del corte en caña soca (Quintero, 1995). En la Tabla 4. 9 se presentan las recomendaciones de nitrógeno para plantilla y socas, cultivadas en las condiciones ecológicas de la región. En la plantilla o primer corte, se recomiendan entre 40 y 120 kg/ha de nitrógeno, mientras que en los cortes posteriores (socas), las dosis aumentan a entre 75 y 175 kg/ha.

Fósforo

El fósforo, al igual que el nitrógeno y el potasio, se considera un nutrimento primario. Las plantas lo absorben principalmente en la forma de H_2PO_4 y en menor proporción como HPO_4 (Tisdale y Nelson, 1996, como se citó en López, 2021). En la zona azucarera del Valle

Distancia entre surcos (m)	Longitud de surco (m)/ paquete	
	10	12
	(Nº. de paquetes/ha)	
1,35	741	617
1,4	714	595
1,5	667	556
1,75	571	476

Tabla 4. 8. Cantidad de paquetes de trozos de caña necesarios para plantar una hectárea, según las distancias entre surcos y la longitud del surco
Fuente: Viveros y Calderón (1995)

Geográfico del Río Cauca, la respuesta de la caña a la aplicación de fósforo ha sido escasa. Los resultados de las investigaciones sólo mostraron una ligera tendencia a incrementar la producción de caña y de azúcar cuando este nutrimento se aplicó en un suelo de la región (Gómez y Sánchez, 1968; Quintero, 1995)

En las condiciones edáficas de esta región, la dosis recomendada de fósforo varía entre 0 y 50 kg/ha (1 kg de P = 2.29 kg de P_2O_5) (Tabla 4. 10). Generalmente, en suelos con altos niveles de fósforo disponible ($> 10 \text{ mg/kg}$), no se justifica la aplicación de este nutriente. Las fuentes comerciales de fósforo más utilizadas son el superfosfato triple (20% de P y 14% de Ca), el fosfato diamónico o DAP (20% de P y 18% de N) y la roca fosfórica (9.6% de P y 28% de Ca). Esta última se aplica principalmente en suelos fuertemente ácidos del norte y del sur de esta zona azucarera. También se utilizan la cachaza y la “cenichaza”, dos fuentes orgánicas

Contenido de materia orgánica (%)	Drenaje del suelo					
	Bueno		Pobre		Muy pobre	
	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca
< 2	80	125	100	150	120	175
2-Apr	60	100	80	125	100	150
> 4	40	75	60	100	80	125

Tabla 4. 9. Cantidades de nitrógeno (kg/ha) que se recomienda aplicar en plantilla y en soca de caña de azúcar en suelos de la parte plana del Valle Geográfico del Río Cauca, según el contenido de materia orgánica y del drenaje del suelo
Fuente: Quintero (1995)

de fósforo, que contienen además otros elementos mayores y menores (Quintero, 1995).

Potasio

El potasio es el nutriente con mayor requerimiento de extracción del suelo en el cultivo de caña de azúcar. Sin embargo, en la región plana del Valle Geográfico del Río Cauca, se ha observado que las respuestas del cultivo a la aplicación de potasio son escasas debido a que los suelos en esta área presentan una mayor limitación para suministrar nitrógeno en comparación con el potasio (Quintero, 1999).

Se estima que la cantidad de potasio necesaria por hectárea varía entre 0 y 60 kg (1 kg de K = 1.2 kg de K2O) (Tabla 4. 11), dependiendo de la respuesta de las variedades en términos de producción de caña y rendimiento. En general, no se recomienda aplicar potasio en suelos con altos niveles de este nutriente (> 0.30 cmol/kg), pero es importante considerar su efecto cuando se aplican dosis elevadas de nitrógeno (Quintero, 1995; Pérez, 2012).

El cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio (K2SO4) son las fuentes comerciales de potasio más conocidas; sin embargo, la primera es de uso casi generalizado en los ingenios azucareros. Este nutrimento se aplica en el fondo del surco inmediatamente antes de la siembra. En las socas se aplica 30 días después del corte, en bandas e incorporado al suelo juntamente con el nitrógeno. Debido al predominio

Contenido de P disponible (ppm o mg/kg)	Categoría	Dosis P2O5 (kg/ha)
<5	Baja	50
5-Oct	Mediana	30
>10	Alta	NA

Tabla 4. 10. Dosis de fósforo (kg/ha) recomendadas según las características de los suelos del valle del río Cauca (zona plana)
Fuente: Quintero (1995)

de arcillas del tipo 2:1³⁷ en la mayoría de los suelos del Valle Geográfico del Río Cauca, y su capacidad para retener potasio en la forma de ion (K1), no se justifica aplicar este nutrimento en forma fraccionada (Quintero, 1995).

4.3.5 Riego

El riego en el cultivo de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca es una de las actividades más costosas, representando entre el 30% y 60% del costo total de producción. El agua utilizada proviene de fuentes subterráneas, extraídas de pozos profundos, o de fuentes superficiales captadas por gravedad o bombeo. Esta agua se almacena en reservorios y se distribuye a los cultivos a través de canales o tuberías, utilizando estructuras hidráulicas para su control (Cruz, 2015).

En el valle geográfico del río Cauca, el riego es de régimen suplementario, ya que la precipitación pluvial cubre más del 70% del requerimiento hídrico del cultivo, estimado entre 1050 mm y 1200 mm. Por tanto, el riego neto necesario varía entre 100 mm y 400 mm por ciclo, aplicándose entre uno y siete riegos por surco. El volumen de agua aplicado varía según la etapa del cultivo: de 400 a 800 m³/ha para germinación y establecimiento, de 600 a 1000 m³/ha para cañas de 2 a 4 meses, y de 1000 a 1200 m³/ha para cañas mayores de 4 meses (Tabla 4. 12). En zonas de alta precipitación o durante períodos lluviosos prolongados, como los asociados al fenómeno de La Niña, el riego puede no ser necesario (Cruz, 2015).

Volumen de agua aplicado por hectárea	Descripción
400 - 800 m³/ha	Volumen sugerido para riegos de germinación, establecimiento de la plantación, rebrote de la soca y acompañamiento de la fertilización.
600 - 1000 m³/ha	En cañas con edades entre 2 y 4 meses.
1000 - 1200 m³/ha	En cañas con edades mayores de 4 meses.

Tabla 4. 12. Volúmenes de agua sugeridos para el riego del cultivo de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca.
Fuente: Cruz (2015)

Contenido de K intercambiable (cmol/kg)	Categoría	Dosis K2O (kg/ha)
<0,15	Baja	60
0,15 - 0,3	Mediana	30
>0,30	Alta	-

Tabla 4. 11. Dosis de potasio (kg/ha) recomendadas según las características de los suelos del valle del río Cauca (zona plana)
Fuente: Quintero, (1995)

En la región, los métodos de riego predominantes para el cultivo de caña de azúcar son el riego por surcos y el riego por aspersión mediante cañones (Figura 4. 9). El riego por surcos, utilizado en el 79% del área, presenta una eficiencia relativamente baja, que oscila entre el 40% y el 60%. Este método, aunque ampliamente implementado, se caracteriza por pérdidas significativas de agua debido a la percolación, escorrentía y evaporación. Por su parte, el riego por aspersión con cañones, empleado en el 21% del área cultivada, puede alcanzar eficiencias de aplicación entre 80% y 85% (Cruz, 2015).

La implementación de sistemas de riego requiere la integración de sistemas de bombeo adecuados, capaces de transportar agua desde las fuentes hasta las suertes³⁸. Estos sistemas de bombeo pueden operar mediante energía eléctrica o combustibles, según las condiciones operativas. Además, se hace uso de maquinaria

37. Las arcillas tipo 2:1 como el caso de la illitas, son las que ocasionan mayor fijación de potasio en el suelo (Intagri, 2015).
38. Es la unidad parcelaria en que se divide una hacienda, finca o predio sembrado en caña de azúcar; por lo general, tiene forma regular y se encuentra delimitada por callejones, carreteras y canales, cuya superficie puede abarcar desde 1 hasta 25 ha, o más.

para el manejo y transporte de las tuberías, así como de los accesorios necesarios para la correcta instalación del sistema de riego. A estos aspectos técnicos se suma el costo asociado a la tasa de utilización del agua, un cargo que las autoridades ambientales imponen a quienes extraen agua de fuentes naturales, con el objetivo de regular y gestionar el uso sostenible de los recursos hídricos³⁹.

4.3.6 Control de malezas

Las plantas arvenses son aquellas especies vegetales presentes en los ecosistemas agrícolas que compiten por agua y nutrientes con las plantas en cultivo. En este sentido es usual referirse a ellas como malezas o malas hierbas, considerando que pueden causar pérdidas económicas al interferir en el desarrollo agroeconómico de las plantaciones (Cenicaña, 2017).

La invasión de malezas está influenciada por el tipo de suelo, el clima y las prácticas de cultivo. Existen varios tipos de control; el control manual se realiza con palas o azadones, requiere de un gran costo de mano de obra y es poco efectivo. El control mecánico se utiliza por medio de rastrillos de discos o con escardillos (chuzos), su eficiencia es alta y el costo bajo y se produce mejor cuando hay baja humedad y la planta lleva poco desarrollo. Por último, se encuentra el control químico en el cual se usan herbicidas y es bastante difundido en la actualidad, estos pueden ser de contacto, reguladores del crecimiento y esterilizadores del suelo (Gómez, 1995).

Los herbicidas se presentan en diversas formulaciones, como soluciones, emulsiones, polvos mojables, granulados y polvos, permitiendo su aplicación tanto localizada sobre partes específicas de la planta como en aspersión sobre la superficie del suelo o el cultivo. A continuación, se detallan las épocas de aplicación de herbicidas de acuerdo con (Gómez, 1995), las cuales pueden variar según la cantidad y tipo de arvenses presentes.

1. Pre-emergente: La aplicación pre-emergente se realiza entre 10 y 12



Figura 4. 9. Sistemas de riego por surcos y aspersión en el cultivo de caña de azúcar
Fuente: Cruz (2015)

días después de la siembra, antes de la germinación del material de siembra. Esta aplicación requiere que el suelo esté adecuadamente húmedo y que se aplique a presión constante para asegurar la efectividad del herbicida.

2. Post-emergente: La aplicación post-emergente debe llevarse a cabo después de la germinación de la caña y las malezas, pero antes de que estas últimas superen los 10 cm de altura. Es crucial realizar esta aplicación cuando las malezas cubran más del 40% del área cultivada (Ingenio Risaralda, 2006).

Las dosis de herbicidas aplicadas varían en los diferentes ingenios azucareros del valle geográfico del río Cauca, dependiendo de factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas y las especies de malezas presentes. En la mayoría de los Ingenios azucareros de la región se emplean los herbicidas Diurón, 2,4 D, Terbutrina, Glifosato, Fusilade y Ametrina. Algunos estudios han reportado los efectos de estos herbicidas en el ambiente (Barba-Ho y Becerra, 2011).

Los métodos de control de malezas y las dosis de herbicidas aplicadas varían entre los diferentes ingenios azucareros y proveedores del valle geográfico del río Cauca. A continuación, en la Tabla 4. 13, se presentan las recomendaciones de dosis aplicadas en un ingenio de esta región. Como se mencionó

anteriormente, estas aplicaciones se realizan a partir de mezclas de diferentes productos sintéticos, que varían según el momento de aplicación y el tipo de arvense presente.

4.3.7 Control de plagas

La caña de azúcar en el valle del río Cauca se cultiva en ciclos continuos de cosecha y siembra durante todo el año, con períodos de 12 a 13 meses desde el establecimiento hasta la cosecha Welch y Muriel (2019). La proximidad entre campos crea un entorno con diferentes etapas vegetativas del cultivo, lo que favorece la superposición de generaciones de plagas, pero también asegura un suministro constante de hospederos para los parasitoides de huevos y larvas (Gómez y Lastra, 1995).

La investigación entomológica en Cenicaña ha demostrado que el control biológico es efectivo en la reducción de las principales plagas, eliminando la necesidad de insecticidas de síntesis química (Vargas y Gómez, 2005). Estas investigaciones comenzaron a principios de la década de 1970 y, en la actualidad, el uso del control biológico contra las plagas de la caña de azúcar se ha consolidado como una práctica tradicional en el valle del río Cauca. Este enfoque ha ganado apoyo debido a la preferencia del público por un azúcar producido sin el uso de insecticidas (Vargas et al., 2015; Guardiola, 1995).

La plaga de mayor importancia económica en el cultivo de caña de azúcar es *Diatraea*

39. La tarifa mínima de la tasa de utilización de aguas (TUA) en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) fue de \$13.76 por metro cúbico en 2022 (CVC, 2022).

Pre emergente o pos emergente en plantilla	Dosis		Unidad	Observación
Ametrina + Atrazina (líquido), o	6,4	7,2	lt	Preemergente en plantilla
Ametrina + Atrazina (polvo)	4	4,5	kg	
Surfactante	0,2	0,5	lt	
Ametrina + Atrazina (líquido), o	6,4	7,2	lt	Posemergente en plantilla para control de malezas de hoja ancha y coquito
Ametrina + Atrazina (polvo)	4	4,5	kg	
2,4-D.A. (6)	1	1,5	lt	
Surfactante	0,2	0,5	lt	
Ametrina + Atrazina (líquido), o	4	4,5	lt	Posemergente en plantillas y socas con presencia de caminadora
Ametrina + Atrazina (polvo)	2,5	3,1	kg	
Diurón 80 (polvo), o	1,5	2,5	kg	
Diurón 500 (líquido)	2,4	4	lt	
2,4-D.A. (6)	1	1,5	lt	
Surfactante	0,2	0,5	lt	
Ametrina (líquido)	4	5	lt	Posemergente en plantillas y socas sin presencia de caminadora
Ametrina (polvo)	2,5	3	kg	
2,4-D.A. (6)	1	1,5	lt	
Surfactante	0,2	0,5	lt	

Tabla 4. 13. Métodos y dosis de aplicación de herbicidas en el Ingenio A. Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia
Fuente: Gómez (1995)

spp. (Lepidoptera: Crambidae, anteriormente Pyralidae), un insecto perteneciente al grupo de los barrenadores de la caña. En el valle del río Cauca su manejo se realiza mediante la liberación de las moscas taquínidas *Metagonistylum minense* y *Paratheresia claripalpis* (parásitos de larvas) y la avispa *Trichogramma exiguum* (parasitoide de huevos), insectos benéficos criados comercialmente (Vargas et al., 2006). Estos insectos benéficos se liberan al menos una vez por ciclo del cultivo en todas las áreas infestadas, lo que evitará que sus poblaciones se incrementen a niveles que causen daño económico (Vargas y Gómez, 2005). Además, la dosis y la frecuencia de las liberaciones se definen de acuerdo con el estado del campo, el cual se determina con base en la intensidad de infestación de la plaga estimada en la evaluación (Ver Tabla 4. 14).

4.3.8 Aplicación de madurante

La caña de azúcar concentra naturalmente una mayor proporción de sacarosa entre los 10 y 15 meses de edad. No obstante, cuando las condiciones naturales no son favorables para su maduración, es posible inducir este proceso mediante la aplicación de productos químicos conocidos como madurantes (Villegas y Arcila, 1995). Estos madurantes actúan como reguladores del crecimiento, promoviendo una mayor acumulación de sacarosa al intervenir en la fotosíntesis o al actuar sobre las enzimas que catalizan su almacenamiento (Espinoza et al., 2012). De acuerdo con Cruz (1990), citado en Sandoval y Villegas (2023), estos productos son herbicidas que, en dosis específicas, se emplean para optimizar los procesos fisiológicos de la planta.

En el valle del río Cauca se han evaluado diversos productos como maduradores de caña de azúcar; sin embargo, solo se han consolidado aquellos a base de trinexapac-etil, fluazifop-p-butil, glifosato y algunos fertilizantes. Aunque a nivel mundial el glifosato es el ingrediente activo más comúnmente utilizado como madurador, en el valle del río Cauca su uso fue discontinuado en 2021, siendo reemplazado principalmente por trinexapac-etil (Sandoval y Villegas, 2023).

La aplicación de maduradores en caña de azúcar se realiza mediante fumigación aérea de 8 a 12 semanas antes de la cosecha. La selección del producto depende de las necesidades de producción y se utilizan volúmenes de descarga bajos (5 L/ha), lo que optimiza la eficiencia operativa. Sin embargo, estudios

40. En algunos casos, puede extenderse hasta 13 meses o más cuando se presentan condiciones externas, como las climáticas.

de Cenicaña han demostrado que volúmenes mayores (10-15 L/ha) incrementan la efectividad agronómica del trinexapac-etil. Además, la aplicación puede variar según la variedad y la disponibilidad de humedad entre la aplicación y la cosecha, influyendo en los resultados obtenidos (Tabla 4. 15).

4.3.9 Cosecha

Como se mencionó anteriormente, la cosecha de la caña de azúcar en el Valle geográfico del río Cauca se lleva a cabo a los 12 meses de edad⁴⁰. Este proceso se realiza durante todo el año, favorecido por condiciones climáticas estables, especialmente la distribución uniforme de las precipitaciones a lo largo del año.

Ahora bien, la caña puede ser cortada manual o mecánicamente. El corte manual lo realiza un trabajador (el cortero) con un machete (pacora o machete curvo australiano), con el que desprende los tallos de caña a ras de suelo, los descogolla (retira la parte superior de la caña) y los acomoda en haces (la 'chorra') que coloca en forma perpendicular a lo largo de los surcos⁴¹ (Amú et al., 2023). Para facilitar este proceso, en algunos casos se realiza la quema de la caña antes de la cosecha. Este método de quema es utilizado para eliminar residuos y animales dañinos que pueden representar riesgos laborales y para reducir la presencia de pelusas que afectan la piel de los corteros, lo cual ayuda a proteger su salud y facilita el corte manual (Urbano, 2015).

La práctica de quema de caña de azúcar en la CARC es una actividad permitida y regulada por los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de Agricultura y Desarrollo Rural, y de Salud y Protección Social, así como por las Corporaciones Autónomas Regionales de los departamentos productores de caña de azúcar. Esta práctica solo está autorizada para los ingenios azucareros, quienes, bajo regulación, programan anualmente las áreas a ser sometidas a quema, en cumplimiento con las normativas vigentes y los protocolos ambientales establecidos (Asocaña, 2021).

Estado del campo ¹	Dosis de parásitos y época de liberación según edad de la caña ²
Sano (I.I. < 4%)	15 parejas de moscas/hectárea (7 meses)
Dañado (I.I. entre 4% y 10%)	15 parejas de moscas/hectárea (5 meses)
	50 pulgadas ³ de avispa/hectárea (7 meses)
Muy dañado (I.I. > 10%)	15 parejas de moscas/hectárea (5 meses)
	50 pulgadas ³ de avispa/hectárea (7 meses)
	15 parejas de moscas/hectárea (9 meses)

1. I.I.: intensidad de infestación (total entrenudos barrenados/total entrenudos evaluados) x 100.

2. Moscas *Metagonistylum minense* y *Paratheresia claripalpis* (parásitos de larvas); se puede alternar el género en cada liberación. Avispa *Trichogramma exiguum* (parásito de huevos).

Tabla 4. 14. Programa de control biológico de *Diatraea spp.* y costos de los parásitos y su liberación en cultivos comerciales de caña de azúcar

Fuente: Vargas y Gómez (2005)

Variedad de caña de azúcar	Trinexapac-etil (cc/t) ¹	Fluazifop-p-butíl (cc/t) ²	Boro (g/ha) ³
	Condición seca ⁴	Condición húmeda ⁴	Condición seca
CC 85-92	6	7	3
CC 93-4418	6	7	3
CC 01-1940	7	8	3
CC 05-430	12	15 ⁵	5
CC 09-066	5	6	5
CC 11-600	12	15	5
CC 11-595	12	ND	ND6
CC 12-2120	12	ND	ND
CC 14-3296	12	ND	ND

Tabla 4. 15. Dosis recomendadas de maduradores para obtener los máximos contenidos de sacarosa % caña al momento de la cosecha en variedades de caña de azúcar en el Valle Del Río Cauca

Fuente: Sandoval y Villegas (2023)

En cuanto a la cosecha mecanizada, se utilizan máquinas integrales autopropulsadas (cosechadoras). De acuerdo con Giraldo (1995), estas máquinas cortan, trozan, limpian y levantan la caña directamente hacia el equipo de transporte, compuesto por tractocamiones y vagones, que luego se dirigen a la fábrica. El rendimiento de este sistema oscila entre 23 y 25 toneladas de caña por hora de operación. Actualmente, los cultivos comerciales se cosechan utilizando mayoritariamente estos dos sistemas: un 26% de forma semi-mecanizada y un 74% totalmente mecanizada (Amú et al., 2023).

4.3.10 Conclusiones

El cultivo de caña de azúcar ha ganado relevancia tanto por su contribución al mercado mundial de azúcar como por su papel en la producción de bioenergía. Esta planta, reconocida por su alta capacidad para acumular sacarosa en sus tallos, se adapta exitosamente a una amplia variedad de condiciones climáticas y de suelo. Sin embargo, la productividad y calidad de la caña dependen de una compleja interacción entre factores ambientales, condiciones del suelo y clima, así como de la selección de variedades óptimas y de prácticas de manejo agrícola especializadas. Estos elementos

41. El rendimiento de los corteros se sitúa entre 2-4 toneladas por hombre/día para caña semilimpia y entre 5-7 toneladas por hombre/día para caña previamente quemada (Cenicaña, 2015).

combinados permiten maximizar tanto el rendimiento como la eficiencia en la acumulación de sacarosa, aspectos importantes en términos de rentabilidad del cultivo.

El desarrollo fenológico de la caña de azúcar, desde la germinación hasta la maduración, requiere insumos que varían según el tipo de agricultura y el nivel de aplicación tecnológica, ajustándose a las necesidades locales del cultivo, como la calidad del suelo, las condiciones climáticas y la disponibilidad

de agua. En sistemas con alta tecnología, se emplean análisis de suelo detallados para optimizar el uso de fertilizantes y métodos de riego eficientes, como el riego por goteo, lo que optimiza el recurso hídrico. En el caso contrario, donde, la gestión de insumos suele ser menos específica y más empírica, podría resultar en un uso excesivo o ineficiente de recursos.

El cultivo de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca depende en gran

medida de la información y tecnología desarrolladas principalmente por CENICAÑA. Esta institución centraliza la investigación y los avances técnicos, los cuales son compartidos con el gremio azucarero. Esto asegura mejoras en productividad y sostenibilidad para el sector, pero también limita el acceso a conocimientos técnicos avanzados para otros actores interesados, consolidando a CENICAÑA como la fuente principal de información en la región.

4.4 Referencias

- Aguilar, N., Olvera, L. A., y Galindo, G. (2013).** *Evaluación de aptitud de tierras al cultivo de caña de azúcar en la Huasteca potosina, México*, por técnicas geomáticas. *Revista de Geografía Norte Grande*, 141–156.
- Allen, R. G. (2006).** *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Vol. 56). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Estudio FAO Riego y Drenaje, 2006.
- Amaya Estévez, A., Cock, J. H., Del Pilar Hernández, A., y Irvine, J. E. (1995).** Biología. In *CENICAÑA: El Cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 31–62).
- Amú Caicedo, L. G., Estrada, A., Luis, A., Galeano, S., Chica, H., y Tarapués, H. (2023).** Cosecha y transporte de la caña de azúcar. In Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Agroindustria de la caña de azúcar en Colombia. www.cenicana.org
- Asocaña. (2021).** Informe de sostenibilidad 2020 -2021. <https://www.asocana.org/documentos/672022-B663EF18-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,FFFFFF,2D2D2D,A3C4B5.pdf>
- Bakker, H. (1999).** The Morphology of the Sugar Cane Plant. In *Sugar Cane Cultivation and Management* (pp. 3–4). Springer, Boston, MA. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4725-9_2
- Barba-Ho, L. E., & Becerra, D. (2011).** *Biodegradabilidad y toxicidad de herbicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar*. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 10, 11-19.
- Barbieri, V. (1993).** Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): Um modelo matemático-fisiológico de estimativa [Text, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.11.2019.tde-20191220-105447>
- Buenaventura, C. E. (1981).** Factores climáticos que afectan el crecimiento, producción y desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22231>
- Cassalett Dávila, C., y Ranjel Jiménez, H. (1995).** *Mejoramiento Genético*. In *CENICAÑA: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 63–81).
- Cenicaña. (2015).** Cosecha, alce y transporte de caña. <https://www.cenicana.org/cosecha-alce-transporte/>
- Cenicaña. (2016).** Cartilla didáctica: Preparación de Suelos. https://www.cenicana.org/apps/pat/guias/preparacion/cartilla_gm_preparacion_2016.pdf
- Cenicaña. (2017).** Manual de reconocimiento de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar. https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seridados/manual_arvenses/manual_reconocimiento_arvenses.pdf
- Cenicaña. (2021, julio 13).** Webinar | Fuentes de fertilizantes: Bases para definir el fertilizante a aplicar. [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=jXJu4Lmp36U>
- Cenicaña. (2023).** Informe Anual 2022. Centro de Investigación de La Caña de Azúcar, CENICAÑA. www.cenicana.org
- Cenicaña (2024).** Variedades disponibles – Cenicaña. <https://www.cenicana.org/variedades-disponible/>
- Cepeda Quevedo, A. M. (2023).** *Fisiología de la Caña de Azúcar (Saccharum spp.) en Respuesta a Baja Radicación en Fase de Maduración*. Universidad Nacional de Colombia.
- Chaves, M. (1986).** *Requerimientos, extracción y remoción de nutrientes por la caña de azúcar*. Boletín Informativo DIECA n. 29.
- Chaves, M. (1999).** *Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica*. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (Vol. 3, pp. 193–214).
- Ciampitti, I. A., y García, F. O. (2007).** *Requerimientos nutricionales. absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios*.
- Cruz Valderrama, J. R. (2015).** *Manejo Eficiente del Riego en el Cultivo de Caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca* (Vol. 1). Cenicaña.
- Cruz, R., y López, O. M. (1995).** Adecuación de Tierras. In *CENICAÑA: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 86–108).
- CVC. (2022).** Acuerdo CD número 027 de 2022. «Por el cual se fija la tarifa de la tasa por utilización de agua año 2022, en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca—CVC».
- Dinesh Babu, K. S., Janakiraman, V., Palaniswamy, H., Kasirajan, L., Gomathi, R., y Ramkumar, T. R. (2022).** A short review on sugarcane: its domestication, molecular manipulations and future perspectives. In *Genetic Resources and Crop Evolution* (Vol. 69, Issue 8, pp. 2623–2643). Institute for Ionics. <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01430-6>
- Espinoza, G. (2012).** *Maduración de la Caña de Azúcar y Floración de la Caña de Azúcar y su Manejo*. En *El cultivo de la Caña de Azúcar En Guatemala*. (1era ed., pp. 262-281). Artemis Edinter, Centro de investigación de la caña de azúcar (CENGICAÑA).
- FAO. (2023).** *Crops and livestock products* [Dataset]. FAOSTAT.
- Fauconnier, R., y Bassereau, D. (1975). *La Caña de Azúcar* (1st ed.). Blume, Barcelona.
- Gilbert, R. A., Shine, J. M., Miller, J. D., Rice, R. W., y Rainbolt, C. R. (2006).** The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. *Field Crops Research*, 95(2–3), 156–170. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.02.006>
- Giraldo, F. (1995).** *Cosecha, Alce y Transporte*. En *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 357-363). Cenicaña.
- Gómez, J. F. (1995).** Control de Malezas. In *CENICAÑA: El cultivo de caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 143–152).
- Gómez, J. F., y Sánchez, O. (1968).** Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. *Revista ICA*, 3(4). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22231>

Gómez, L. A., y Lastra, L. A. (1995). Insectos Asociados con la Caña de Azúcar en Colombia. In CENICAÑA: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*, Cali (pp. 237–263).

Guardiola, J. (1995). Avances tecnológicos entre 1950 y 1980. In CENICAÑA. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 9–21).

Humbert, R. P. (1974). *El cultivo de la caña de azúcar* (1st ed.). Elsevier Publishing Company.

Ingenio Providencia. (2015). Cartillas para el mejoramiento de la calidad de labores agrícolas en Caña de Azúcar (Preparación de suelos, pp. 1–57).

Ingenio Risaralda. (2006). Guía para el control de calidad de las labores del cultivo de la caña de azúcar. Ingenio Risaralda S.A.

Larrahondo, J. (1995). Calidad de la Caña de Azúcar. In CENICAÑA. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 337–354). CENICAÑA.

López-López, O. M. (1994). Norma de procesos: Adecuación y preparación de terrenos (Limpieza de terrenos). Incauca.

López Trujillo, L. A. (2021). Efecto de la oportunidad en labores culturales para la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el sector agroindustrial azucarero en el Valle Geográfico del Río Cauca [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80504>

Mall, R. K., Sonkar, G., Bhatt, D., Sharma, N. K., Baxla, A. K., y Singh, K. K. (2016). Managing impact of extreme weather events in sugarcane in different agro-climatic zones of Uttar Pradesh (Vol. 67, Issue 1).

Marasca, I., Barbosa, R., Silva, D., Márcia, M., Sartori, P., Paz Gonçalves, A., y Lanças, K. P. (2015). *Morphology of sugar cane in preparation and deep bed soil* (Vol. 33).

Mendoza, J., y Garcés, F. (2013). *Plagas y enfermedades exóticas de la caña de azúcar, en Ecuador*. CINCAE: Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador.

Meyer, J. (2013). Sugarcane Nutrition and Fertilization. In J. Meyer, P. Rein, y K. Mathias (Eds.), *Good management practices for the cane industry* (1st ed., pp. 133–180). <https://www.researchgate.net/publication/275655754>

Moore, P. H., Paterson, A. H., y Tew, T. (2013). Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology (P. H. Moore y F. C. Botha, Eds.). John Wiley y Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118771280>

Moreno Izquierdo, V. J., Lasso Benitez, L. del P., Reyes Pozo, M. D., Haro Prado, R., y Cruz, G. (2018). Aptitud agroecológica de tres cultivos estratégicos (maíz, arroz y caña de azúcar) en 14 cantones de la cuenca baja del río Guayas. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(13), 15–24. <https://doi.org/10.29018/>

Mosquera, C. (2012). Fertilización en tasa variada. *Revista Técnica*, 28, 7–12.

Muñoz, F. (2018). Nutrición. In C. A. Viveros Valens (Ed.), *Características agronómicas y de la productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940* (23rd ed., pp. 31–41). Centro de Investigación de Caña de Azúcar.

Ortiz-Laurel, H., Rosas-Calleja, D., Rössel-Kipping, D., Salgado-García, S., & Vequía, D. (2016). *EFFECTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE TÉCNICAS DE SIEMBRA DE CAÑA DE AZÚCAR* (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 9, 40–47.

Pérez, O. (2012) Nutrición y Fertilización. In: CENGICAÑA: *Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. (1st ed., pp. 149–176).

Quintero Durán, R. (1995). Fertilización y Nutrición. In *El Cultivo de la caña de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 153–177). CENICAÑA.

Quintero Durán, R. (1997). Fertilización Nitrogenada En Caña de Azúcar.

Quintero Durán, R. (1999). Extracción de Nutrientes por la Caña de Azúcar. *Carta Trimestral*, 2.

Rae, A. L., Martinelli, A. P., y Dornelas, M. C. (2013). Anatomy and Morphology. In *Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology* (pp. 19–34). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118771280.ch2>

Ridge, R. (2013). Fertilizing for High Yield and Quality Sugarcane. International Potash Institute: IPI Bulletin No. 21. <https://doi.org/10.3235/978-3-905887-06-8>

Rodríguez Hurtado, L. A., y Valencia Montenegro, J. J. (2015). Preparación de suelos para la producción sostenible de caña de azúcar (Materiales Para La Transferencia de Tecnología En La Agroindustria de La Caña de Azúcar. Sistema de Producción Agrícola).

Rodríguez, C. A., y Daza, O. H. (1995). Preparación de Suelos. In CENICAÑA. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 109–114).

Romero, E., Digonzelli, P. A., Leggio, F., y Fernández De Ullivarri, J. (2009). La caña de azúcar, características y ecofisiología. In *Manual del Cañero* (1st ed., Vol. 1, pp. 87–100). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. <https://www.researchgate.net/publication/284772525>

Sandoval Pineda, J. F., y Villegas Trujillo, F. (2023). Uso de maduradores en caña de azúcar. In Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. *Agroindustria de la caña de azúcar en Colombia*. <https://www.cenicana.org/coleccion-agroindustria-de-la-cana-de-azucar/>

Singels, A., Jones, M. R., y Lumsden, T. G. (2023). Potential for Sugarcane Production Under Current and Future Climates in South Africa: Sugar and Ethanol Yields, and Crop Water Use. *Sugar Tech*,

25(2), 473–481. <https://doi.org/10.1007/s12355-022-01227-y>

Som-ard, J., Atzberger, C., Izquierdo-Verdiguier, E., Vuolo, F., y Immitzer, M. (2021). Remote Sensing Applications in Sugarcane Cultivation: A Review. *Remote Sensing*, 13(4040). <https://doi.org/10.3390/rs13204040>

Steduto, P., Hsio, T., Fereres, E., y Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Food and Agriculture Organization (FAO). Estudio FAO: Riego y Drenaje. 66. <http://www.fao.org/3/a-12800s.pdf>

Tecnicaña, C. (2024). Un universo de variedades: La caña de azúcar en Colombia. Tecnicaña. <https://tecnicana.org/2024/04/25/asociaciones-centros-investigacion/un-universo-de-variedades-la-cana-de-azucar-en-colombia/>

Torres Aguas, J. (1995). Riegos. In CENICAÑA: *El cultivo de la caña en la zona azucarera* (pp. 193–210).

Toruño Castro, G. L. (2010). Evaluación económica de la práctica de resiembra en caña de azúcar en el Ingenio San Antonio, Nicaragua. Escuela Agrícola Panamericana.

Urbano Silva, L. (2015). Consecuencia ambiental de la quema extensiva de la caña de azúcar. *Grafías, Disciplinarias de La UCPR*, 29, 81–86. <https://doi.org/10.31908/grafias.v0i29.1298>

Vargas, G. A., Melo, V. O., y Gómez, L. A. (2006). *Jaynesleskia jaynessi: otra alternativa para el manejo de Diatraea spp.* In *Carta trimestral*, 28 (2) (pp. 3–5).

Vargas, G. A., y Gómez, L. A. (2005). Evaluación del daño causado por *Diatraea* spp. en caña de azúcar y su manejo en el valle del río Cauca. Cali, Cenicaña. Serie Divulgativa No.9. www.cenicana.org

Vargas, G., Gómez, L. A., y Michaud, J. P. (2015). Sugarcane Stem Borers of the Colombian Cauca River Valley: *Current Pest Status, Biology, and Control*. *Florida Entomologist*, 98(2), 728–735. <https://doi.org/10.1653/024.098.0249>

Velasco, J. (2018). Los biofertilizantes y la caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agro Productividad*, 7(2). <https://revista-agro-productividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/516>

Victoria, J. I., Guzmán, M. L., y Angel, J. C. (1995). Enfermedades de la Caña de Azúcar en Colombia. In CENICAÑA: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*, Cali, CENICAÑA (pp. 265–293).

Villegas T., F., y Arcila A., J. (1995). *Uso de madurantes*. 315–335.

Villegas, F. T., y Arcila, J. A. (2003). Maduradores en Caña de Azúcar: Manual de procedimientos y normas para su aplicación. www.cenicana.org

Viveros, C. A., y Calderón, H. (1995). Siembra. In CENICAÑA: *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 131–139).

CVC. (2019). Acuerdo CD número 022 de 2019. «Por el cual se fija la tarifa de la tasa por utilización de agua año 2019, en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC».

Welch, C., y Muriel, I. (2019). Producción Sostenible de caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia. [Archivo PDF].

Autores

Mario Alejandro Pérez-Rincón, PhD.

*Profesor Titular Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería -
Instituto CINARA*

Katherine Mosquera Viquez

Ingeniera Agrícola, Universidad del Valle

Daniel Andrés Mosquera

Economista, MSc, Universidad del Cauca, Universidad del Valle

Isabella Puente Prado

Economista, Universidad del Valle

Yinneth Andrea Molina Macías

Economista, Universidad del Valle



Epílogo

Este Libro es realizado por el Colaboratorio Colombia HUB y hace parte del sub-proyecto “Contribuciones de la Naturaleza a la Generación de Valor Económico en el Cultivo de Caña de Azúcar en la Cuenca Alta Del Río Cauca, Colombia, 1960 – 2022”, el cual se ejecuta en el marco del proyecto “HUB, Seguridad Hídrica y Desarrollo Sostenible”. En el desarrollo de este gran proyecto participamos cuatro países: Colombia, India, Etiopía y Malasia y está financiado por GCRF, UK Research and Innovation, siendo coordinado a nivel general por la Universidad de New Castle, Reino Unido.

De parte del Instituto Cinara de la Universidad del Valle, agradecemos inmensamente a todas las instituciones, directivos, profesionales y a la comunidad en general de la Cuenca Alta del Río Cauca (CARC), por habernos permitido trabajar en este campo de las relaciones sociedad-naturaleza alrededor de la caña de azúcar y en un territorio tan querido por todos/as nosotros/as como es la cuenca de nuestro río tutelar.

Rematamos este Epílogo con tres frases celebres que muestran una visión distinta a la del paradigma moderno occidental, y que recogen de alguna manera el espíritu de estos tres volúmenes presentados: como en la Economía Ecológica, buscan recuperar la jerarquía y relevancia de la naturaleza sobre el sistema social, a través de tres grandes genios de nuestro mundo humano.

“Establecer contacto con la belleza de la naturaleza hace la vida mucho más hermosa, mucho más real, y, cuanto más atento y concentrado contemples la puesta de sol, más profundamente se te revelará”.

(Thich Nhat Han, Maestro Taoísta)

“Mira profundamente en la naturaleza y entonces comprenderás todo mejor”.

(A. Einstein)

“La naturaleza ofrece lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada hombre, pero no la codicia de cada hombre”.

(M. Gandhi)