

ISSN 0120-5846



Serie Técnica
No. 29

CENTRO DE INVESTIGACIÓN
DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA

***Zonificación agroecológica
para el cultivo de caña de azúcar
en el valle del río Cauca.
Tercera aproximación***

Javier Carbonell González
Álvaro Amaya Estévez
Brenda Valeska Ortiz Uribe
Jorge S. Torres Aguas
Rafael Quintero Durán
Camilo Humberto Isaacs Echeverry

Cali, Colombia

Agosto de 2001

Comité editorial:
Álvaro Amaya Estévez
Camilo Humberto Isaacs Echeverri
Carlos Omar Briceño
Guadalupe Bustamante Álvarez
Nohra Pérez Castillo
Victoria Eugenia Carrillo Camacho

Edición técnica: Hernando Rangel Jiménez
Mapas: Brenda Valeska Ortiz Uribe
Diagramación,
prerensa e impresión: FERIVA S.A. Cali, Colombia.

ISSN 0120-5846

© 2001, CENICAÑA.
buzon@cenicana.org
Calle 58 Norte No. 3BN-110
Cali, Colombia

Cita bibliográfica

CARBONELL, J.; AMAYA, A.; ORTIZ, B.V.; TORRES, J.S.; QUINTERO, R.; ISAACS, C.H. 2001. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Tercera aproximación. Cali, CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA.

Todos los autores son investigadores de CENICAÑA. *Javier Carbonell G.*, Superintendente del Centro Experimental, Ing. Agríc., M.Sc.; *Álvaro Amaya E.*, Director General, Ing. Agrón. Ph.D.; *Brenda Valeska Ortiz U.*, Analista del SIG, Ing. Agríc.; *Jorge S. Torres A.*, Director del Programa de Agronomía, Ing. Agrón. Ph.D.; *Rafael Quintero D.*, Edafólogo, Ing. Agrón., M.Sc.; *Camilo Humberto Isaacs E.*, Jefe del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología, Ing. Agrón.

Esta publicación se realizó con la cofinanciación de COLCIENCIAS, proyecto 254 - 2000 "Agricultura específica por sitio".

Contenido

	Página
Acrónimos	4
Resumen	5
Introducción	7
Metodología	9
Clima	10
Balance hídrico	10
Precipitación	11
Evapotranspiración	11
Generación del balance hídrico	14
Suelo	17
Agrupación de suelos	21
Grupos de humedad	25
Resultados	31
Zonas agroecológicas	31
Aplicaciones de la zonificación agroecológica	37
Ubicación de variedades	37
Análisis de la productividad	37
Caracterización socioeconómica	42
Productores y haciendas del grupo 1	42
Productores y haciendas del grupo 2	43
Comentarios finales	45
Agradecimientos	47
Referencias bibliográficas	48
Anexos	
Anexo 1. Conjuntos y grupos de suelos	53
Anexo 2. Descripción de los principales conjuntos en cada grupo de suelos	56

Acrónimos

Cenicafé	Centro Nacional de Investigaciones de Café “Pedro Uribe Mejía” (Colombia)
Cenicaña	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
Colciencias	Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología “Francisco José de Caldas”.
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Colombia)

Resumen

El área cultivada con caña de azúcar en el valle del río Cauca es heterogénea respecto a sus condiciones de suelo y clima. Además, la productividad de caña y azúcar difiere de acuerdo con el ambiente, lo cual indica que es necesario caracterizar los ambientes o zonas agroecológicas apropiados para cada sistema de producción.

CENICAÑA define una zona agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar como una zona relativamente homogénea en relación con la respuesta del cultivo en producción, caracterizada por factores biofísicos de largo plazo generalmente estables.

Las zonas agroecológicas en esta tercera aproximación han sido conformadas de acuerdo con los siguientes elementos: (a) balance hídrico, el cual involucra la precipitación y la evapotranspiración; (b) el estudio semidetallado de suelos del valle del río Cauca; (c) la agrupación de suelos, definidos con base en: clasificación taxonómica, posición geomorfológica, régimen de humedad, familia textural y drenaje y (d) grupos de humedad, conformados con base en el balance hídrico y la permeabilidad del suelo. La zonificación agroecológica se realizó haciendo uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) y métodos estadísticos y geoestadísticos para el análisis de datos.

La zonificación agroecológica establece 51 zonas en las cuales se espera que la respuesta del cultivo sea relativamente homogénea en términos de producción. La caracterización de las zonas agroecológicas para el cultivo de caña de azúcar es un proceso dinámico debido a los elementos básicos que la conforman, como son el suelo y el clima. Por ejemplo, las lluvias juegan un papel importante en la distribución espacial de las zonas pues afectan directamente el balance hídrico en el suelo y por consiguiente, la extensión de las áreas con déficit o exceso de humedad.

El proceso de validación de las zonas agroecológicas se enriquecerá con los resultados de nuevas investigaciones y con las experiencias de los ingenios y cultivadores de caña que adopten las tecnologías propias de cada zona. Los resultados que se obtengan podrán compararse entre sí y de esta forma se espera que mejoren la productividad y la rentabilidad del cultivo.

Introducción

La agroindustria azucarera colombiana se localiza en el valle del río Cauca, entre los 3° y 5° de latitud norte y entre los 76° 22' y 75° 31' de longitud oeste. Ocupa una extensión de 200.000 hectáreas en los departamentos de Valle del Cauca (60% de la superficie), Cauca (30%), Risaralda (5%) y Caldas (5%), con promedio de 1000 m de altura sobre el nivel del mar. El río Cauca cruza el valle de sur a norte y en su costado oriental se encuentra la mayor proporción de área agrícola (Figura 1).



Figura 1. Área de estudio. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar.

La competitividad del sector azucarero depende en alto grado del uso de las innovaciones tecnológicas y de la reducción de los costos de producción. Con la agricultura específica por sitio (AEPS) se busca maximizar la rentabilidad del cultivo, mediante la identificación de zonas agroecológicas para las cuales se definen la variedad y el manejo agronómico específico sostenible.

La literatura científica sobre el tema está principalmente enfocada a la planeación de desarrollos nacionales y por lo tanto, la caracterización del suelo, el clima y la vegetación existentes son base para proponer la siembra de los cultivos con mayor potencial productivo. La situación de la agroindustria azucarera colombiana es diferente, está localizada en un área geográfica relativamente pequeña, en un valle heterogéneo y se dedica a la explotación de un solo cultivo. Dispone de resultados comerciales y datos meteorológicos de muchos años y cuenta además con testimonios experimentales específicos que sirven para conocer mejor el valle y caracterizar el uso de tecnologías que aseguren mayores ingresos.

Con el objetivo de determinar la heterogeneidad de las condiciones productivas y de esta forma orientar la investigación y el desarrollo tecnológico hacia una agricultura específica y sostenible por sitio, CENICAÑA ha realizado aproximaciones progresivas de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña en el valle del río Cauca. La primera aproximación data de 1983 (CENICAÑA, 1983) y la segunda de 1998 (CENICAÑA, 1998). La versión que se presenta en esta publicación corresponde a la tercera aproximación e incluye los avances sobre la caracterización agroclimática y edáfica del área en cultivo y la denominación socioeconómica de los productores y sus unidades productivas.

La zonificación genera mejores elementos de decisión para el manejo del cultivo y conlleva a una racionalización en el uso de los recursos y por lo tanto, a una reducción de los costos de producción. Es una herramienta de planeación para apoyar decisiones de inversión en infraestructura de riego y drenaje y de adopción y adaptación de tecnologías de manejo agronómico para cada condición.

El trabajo que se presenta en esta publicación es el resultado de varios años de investigación adelantada por CENICAÑA, con la contribución valiosa de los datos e información suministrados por los ingenios azucareros y los cultivadores y por CENICAFÉ, CIAT, CVC, IDEAM e IGAC.

Metodología

La primera aproximación sobre zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar realizada en 1983, utilizó información secundaria disponible relacionada con suelo y clima (CENICAÑA, 1983).

Amaya *et al*, 1997, analizaron estadísticamente datos de producción comercial y datos experimentales por varios cortes y los relacionaron con factores de suelo y clima. De esta forma, determinaron que el balance hídrico (Torres *et al.*, 1996) y la agrupación de suelos (Quintero y Castilla, 1992) explicaban la variación en la producción de caña y en el contenido de sacarosa. Este análisis permitió definir la segunda aproximación sobre zonificación agroecológica que se publicó en 1998 (CENICAÑA, 1998).

Para conformar esta tercera aproximación de la zonificación agroecológica se tomaron nuevos elementos así: Carbonell *et al*, 2000, actualizaron el balance hídrico con un mayor cubrimiento del valle del río Cauca; Torres *et al*, 2000, crearon los grupos de humedad e Isaacs *et al*, 2000, hicieron la caracterización de los cultivadores de caña de azúcar y sus unidades productivas.

Al igual que en las dos primeras aproximaciones, la fuente de datos sobre suelos es el “Estudio semidetallado de suelos para el valle geográfico del río Cauca” (IGAC-CVC, 1980) a partir del cual Quintero y Castilla, 1992, conformaron 10 grupos de suelos.

A cada conjunto y consociación de suelo del estudio del IGAC se le asignó una calificación para la permeabilidad (alta, media o baja de acuerdo con la calificación del drenaje natural) y se elaboró un mapa haciendo uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la distribución de la permeabilidad de los suelos.

La unión del balance hídrico con la permeabilidad del suelo establece los grupos de humedad (Torres *et al*, 2000). Éstos, junto con la agrupación de suelos, generan las zonas agroecológicas. El diagrama que se presenta en la Figura 2 ilustra esquemáticamente el proceso para generar la tercera aproximación de las zonas agroecológicas para el cultivo de caña de azúcar.

De otra parte, se realizó un censo de productores de caña de azúcar del valle del río Cauca y se clasificaron de acuerdo con sus niveles de adopción de

tecnología y sus características socioeconómicas en grupos homogéneos. Mediante el SIG se determinó la interacción de los grupos en cada zona agroecológica.

Se describen a continuación los aspectos relacionados con el clima y el suelo que se han tenido en cuenta en la zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca.

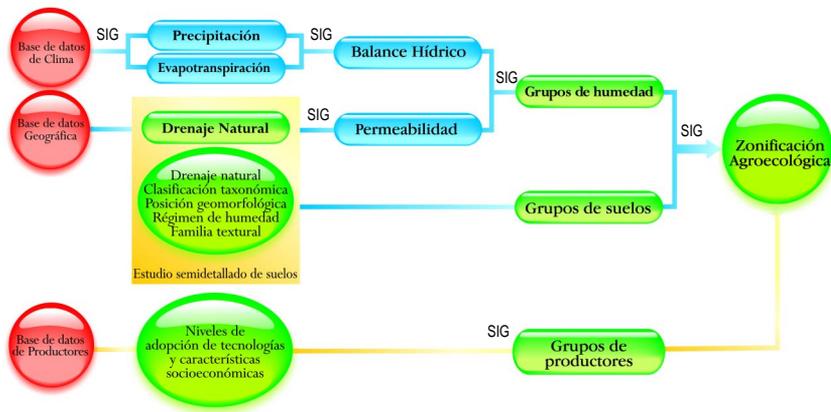


Figura 2. Diagrama metodológico que indica la secuencia de análisis y los factores tenidos en cuenta para la conformación de las zonas agroecológicas.

Clima

El clima, como conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región, involucra variables como temperatura del aire, precipitación atmosférica, radiación solar, humedad relativa del aire y evaporación.

La precipitación, evaporación y radiación son las condiciones meteorológicas que más variabilidad espacial y temporal presentan en el valle del río Cauca (Carbonell *et al*, 1997). Por su parte, la evaporación integra otras variables como la radiación, la humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura del aire.

Balance hídrico. Integra las variables del clima, precipitación y evaporación, que tienen una mayor influencia en el manejo del cultivo. El balance hídrico identifica las épocas secas y húmedas y define cuándo se puede presentar estrés (déficit o exceso) de humedad.

El balance hídrico se define como la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración. Su aplicación permite conocer los períodos máximos y mínimos de precipitación, precisar las zonas donde se presentan déficit o excesos de humedad, cuantificar el estrés de humedad, visualizar en un mapa las zonas con déficit o exceso y cómo éstas se desplazan de acuerdo con la intensidad de los períodos húmedos o secos y evaluar los recursos hídricos o de infraestructura de drenaje necesarios para manejar el estrés causado por una u otra condición.

Torres *et al*, 1996, presentaron la primera versión sobre el balance hídrico regional. Carbonell *et al*, 2000, ampliaron la cobertura mediante el estudio del período de precipitación desde 1970 hasta 1998. Con el concurso de la geoestadística como nueva metodología para el análisis e interpolación de los datos, presentaron la segunda versión del balance hídrico.

Precipitación. Los datos diarios de precipitación para un período promedio de treinta años provienen de entidades que manejan información climatológica y meteorológica y poseen estaciones meteorológicas en el valle del río Cauca: CVC, IDEAM, CIAT, INCAUCA y CENICAFÉ (Figura 3). Los datos diarios se acumularon mes a mes y se calculó la mediana. El resultado de la distribución espacial de la precipitación anual se observa en la Figura 4.

Evapotranspiración. Es la combinación de la evaporación en la superficie del suelo y la transpiración del cultivo. Los cálculos de la tasa de evapotranspiración se hacen con base en la evaporación abierta en el tanque clase A.

Los datos de evaporación del tanque clase A para un período de diez años también provienen de estaciones meteorológicas que manejan CVC, IDEAM y CIAT. La evaporación mensual en once estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) del sector azucarero se calculó en forma indirecta mediante la ecuación de Hargreaves (Claro, 1991). La ubicación de cada una de ellas se muestra en la Figura 3.

El análisis de la serie de datos de evaporación se hizo con base en la evaporación media mensual. Los valores de evaporación se convirtieron en evapotranspiración, multiplicando por el coeficiente $K = 0.7$ que se usa para estimar el consumo de agua durante el período de rápido crecimiento de la caña de azúcar (Torres *et al*, 1996).

El valor inicial del coeficiente K , determinado para el cultivo de caña de azúcar, entre la siembra y los cuatro meses de edad es de 0.3 y entre los cuatro y los diez meses de edad es de 0.7 (Torres *et al*, 1996).

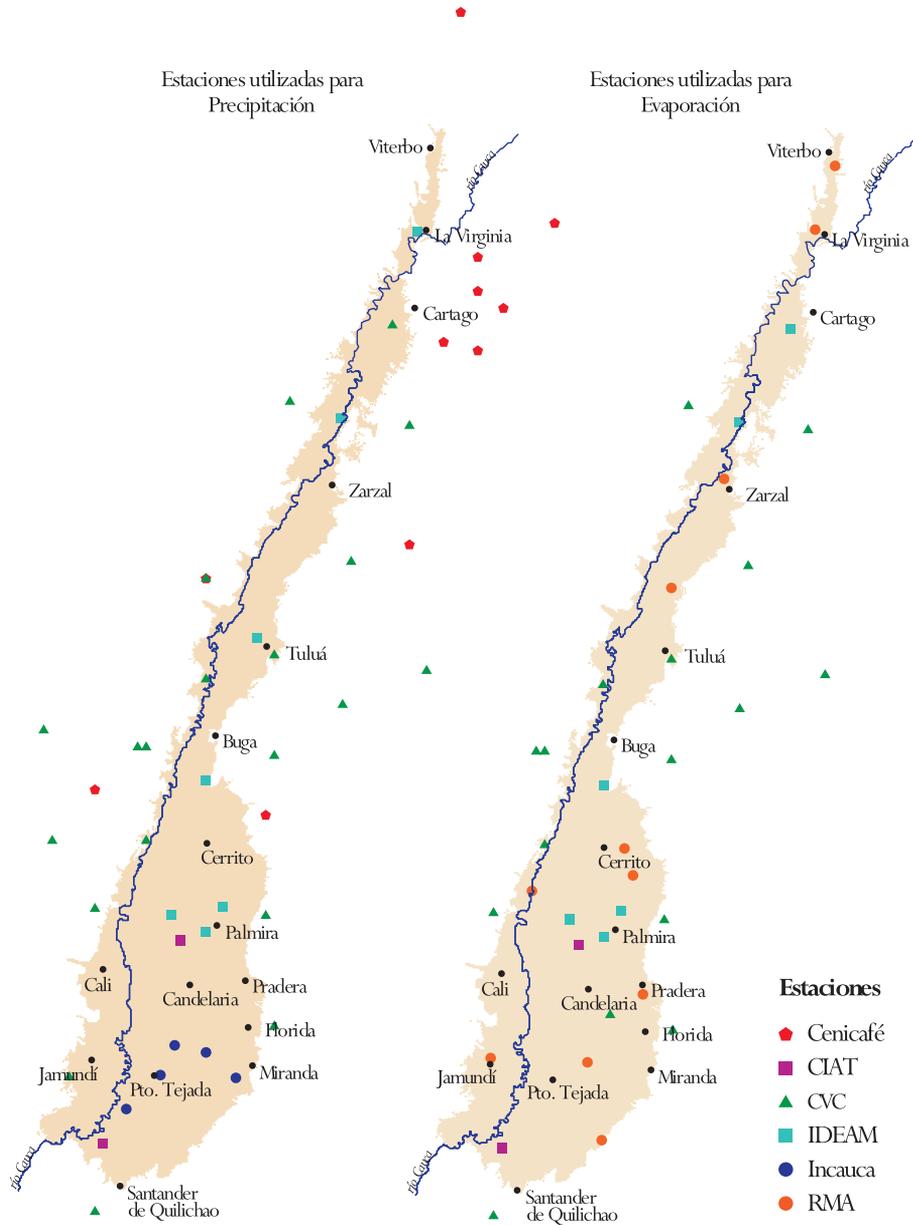


Figura 3. Ubicación de las estaciones meteorológicas y pluviométricas de las entidades que suministraron datos de precipitación y evaporación del tanque clase A.

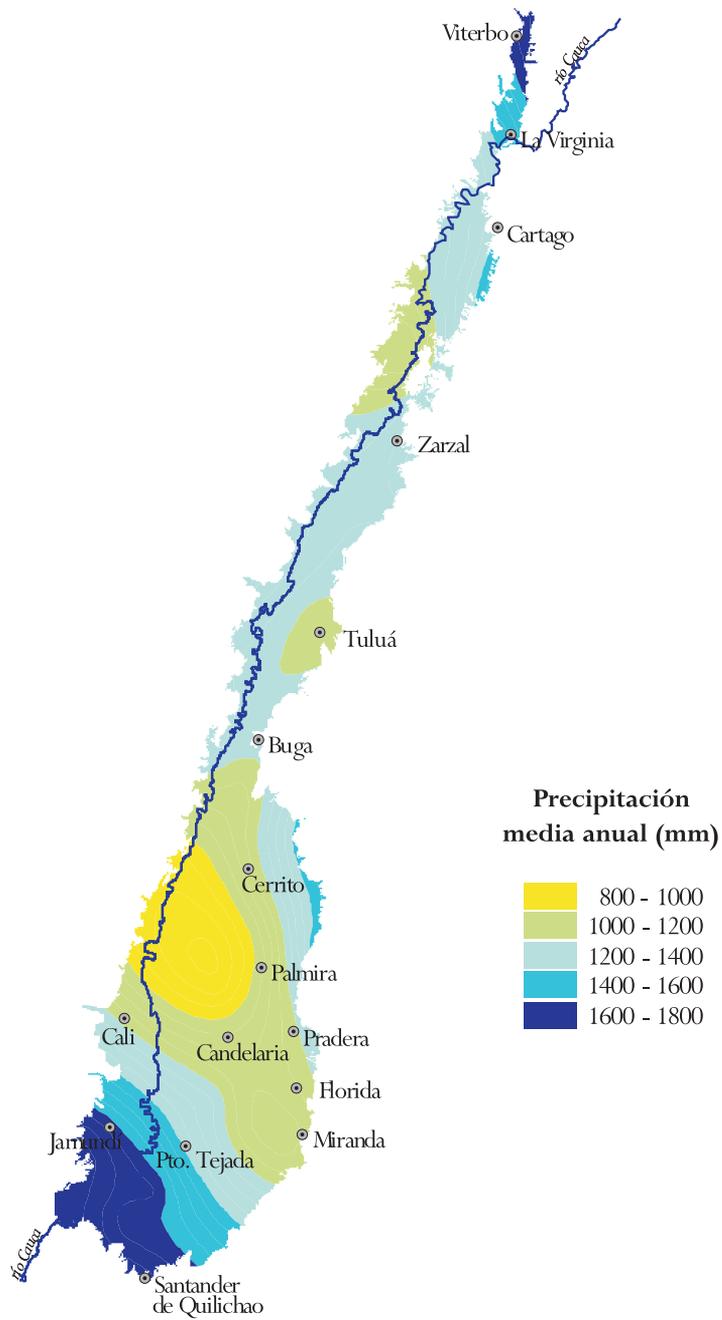


Figura 4. Distribución de la precipitación media anual en el valle del río Cauca.

Generación del balance hídrico. Para generar el balance hídrico se utilizó el programa de geoestadística GS+[®], versión 3.0, que trabaja con el método de interpolación de Kriging (Palma, 2000) y se estimó el variograma para la precipitación y la evaporación. Con base en los resultados obtenidos, se realizaron las interpolaciones para los elementos mencionados.

El variograma para la precipitación y la evaporación fue esférico. Se trazaron las isolíneas (líneas que unen puntos de igual valor de precipitación y evaporación) mediante el programa Surfer[®] versión 6.04, utilizando el método de interpolación de Kriging, modelo esférico. La Figura 4 muestra las isolíneas de precipitación y la Figura 5 las de evaporación y evapotranspiración.

Con el sistema de información geográfica ArcView[®], versión 3.1, se generaron los mapas de precipitación y evapotranspiración en formato “raster”, utilizando celdas de 100 x 100 m. A partir de estos mapas y mediante el SIG, se calculó el balance hídrico celda a celda (Terán *et al*, 1998), mediante la siguiente ecuación:

$$BH = P - 0.7 Ev$$

Donde:

BH: balance hídrico

P: precipitación

Ev: promedio anual de evaporación del tanque

0.7: coeficiente (Kc) de consumo de agua de la caña de azúcar durante el período de rápido crecimiento.

Como resultado se originó el mapa que presenta valores de balance hídrico que varían continuamente en el espacio, los cuales fueron transformados en valores discretos mediante operaciones de reclasificación del SIG. Los valores de déficit o exceso de humedad definidos por el balance hídrico se reclasificaron en intervalos de clase cada 200 mm. En la Figura 6 se muestra el balance hídrico para un año de precipitaciones normales, es decir, aquellas que obedecen a los valores medios históricos en el valle del río Cauca.

En el mapa se observan zonas que presentan déficit de humedad como las ubicadas entre los municipios de El Cerrito, Palmira, Candelaria y Yumbo y en el distrito de riegos Roldanillo-La Unión-Toro (RUT) y otras con excesos como al sur y al norte del valle del río Cauca.

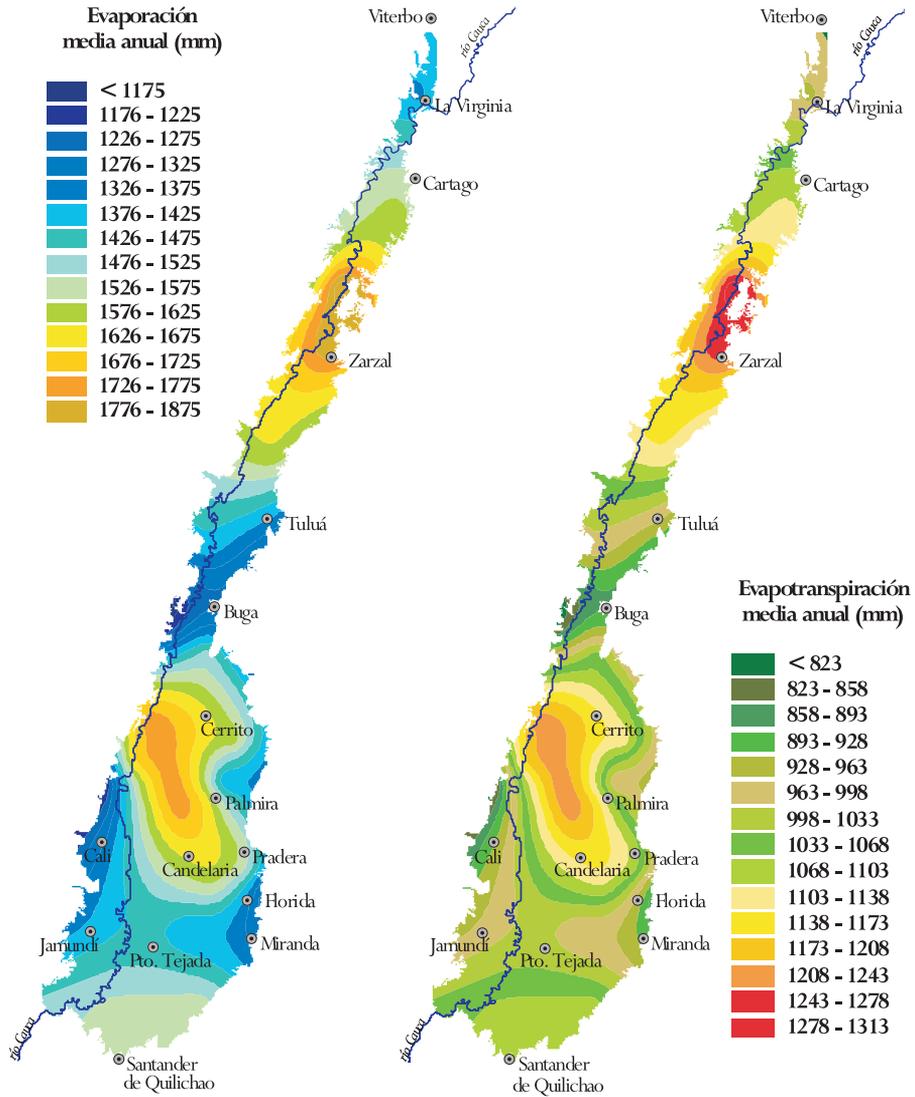


Figura 5. Distribución de la evaporación y la evapotranspiración media anual en el valle del río Cauca.

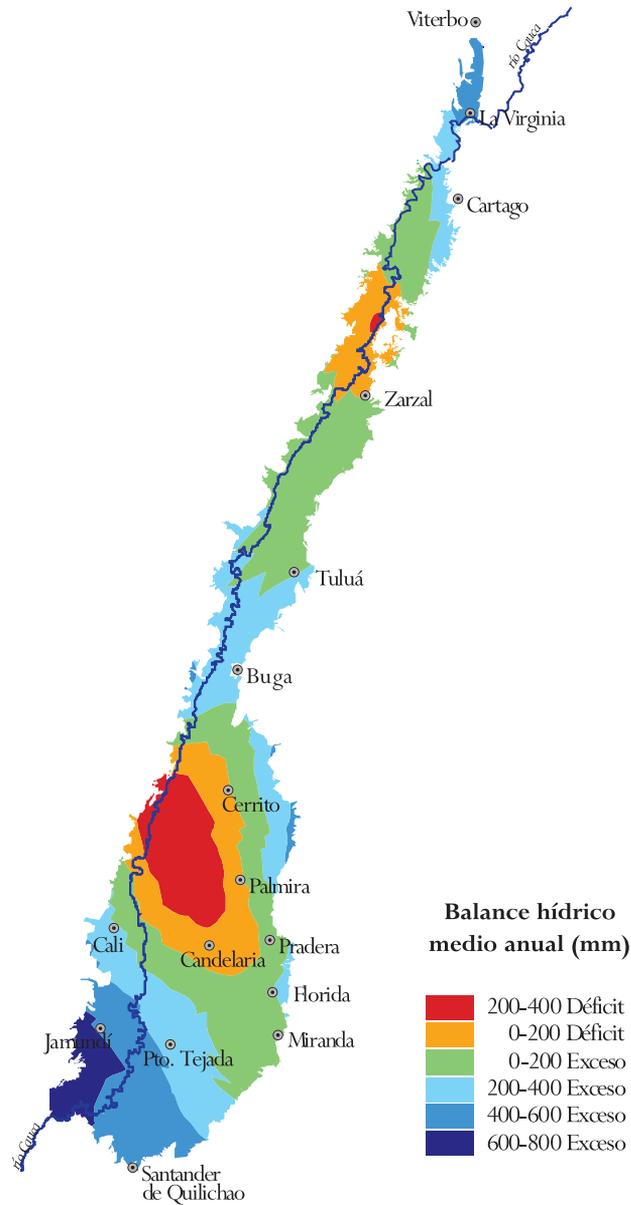


Figura 6. Balance hídrico medio anual en el valle del río Cauca.

Suelo

El suelo se define específicamente como la capa superior de la tierra en donde crecen las plantas.

En 1980, el IGAC y la CVC realizaron el estudio semidetallado de suelos del valle del río Cauca que cubre 375.494 ha, para lo cual se tuvo en cuenta el reconocimiento de suelos elaborado por Reese y Goosen en 1957. El área de este estudio corresponde a la parte plana del valle, entre las cordilleras Central y Occidental y entre los municipios de Santander de Quilichao al sur y Cartago al norte.

Para efectos de esta zonificación agroecológica, la caracterización de suelos se ha hecho con base, primero, en el estudio semidetallado del IGAC en el cual las unidades de mayor detalle son los conjuntos y las consociaciones de suelos y segundo, en la agrupación de suelos realizada por CENICAÑA que tiene como referencia el estudio semidetallado de suelos, la cual se describe más adelante.

CENICAÑA transcribió al SIG las planchas cartográficas correspondientes a los estudios semidetallados de suelos del valle del río Cauca y las de la zona de influencia del Ingenio Risaralda que cubre un área de 9.490 ha. Con esta información en el SIG, es posible relacionar un conjunto de suelos con una suerte de caña de azúcar que se encuentre referenciada geográficamente (Figura 7).

Un conjunto de suelo se define como una unidad de suelo pura sin mezcla con otros conjuntos. En el valle del río Cauca el conjunto predominante es Galpón (GL) con un área de 19.242 ha que representa el 5.1% del área total. Le siguen Manuelita (MN) con 17.837 ha para un 4.7% del área total, Puerto Tejada (PJ), Juanchito (JN), Guadualito (GU), Coke (CK), Río Palo (RO) y Río La Paila (RL). En el Cuadro 1 se relacionan las áreas sembradas con caña de azúcar para los cinco conjuntos predominantes en cada ingenio azucarero.

El área cultivada con caña de azúcar que se menciona en esta publicación tiene como base la información sobre suertes referenciadas geográficamente, suministrada por los ingenios azucareros y los cultivadores de caña durante el período 1998-2000.

Los conjuntos y unidades mixtas (complejo y asociación), definidas éstas como unidades donde aparecen dos suelos, están identificados por letras mayúsculas, acompañadas por letras minúsculas y/o mayúsculas que determinan la fase.

Un ejemplo de conjunto es GUbNaSE, donde GU corresponde al conjunto Guadualito, la letra “b” indica que el terreno tiene una pendiente del 3 al 7%, “Na” que está afectado por sodio, “S” que hay sales y “E” que el terreno es potencialmente encharcable.

Un ejemplo de una asociación es (PL-PT)aNa, donde PL y PT corresponden al nombre de los conjuntos Palmira (PL) y Palmirita (PT). La letra “a” indica que la pendiente del terreno está entre 0 y 3% y “Na” indica que el suelo está afectado por sodio.

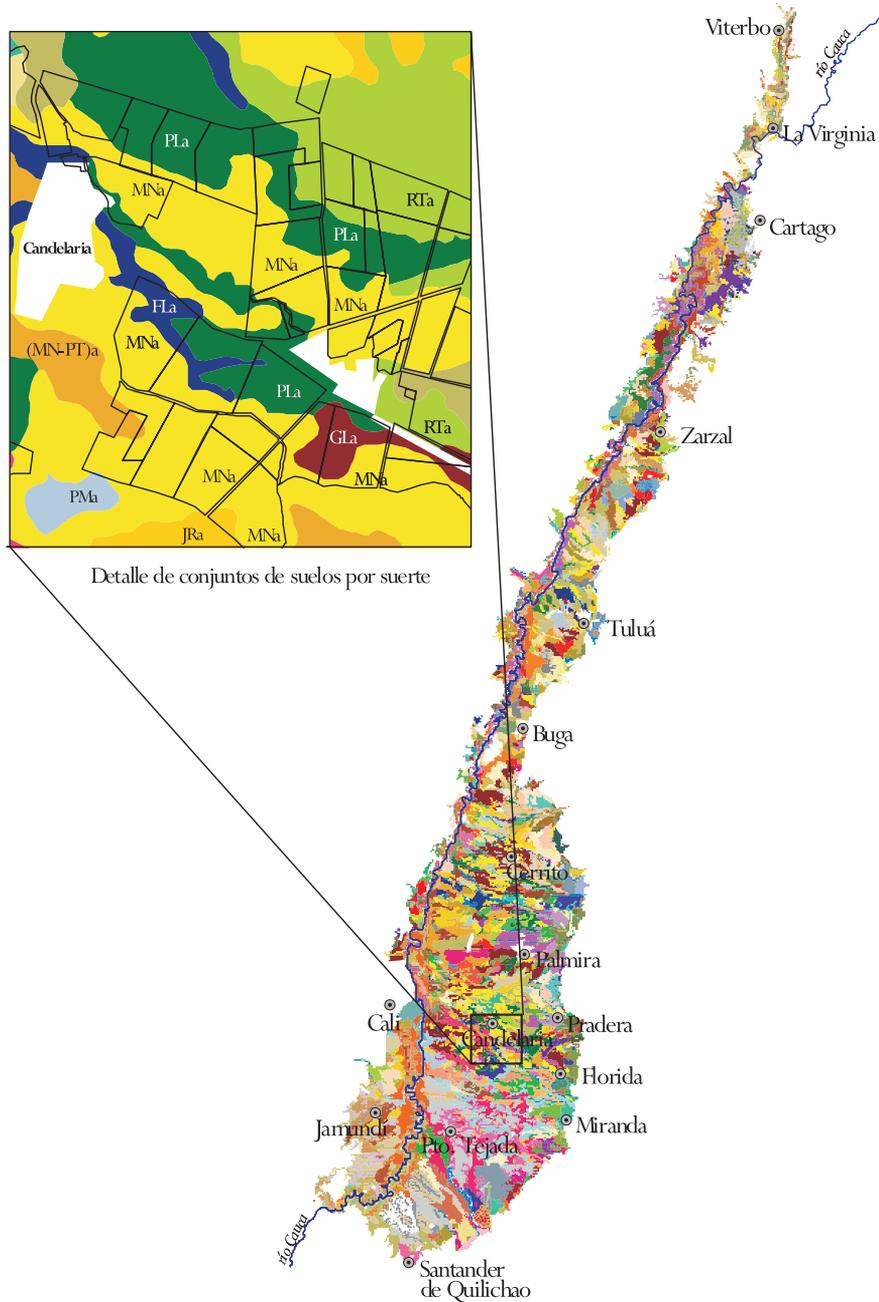


Figura 7. Distribución de los conjuntos de suelo en el valle del río Cauca. Fuente de datos: IGAC-CVC, 1980

Cuadro 1. Conjuntos de suelos predominantes en el área sembrada con caña de azúcar, por ingenio.

Ingenio	Conjunto de suelo	Área con caña de azúcar (ha)	%	Ingenio	Conjunto de suelo	Área con caña de azúcar (ha)	%
Central	PJa	2350	8.5	Pichichí	GLa	1710	10.8
Castilla	GLa	1940	7.1	Pichichí	ESab	1090	6.9
	MNa	1884	6.9		HEa	793	5.0
	LBa	1422	5.2		(GL-PM)a	713	4.5
	RLa	1337	4.9		(CT-GL)a	615	3.9
Central	PSaNa	406	10.5	Providencia	GLa	3600	12.7
Tumaco	HEaNaS	359	9.3	Providencia	MNa	2817	9.9
	(PL-PT)a	348	9.0		(GL-PM)a	1528	5.4
	GLa	336	8.7		GUa	1446	5.1
	GUa	289	7.5		ESab	1337	4.7
Incauca	PJa	3696	9.0	Sancarlos	BUaNa	876	11.6
	RLa	3611	8.7		BUa	657	8.7
	JNa	3029	7.3		PMa	523	6.9
	ROa	2809	6.8		GLa	501	6.6
	BNa	2489	6.0		(GL-HE)aNa	468	6.2
La Cabaña	PJa	2146	13.7	Riopaila	MNa	1378	6.8
	ROa	1840	11.7		(HE-RT)a	1303	6.4
	JNa	1439	9.2		GLa	1275	6.3
	BNa	1373	8.8		CKa	1149	5.7
	RLa	1118	7.1		(GL-PM)a	1124	5.6
Manuelita	GLa	1950	8.0	Risaralda	SOnp	965	8.3
	(PL-PT)a	1571	6.5		CNa	834	7.2
	MNa	1513	6.2		CCfpw	768	6.6
	PLa	1022	4.2		CKa	767	6.6
	MNaNaS	989	4.1		RCa	617	5.3
Mayagüez	MNa	1355	22.6				
	PLa	598	10.0				
	FLa	470	7.8				
	GUa	380	6.3				
	JRa	354	5.9				

Agrupación de suelos. La primera versión sobre agrupación de suelos denominada “Agrupación de los suelos del valle geográfico del río Cauca” fue publicada por Quintero y Castilla en 1992 (Cuadro 2). La conformación de los grupos de suelos se hizo con base en el estudio semidetallado de suelos del valle del río Cauca, elaborado por el IGAC y la CVC (IGAC, 1980).

Para la conformación de los grupos de suelos se tuvieron en cuenta cinco factores:

1. *Clasificación taxonómica:* Distribución y tipo de horizontes, de acuerdo con el Sistema Básico de Clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, conocido como Séptima Aproximación.
2. *Posición geomorfológica:* Localización de los suelos en diques, basines, planicie fluvio-lacustre y planicie aluvial de piedemonte.
3. *Régimen de humedad:* Se consideraron tres regímenes de humedad: ústico, údico y ácuico, definidos de acuerdo con la presencia o ausencia del nivel freático y del agua retenida a presiones inferiores a 15 bares en la sección de control de humedad del suelo.
4. *Familia textural:* Contenido y disposición de la arcilla a lo largo del perfil del suelo.
5. *Drenaje:* Externo, interno y natural.

Los objetivos de la agrupación de suelos realizada en 1992 son: Caracterizar las zonas agroecológicas cultivadas con caña de azúcar en el valle del río Cauca; definir grupos homogéneos de suelos para localizar adecuadamente los experimentos; facilitar la extrapolación de los resultados experimentales a los conjuntos del mismo grupo o a otros conjuntos similares y definir el manejo de los grupos de acuerdo con sus características físicas y químicas y las condiciones climáticas que permitan un manejo similar en labores relacionadas con la preparación del suelo o el levantamiento de socas, la lámina de agua aplicada, la profundidad de siembra y las dosis y épocas de aplicación del nitrógeno.

La agrupación realizada en 1992 tuvo en cuenta 21 conjuntos de suelos y definió diez grupos según su manejo potencial. Posteriormente se caracterizaron otros 77 conjuntos de suelos, se clasificaron con su respectivo grupo de suelos (Anexo 1) y se involucran en la presente zonificación agroecológica. En el Cuadro 3 se puede observar que el grupo de suelos 2 predomina con 79.550 ha para un 20.7% y sembradas con caña de azúcar

hay 37.899 ha para un 18.8% del área total con caña. Le siguen los grupos de suelos 6 (76.882 ha, 20.0%) y con caña 46.221 ha (22.9%), 9 (68.279 ha, 17.3%) y con caña 32.517 ha (16.1%), 5 (39.047 ha, 10.2%) y con caña 24.391 ha (12.1%) y 10 (35.764 ha, 9.3%) y con caña 12.239 ha (6.1%).

Es importante que el cultivador disponga del estudio detallado de suelos de su hacienda. Con la información suministrada en el estudio detallado y la que se encuentra en el Anexo 1, se puede conocer la agrupación a la cual pertenece cada conjunto de suelo.

En la Figura 8 se muestra el plano con la distribución de los diez grupos de suelos para el valle del río Cauca. La distribución del área sembrada con caña de azúcar en cada ingenio en los diez grupos de suelos se muestra en el Cuadro 4. En el Anexo 2 se presenta una descripción de cada uno de los conjuntos de suelos más importantes por agrupación.

Cuadro 2. Características principales de los diez grupos de suelos.

Grupo según su manejo potencial	Características principales
1	Suelos profundos, bien drenados y de alta fertilidad (Mollisols secos).
2	Suelos moderadamente profundos, bien drenados y de alta fertilidad (Mollisols e Inceptisols secos).
3	Mollisols secos, superficiales y de mediana a baja fertilidad.
4	Mollisols secos, arenosos y superficiales.
5	Mollisols húmedos, profundos pero con horizontes inferiores masivos.
6	Suelos arcillosos, imperfectamente drenados y de alta fertilidad (Vertisols secos).
7	Suelo arcilloso, moderadamente profundo y pobremente drenado (Vertisols húmedos).
8	Suelos moderadamente profundos, con grietas, imperfectamente drenados y de fertilidad mediana a alta (Inceptisols secos).
9	Suelos superficiales, con grietas, pobremente drenados y de baja fertilidad (Inceptisols y Entisols muy húmedos).
10	Suelo superficial limitado por horizontes compactados subsuperficiales (Alfisols).

Fuente: Quintero y Castilla, 1992.

Cuadro 3. Distribución del área por agrupación de suelo en el valle del río Cauca y sembrada con caña de azúcar.

Grupo de Suelo	Valle del río Cauca		Sembrado con caña de azúcar	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
2	79550	20.7	37899	18.8
6	76882	20.0	46221	22.9
9	68279	17.8	32517	16.1
5	39047	10.2	24391	12.1
10	35764	9.3	12239	6.1
8	26118	6.8	14448	7.2
1	21818	5.7	14367	7.1
3	15551	4.0	6700	3.3
4	11193	2.9	6120	3.0
7	10203	2.7	7074	3.5

Cuadro 4. Distribución del área por agrupación de suelo sembrada con caña de azúcar para cada ingenio azucarero.

Ingenio	Área (ha) en cada agrupación de suelos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Central Castilla	3774	4491	1453	690	5162	3872	235	1051	3895	2852
Central Tumaco	456	750	17	12	92	1822	–	85	143	487
Incauca	611	2470	1110	1791	10722	2373	1406	6212	12418	2115
La Cabaña	–	808	73	178	5091	76	18	2094	6291	1026
Manuelita	4359	7613	900	1633	819	6135	72	600	1228	895
Mayagüez	1164	2132	88	840	610	1001	4	96	51	3
Pichichí	1107	2522	1206	192	73	7911	332	425	1293	747
Providencia	2354	7146	1646	666	916	10661	119	1482	1124	2219
Riopaila	391	6222	–	105	243	7614	2910	604	1839	305
Risaralda	77	3078	106	–	652	699	445	1276	3879	1386
Sancarlos	74	667	101	13	11	4057	1533	523	356	204

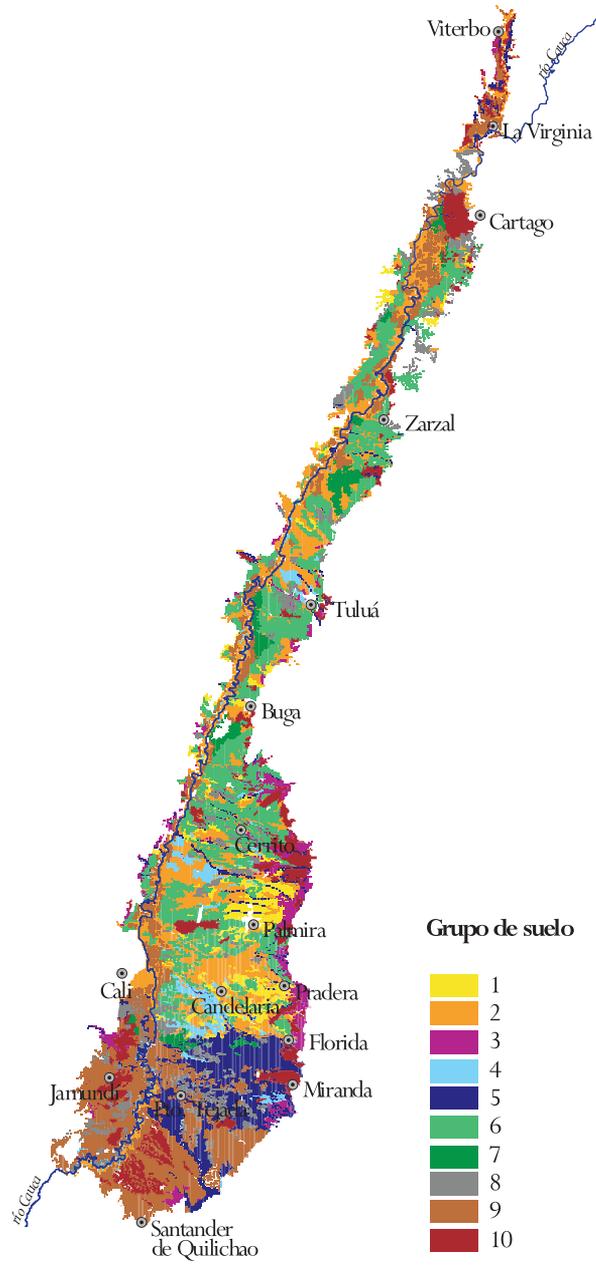


Figura 8. Distribución de los grupos de suelos en el valle del río Cauca.

Grupos de humedad

Son grupos conformados por los niveles de déficit o exceso de agua en el suelo (balance hídrico), medidos en mm/año y la permeabilidad del suelo. Los niveles van desde el déficit de agua hasta más de 600 mm de exceso por año. La permeabilidad se califica en baja, media y alta. Los grupos de humedad identifican los campos donde se presentan condiciones normales y aquellos donde prevalecen condiciones difíciles debido a la alta precipitación y a la baja permeabilidad del suelo (Torres *et al*, 2000).

La producción de caña es menor en zonas con exceso de agua por el estrés que sufre el cultivo durante su desarrollo. Por lo tanto, es necesario encontrar opciones de manejo del cultivo que disminuyan los efectos negativos que el exceso de agua tiene sobre el cultivo. En condiciones normales, los campos se pueden manejar usando la tecnología tradicional pero, durante un período de exceso de agua, es necesario adoptar estrategias específicas para estas condiciones.

La agricultura específica por sitio, cuyo objetivo es maximizar la rentabilidad del cultivo, requiere estrategias sobre el manejo del déficit o el exceso de agua, condiciones que son determinantes para el crecimiento y producción de caña. Estas estrategias deben tener como base el comportamiento del nivel freático como un elemento importante en el balance de humedad en el suelo.

No existen mapas del valle del río Cauca que muestren las áreas afectadas por niveles freáticos superficiales y, además, se dificulta obtener información técnica sobre su distribución espacial y variabilidad temporal. Esto motivó la búsqueda de otro tipo de información que identificara las zonas que pueden presentar situaciones de exceso de humedad. Por lo tanto, se tomó la caracterización del drenaje natural de los conjuntos de suelo descritos en el estudio semidetallado de suelos del IGAC (1980), se agruparon los conjuntos con características similares en relación con el drenaje y se elaboró el mapa de equivalencias de permeabilidad, el cual se presenta en la Figura 9.

La permeabilidad del suelo está directamente relacionada con el drenaje y el nivel freático del suelo. La equivalencia entre el drenaje y la permeabilidad se efectuó así: Drenaje natural bueno a moderadamente bueno se hizo equivalente a permeabilidad alta; drenaje natural imperfecto a moderadamente imperfecto se hizo equivalente a permeabilidad media y drenaje pobre a muy pobre se hizo equivalente a permeabilidad baja (Figura 9).

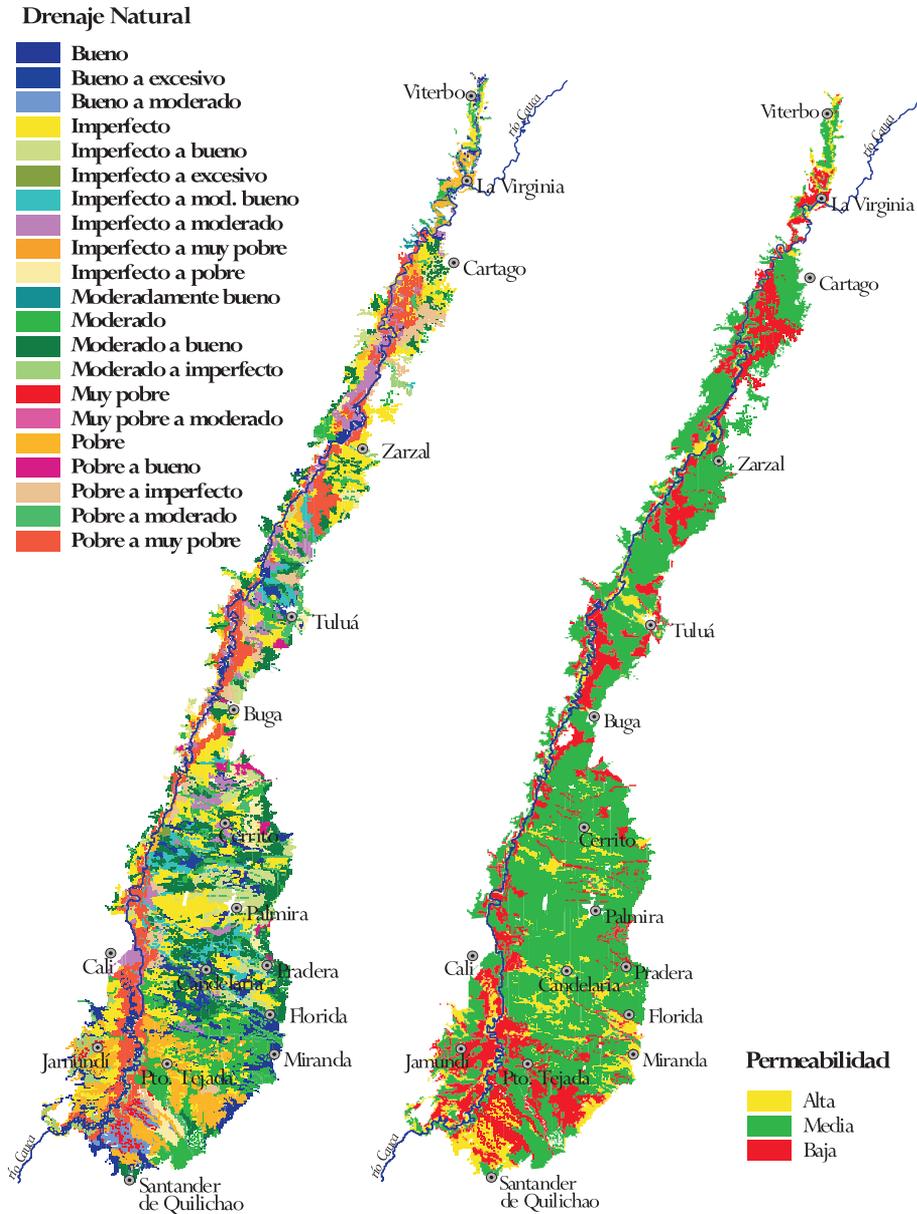


Figura 9. Distribución del drenaje natural y la permeabilidad en el valle del río Cauca.

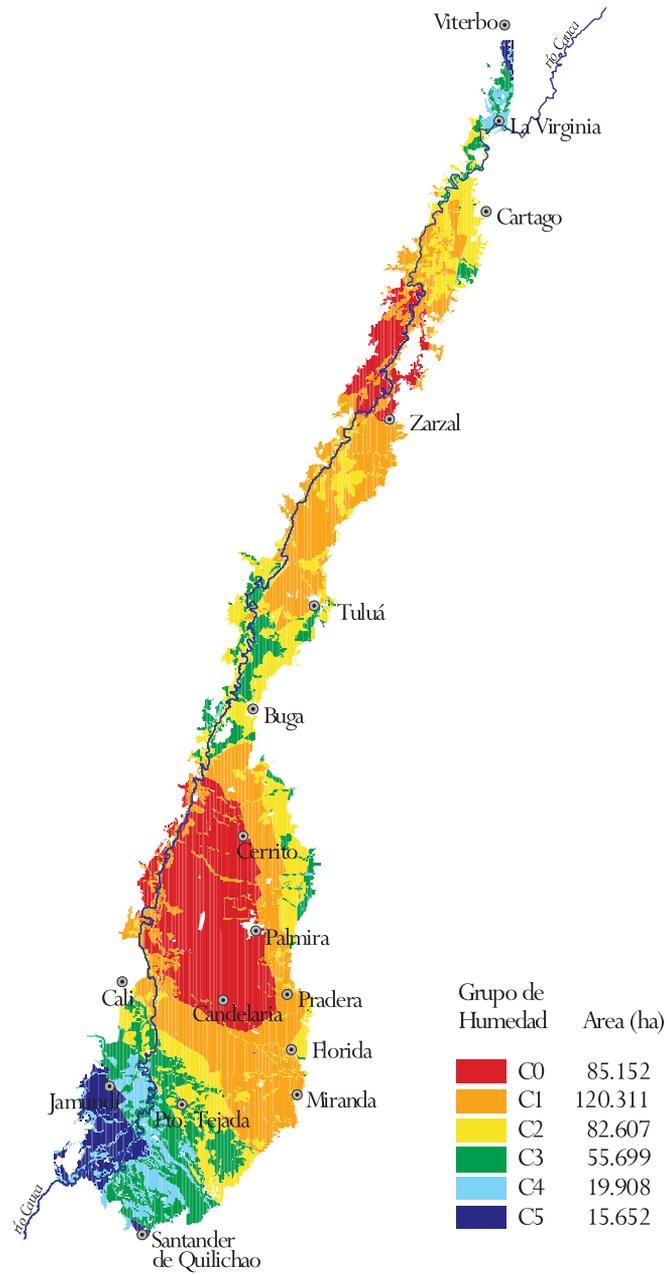


Figura 10. Grupos de humedad para un año de valores medios de balance hídrico en el valle del río Cauca.

El otro factor a tener en cuenta en la definición de los grupos de humedad es el balance hídrico. CENICAÑA cuenta con mapas históricos del balance hídrico del valle del río Cauca, en donde se pueden identificar las zonas que presentan excesos o déficit de agua durante el año (Figura 6).

La superposición de los dos mapas temáticos, balance hídrico y permeabilidad de los suelos, identifica la magnitud y la distribución de las áreas afectadas por diferentes grados de humedad, las cuales fueron clasificadas en seis grupos de humedad cuyas condiciones de manejo se ajustan al efecto combinado de la magnitud del exceso de humedad y de la permeabilidad del suelo.

En el Cuadro 5 se relacionan los seis grupos de humedad (C0, C1, C2, C3, C4 y C5), asociados con los niveles de humedad (déficit, bajo, medio, alto y muy alto) y la permeabilidad (baja, media y alta). La distribución espacial de los grupos de humedad, definidos para un año caracterizado por valores medios históricos, se presenta en la Figura 10.

A continuación se describen las características más importantes de los grupos de humedad y las posibles alternativas de manejo para cada condición en particular.

C0: Déficit de humedad. Zonas con déficit de humedad y permeabilidad del suelo media a alta donde con frecuencia hay presencia de sales. Es necesario evitar los niveles freáticos superficiales por los riesgos de salinización de estos suelos. La instalación de drenaje subterráneo puede estar ligada a la recuperación de suelos salinos y/o sódicos.

C1: Humedad normal. Se incluyen las áreas con exceso de humedad inferior a 200 mm/año y permeabilidad del suelo media a alta y aquellas en donde, a pesar de presentar déficit de humedad en los períodos húmedos, puede haber encharcamientos debido a la poca pendiente del terreno o por tener suelos de permeabilidad baja. En este grupo son convenientes la nivelación y el aporque.

C2: Humedad baja. Áreas con exceso de humedad entre 200 y 400 mm/año y suelos de permeabilidad media a alta y áreas con nivel bajo de excesos (menor de 200mm/año) y suelos de permeabilidad baja. Es conveniente contar con campos bien nivelados, sistema adecuado de canales de drenaje y aporque.

C3: Humedad media. Este grupo incluye áreas con exceso de humedad entre 400 y 600 mm/año y suelos de permeabilidad media a alta y áreas con un exceso menor de 200 a 400 mm/año con suelos de permeabilidad baja. En

esta zona es conveniente la nivelación de precisión, canales colectores profundos para evacuar excesos de agua de escorrentía, drenajes entubados en casos necesarios y trazar drenes topos en los suelos de permeabilidad baja. Además, es conveniente una dosis adicional de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo, aporque alto y siembra de variedades que toleren la humedad.

C4: Humedad alta. Incluye áreas con exceso de humedad superior a 600 mm/año con suelos de permeabilidad alta y áreas con excesos entre 400 y 600 mm/año en donde predominan los suelos arcillosos de permeabilidad baja y relieve plano. En estos sitios es deseable la nivelación de precisión, surcos cortos (menores de 120 m de longitud), sistema de drenaje entubado combinado con drenaje topo, canales colectores abiertos y profundos y sistema de bombeo de aguas de drenaje en sitios con limitaciones para su evacuación por gravedad. También es conveniente el aporque alto, la siembra en el lomo de los surcos, siembra de variedades que toleren la humedad, aplicación suplementaria de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo y la cosecha sólo en períodos secos.

C5: Humedad muy alta. Áreas con exceso de humedad superior a 600 mm/año en donde predominan los suelos arcillosos con permeabilidad baja a media y relieve plano. En este grupo es aún más conveniente la nivelación de precisión y surcos cortos (menores de 120 m de longitud). Es aconsejable un sistema de canales abiertos para el drenaje subterráneo combinados con drenajes topo. También un sistema de canales colectores profundos, estaciones para el bombeo de aguas de drenaje interno y superficial en sitios con limitaciones para la evacuación por gravedad. Se justifica además el aporque alto, la siembra en el lomo de los surcos, siembra de variedades que toleren la humedad, aplicación suplementaria de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo y cosecha manual sólo en los períodos secos.

En el valle del río Cauca, en un año con precipitación media, predomina el grupo de humedad C1 en un área de 120.311 ha. Le siguen en importancia, por el área que cubren, los grupos C0 (82.152 ha), C2 (82.067 ha), C3 (55.699 ha), C4 (19.908 ha) y C5 (15.652 ha)(Figura 10). La distribución del área sembrada con caña de azúcar en los grupos de humedad para cada ingenio se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Grupos de humedad (C0, C1, C2, C3, C4, C5) según los niveles de exceso y permeabilidad del suelo.

Nivel de humedad (mm/año)		Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Muy alto	>600	C5	C5	C4
Alto	400 - 600	C4	C3	C3
Medio	200 - 400	C3	C2	C2
Bajo	0 - 200	C2	C1	C1
Déficit		C1	C0	C0

Cuadro 6. Distribución del área por grupos de humedad.

Ingenio	Área (ha) en cada grupo de humedad					
	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Central Castilla	7369	13136	4107	2791	72	–
Central Tumaco	2625	1073	166	–	–	–
Incauca	1469	14169	10822	9008	4663	1097
La Cabaña	93	2459	3532	5983	2875	713
Manuelita	15948	6100	1990	216	–	–
Mayagüez	4326	1532	131	–	–	–
Pichichí	3334	4883	5209	2382	–	–
Providencia	14975	8713	2997	1578	70	–
Riopaila	991	14465	4775	2	–	–
Risaralda	354	2478	4349	3004	1406	2
Sancarlos	–	2504	2601	2434	–	–

Resultados

Zonas agroecológicas

Las zonas agroecológicas integran elementos de suelo y clima y caracterizan condiciones relativamente homogéneas que inciden en el manejo agronómico del cultivo y en la producción. Son el resultado de la unión de los grupos de humedad para un año donde predominan los valores medios históricos de precipitación y de los grupos de suelos (Figura 2). La integración de estos dos componentes mediante los sistemas de información geográfica (SIG) indica que en un año de valores medios históricos de precipitación existen 51 zonas (Figura 11).

La identificación de las zonas obedece a una sigla que hace referencia a los grupos de suelos y de humedad. Así, el número inicial se refiere al grupo de suelos y la letra 'C' (condición de humedad) con su respectivo número indica el grupo de humedad. Por ejemplo, la zona 1C0 (uno-C-cero) se caracteriza por suelos del grupo 1 y condición de humedad 0.

En el Cuadro 7 se presenta la distribución de las zonas agroecológicas, de acuerdo con el área que ocupan en el valle del río Cauca y sembrada con caña de azúcar. La zona agroecológica predominante es la 2C1 que ocupa un área de 32.516 ha y representa el 8.6% del área del valle del río Cauca y sembradas con caña de azúcar hay 13.035 ha para un 6.5% del área con caña de azúcar. Le siguen las zonas 2C0 con 31.726 ha (8.3%) y con caña 18.951 ha (9.4%), 6C1 con 30.353 ha (8.0%) y con caña 20.382 ha (10.1%) y 6C0 con 27.466 ha (7.2%) y con caña 17.469 (8.6%).

Para cualquier suerte o hacienda referenciada geográficamente, CENICAÑA tiene a disposición el CD-ROM del "Atlas agroclimático y de producción de la agroindustria azucarera colombiana" (Ortiz y Carbonell, 2001), donde se puede conocer a qué zona agroecológica pertenece. En este CD-ROM hay información de cada ingenio con sus zonas agroecológicas. En el Cuadro 8 se muestra la distribución del área sembrada con caña de azúcar en cada zona agroecológica por ingenio.

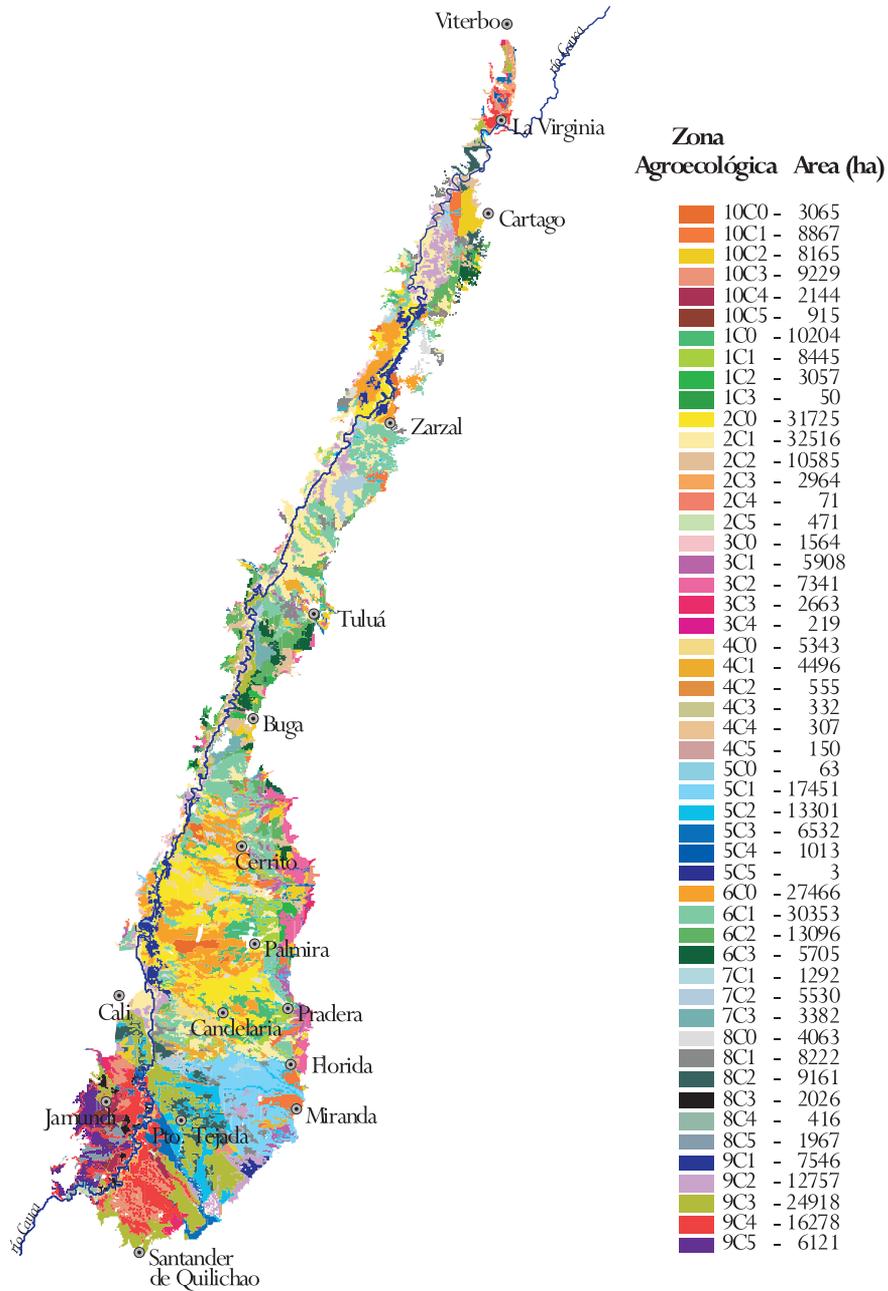


Figura 11. Distribución de las 51 zonas agroecológicas para el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca.

Cuadro 7. Distribución por área de las 51 zonas agroecológicas en el valle del río Cauca y del área sembrada con caña de azúcar.

Zona Agroecológica	Valle del río Cauca		Área con caña	
	(ha)	%	(ha)	%
1C0	10204	2.7	7468	3.7
1C1	8445	2.2	5497	2.7
1C2	3057	0.8	1402	0.7
1C3	50	0.0	–	0.0
2C0	31726	8.3	18951	9.4
2C1	32516	8.6	13035	6.5
2C2	10585	2.8	3690	1.8
2C3	2964	0.8	1912	0.9
2C4	71	0.0	44	0.0
2C5	471	0.1	267	0.1
3C0	1564	0.4	306	0.2
3C1	5908	1.6	3550	1.8
3C2	7342	1.9	2293	1.1
3C3	2663	0.7	551	0.3
3C4	220	0.1	–	0.0
4C0	5344	1.4	3057	1.5
4C1	4496	1.2	2467	1.2
4C2	555	0.1	356	0.2
4C3	332	0.1	77	0.0
4C4	307	0.1	148	0.1
4C5	150	0.0	15	0.0
5C0	63	0.0	44	0.0
5C1	17451	4.6	12839	6.4
5C2	13301	3.5	8252	4.1
5C3	6532	1.7	2772	1.4

Continúa

Cuadro 7. Continuación

Zona Agroecológica	Valle del río Cauca		Área con caña	
	(ha)	%	(ha)	%
5C4	1013	0.3	482	0.2
5C5	3	0.0	2	0.0
6C0	27466	7.2	17469	8.6
6C1	30353	8.0	20382	10.1
6C2	13096	3.4	5847	2.9
6C3	5706	1.5	2523	1.2
7C1	1292	0.3	847	0.4
7C2	5530	1.5	4601	2.3
7C3	3382	0.9	1626	0.8
8C0	4063	1.1	2462	1.2
8C1	8222	2.2	4137	2.0
8C2	9161	2.4	6155	3.0
8C3	2027	0.5	909	0.5
8C4	416	0.1	10	0.0
8C5	1967	0.5	775	0.4
9C1	7547	2.0	3992	2.0
9C2	12757	3.4	5821	2.9
9C3	24919	6.6	14622	7.2
9C4	16278	4.3	7412	3.7
9C5	6121	1.6	670	0.3
10C0	3065	0.8	1727	0.9
10C1	8867	2.3	4766	2.4
10C2	8165	2.1	2262	1.1
10C3	9229	2.4	2406	1.2
10C4	2144	0.6	990	0.5
10C5	915	0.2	83	0.0

Cuadro 8. Distribución del área por zona agroecológica en cada ingenio.

ZA	Área por ingenio (ha)										
	CC	CT	CA	CB	MN	MY	PI	PR	RP	RI	SC
5C1	3596	33	5834	1686	516	536	52	574	12	-	-
2C0	2657	585	442	5	6594	1844	703	5451	523	147	-
9C3	2600	-	5697	3321	33	-	1035	194	-	1433	309
10C1	2591	68	285	376	139	-	308	663	99	237	-
1C0	2364	293	165	-	1934	991	406	1260	-	55	-
6C0	2067	1231	603	76	4788	839	1554	5917	247	147	-
2C1	1725	144	972	-	856	288	466	1050	5695	1477	362
6C1	1567	508	1577	-	1258	146	3285	3490	6778	251	1522
1C1	1408	160	431	-	1813	132	127	945	391	22	68
5C2	1400	59	4100	2030	227	74	13	65	231	42	11
9C2	926	-	1628	298	178	-	154	70	1205	1315	47
3C1	916	17	932	18	269	88	423	786	-	-	101
8C2	608	-	3348	1130	2	-	52	-	-	931	84
3C2	537	-	-	-	510	-	658	588	-	-	-
4C1	432	-	1182	79	220	264	86	153	39	-	12
8C1	396	-	1820	294	12	23	32	192	589	340	439
9C1	297	143	806	-	1017	51	104	860	634	80	-
6C2	238	83	193	-	51	16	2144	598	589	287	1648
10C2	236	-	99	27	240	-	224	828	-	429	179
4C0	234	12	239	12	1412	576	66	506	-	-	-
7C1	208	-	330	6	-	4	-	-	228	71	-
5C3	166	-	776	1286	76	-	8	163	-	297	-
2C2	109	21	116	35	163	-	1321	645	4	971	305
9C4	72	-	3850	2439	-	-	-	-	-	1051	-
8C0	47	85	20	-	586	73	341	1290	15	5	-
7C2	27	-	1074	12	7	-	57	47	2682	374	321
10C3	25	-	964	317	-	-	-	360	-	715	25

Continúa

Cuadro 8. Continuación

ZA	Área por ingenio (ha)										
	CC	CT	CA	CB	MN	MY	PI	PR	RP	RI	SC
4C2	24	-	249	-	-	-	12	7	64	-	-
1C2	2	3	15	-	612	41	574	149	-	-	6
2C3	-	-	940	501	-	-	32	-	-	439	-
10C4	-	-	725	265	-	-	-	-	-	-	-
8C5	-	-	618	157	-	-	-	-	-	-	-
9C5	-	-	437	233	-	-	-	-	-	-	-
8C3	-	-	406	503	-	-	-	-	-	-	-
3C3	-	-	178	55	3	-	76	133	-	106	-
4C4	-	-	76	72	-	-	-	-	-	-	-
4C3	-	-	45	-	1	-	28	-	2	-	1
10C5	-	-	42	41	-	-	-	-	-	-	-
5C4	-	-	12	89	-	-	-	70	-	311	-
7C3	-	-	2	-	65	-	275	72	-	-	1212
8C4	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
4C5	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-
2C5	-	-	-	267	-	-	-	-	-	-	-
10C0	-	419	-	-	516	3	215	368	206	-	-
2C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-
3C0	-	-	-	-	118	-	49	139	-	-	-
5C0	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-
5C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
6C3	-	-	-	-	38	-	928	656	-	14	887

Convenciones:

ZA = Zona agroecológica

CC = Central Castilla

CT = Central Tumaco

CA = Incauca

CB = La Cabaña

MN = Manuelita

MY = Mayagüez

PI = Pichichí

PR = Providencia

RP = Riopaila

RI = Risaralda

SC = Sancarlos

Aplicaciones de la zonificación agroecológica. La zonificación agroecológica permite cuantificar la extensión de áreas con determinadas cualidades, evaluar su aptitud para el cultivo de la caña, estimar el potencial de productividad según niveles de insumos, identificar las prácticas de cultivo que contribuyen al incremento del rendimiento y analizar el comportamiento de variedades en diferentes condiciones de suelo y clima.

Ubicación de variedades. Los datos de producción comercial desde 1990 hasta 2000 para la variedad CC 85-92, se asociaron con la suerte cosechada (referenciada geográficamente) y su respectiva zona agroecológica. Se observa un comportamiento superior de la variedad en varias zonas agroecológicas, en comparación con otras variedades sembradas en la misma zona y otras donde la productividad es menor.

Los resultados indican que hay zonas agroecológicas apropiadas para que ésta u otra variedad expresen su potencial genético en términos de producción de caña y contenido de sacarosa. La zonificación agroecológica les da a los ingenios y cultivadores mejores elementos de decisión al escoger los sitios en donde debe sembrarse una variedad (Figura 12).

Análisis de la productividad. El análisis de la productividad en las zonas agroecológicas con seis de las variedades más cosechadas entre 1990 y 2000 (promedios corregidos por edad y número de corte) muestra diferencias entre variedades para la producción de caña, el contenido de sacarosa y la producción de azúcar entre y dentro de las zonas agroecológicas.

Se observa que las mayores diferencias entre zonas agroecológicas se deben a la producción de caña por hectárea (Cuadro 9), mientras que dentro de una zona las mayores diferencias se deben al rendimiento (Cuadro 10).

Las variaciones dentro de una zona agroecológica pueden tener su explicación en el manejo agronómico de las plantaciones. El paso siguiente será analizar las relaciones entre manejo y productividad para definir estándares de manejo por zona agroecológica. De esta forma se busca aprovechar el potencial productivo de cada sitio.

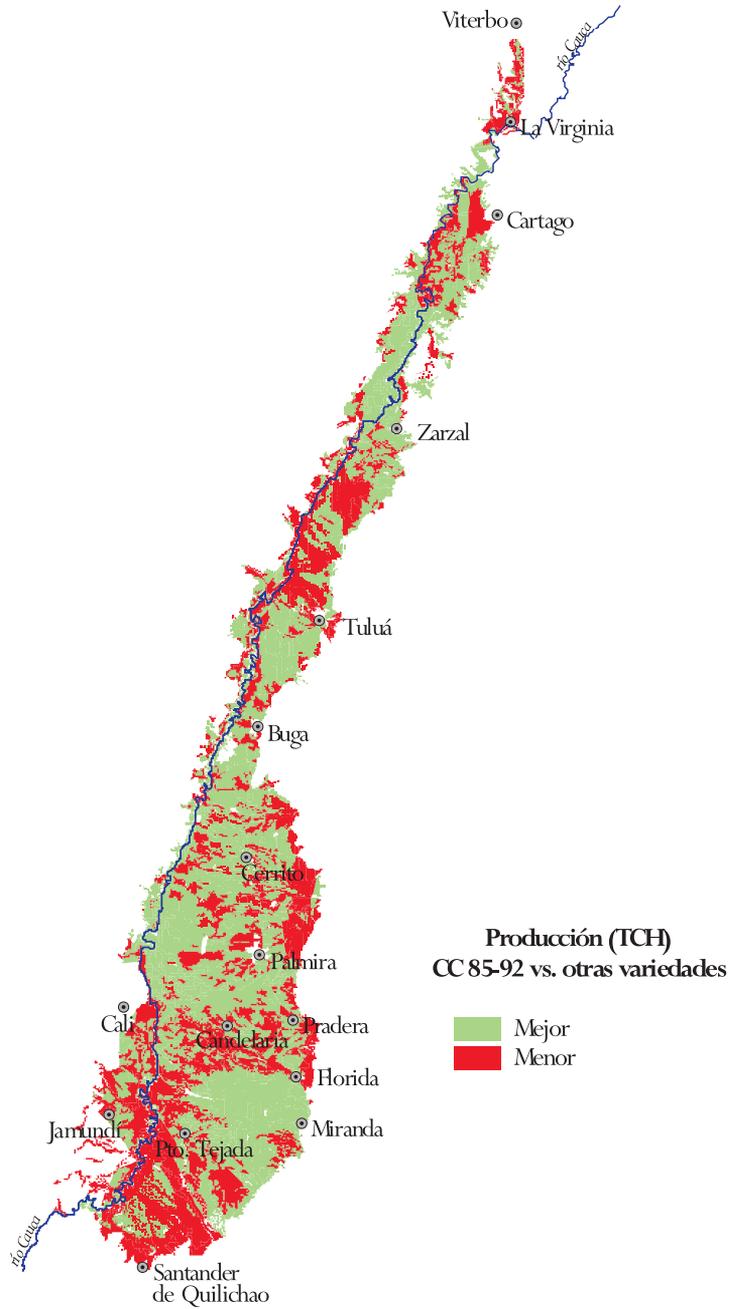


Figura 12. Producción en toneladas de caña por hectárea (TCH) de la variedad CC 85-92 en relación con otras variedades.

Cuadro 9. Promedio de toneladas de caña por hectárea (TCH) durante el período 1990-2000 por zona agroecológica para seis variedades de caña de azúcar en el valle del río Cauca.

Zona Agroecológica	TCH por variedad						Promedio por zona
	CC 84-75	CC 85-92	MZC 74-275	PR 61-632	RD 75-11	V 71-51	
10C0	129.6	126.1	115.8	125.6	128.3	121.6	124.5
10C1	114.5	116.3	105.1	105.2	104.8	102.6	108.1
10C2	114.2	122.8	116.1	123.2	101.2	107.8	114.2
10C3	114.7	121.3	116.9	116.5	95.8	114.6	113.3
10C4	98.5	108.8	–	–	105.3	97.7	102.6
1C0	144.1	139.0	118.7	137.2	139.8	135.2	135.7
1C1	136.3	133.1	117.5	127.8	129.0	128.6	128.7
1C2	140.6	130.5	117.2	133.4	–	131.6	130.6
2C0	134.8	141.7	122.4	135.2	134.1	133.9	133.7
2C1	132.4	132.0	120.4	124.9	119.8	131.2	126.8
2C2	125.5	129.2	122.2	127.6	117.3	131.9	125.6
2C3	130.9	129.3	122.2	128.9	126.5	119.7	126.2
2C5	–	121.8	115.2	–	–	–	118.5
3C0	124.5	–	–	–	–	116.9	120.7
3C1	107.8	112.9	102.8	102.7	107.3	113.5	107.8
3C2	111.0	111.7	102.5	110.6	106.5	113.9	109.4
3C3	115.2	111.1	98.6	99.5	107.9	94.4	104.5
4C0	140.1	140.5	120.4	144.5	143.5	139.4	138.1
4C1	119.1	119.5	113.0	99.9	–	122.8	114.8
4C2	–	–	114.7	–	–	143.6	129.2
4C3	–	–	110.5	–	–	–	110.5
4C4	–	–	111.6	–	–	–	111.6

Continúa

Cuadro 9. Continuación

Zona Agroecológica	TCH por variedad						Promedio por zona
	CC 84-75	CC 85-92	MZC 74-275	PR 61-632	RD 75-11	V 71-51	
5C0	–	–	118.5	–	–	–	118.5
5C1	118.2	118.6	111.0	113.5	115.4	117.5	115.7
5C2	116.0	125.7	116.2	122.8	119.1	117.0	119.5
5C3	110.7	112.5	116.8	116.7	112.1	102.2	111.8
5C4	–	–	106.9	107.8	–	115.3	110.0
6C0	132.5	137.1	121.3	125.3	133.9	127.7	129.6
6C1	123.4	126.9	114.6	116.2	116.7	123.2	120.2
6C2	122.6	125.8	109.5	110.4	105.9	115.6	115.0
6C3	113.6	124.7	116.4	118.8	106.4	120.0	116.7
7C1	130.8	134.2	113.1	–	–	106.6	121.2
7C2	122.6	120.1	111.2	111.4	126.0	118.7	118.3
7C3	132.0	136.3	118.6	118.9	–	125.9	126.3
8C0	144.0	133.3	126.0	147.2	144.0	140.7	139.2
8C1	121.6	133.3	112.4	109.7	113.2	117.9	118.0
8C2	115.6	124.0	116.9	120.2	115.6	118.9	118.5
8C3	–	125.4	119.3	–	97.9	97.3	110.0
8C5	–	–	–	–	109.5	114.9	112.2
9C1	106.4	131.2	120.2	111.9	104.9	123.3	116.3
9C2	121.0	125.4	117.4	112.9	110.2	131.7	119.8
9C3	114.8	116.5	109.7	117.6	110.5	114.4	113.9
9C4	112.7	110.9	115.1	119.8	108.3	112.2	113.2
9C5	–	–	–	–	106.1	–	106.1
Promedio por variedad	122.6	125.3	114.9	119.5	115.8	119.5	119.6

Cuadro 10. Promedio del rendimiento comercial durante el período 1990-2000 por zona agroecológica, para seis variedades de caña de azúcar en el valle del río Cauca.

Zona Agroecológica	Rendimiento por variedad						Promedio por zona
	CC 84-75	CC 85-92	MZC 74-275	PR 61-632	RD 75-11	V 71-51	
10C0	10.3	11.8	11.4	11.2	10.2	10.9	11.0
10C1	11.6	12.0	12.0	11.0	10.9	11.7	11.5
10C2	11.6	12.1	12.1	11.4	11.0	11.9	11.7
10C3	11.3	11.9	11.6	11.1	10.8	11.6	11.4
10C4	11.3	11.7	–	–	10.6	10.8	11.1
1C0	11.1	11.7	11.9	10.7	11.0	10.9	11.2
1C1	11.2	11.8	11.7	11.0	10.7	11.3	11.3
1C2	10.8	12.0	11.7	11.0	–	11.2	11.3
2C0	11.1	11.6	11.6	10.9	11.3	11.0	11.3
2C1	11.0	11.4	11.7	10.9	11.0	11.4	11.2
2C2	10.8	11.7	11.9	10.9	11.0	11.1	11.3
2C3	10.6	11.0	11.3	10.6	10.4	11.6	10.9
2C5	–	11.0	11.0	–	–	–	11.0
3C0	11.6	–	–	–	–	11.8	11.7
3C1	11.8	11.8	11.7	11.3	10.7	11.6	11.5
3C2	11.6	12.1	11.6	11.0	10.9	11.5	11.4
3C3	11.3	11.7	11.7	11.4	10.5	11.8	11.4
4C0	11.1	11.3	11.5	11.1	10.9	11.1	11.2
4C1	10.7	11.3	11.3	10.4	–	11.0	10.9
4C2	–	–	11.4	–	–	10.2	10.8
4C3	–	–	10.8	–	–	–	10.8
4C4	–	–	11.5	–	–	–	11.5
5C0	–	–	12.0	–	–	–	12.0
5C1	10.9	11.3	11.3	10.6	10.5	10.8	10.9
5C2	10.5	10.8	11.0	10.6	10.2	10.7	10.6
5C3	10.5	10.6	11.1	11.4	10.3	11.2	10.8
5C4	–	–	11.9	11.3	–	12.3	11.8
6C0	10.9	12.0	11.7	10.7	11.2	11.1	11.3
6C1	11.4	11.8	12.1	11.2	11.2	11.5	11.5
6C2	11.5	11.8	12.4	11.5	11.3	11.6	11.7
6C3	12.2	12.5	12.6	11.3	11.5	11.8	12.0
7C1	11.0	11.1	11.9	–	–	11.8	11.4
7C2	11.2	11.7	11.9	11.0	10.9	11.5	11.4
7C3	12.1	12.0	12.9	11.5	–	11.9	12.1
8C0	10.9	12.1	12.0	11.4	12.1	11.3	11.6
8C1	11.2	11.1	11.7	10.7	10.6	11.5	11.1
8C2	10.8	11.2	11.5	10.7	10.6	11.5	11.1
8C3	–	10.8	10.9	–	10.4	11.0	10.8
8C5	–	–	–	–	11.0	11.3	11.2
9C1	11.3	11.3	11.4	10.9	10.8	11.0	11.1
9C2	11.0	11.1	11.5	10.6	10.5	11.3	11.0
9C3	11.1	11.9	11.7	11.3	10.6	11.3	11.3
9C4	10.9	11.3	11.4	10.4	10.7	11.2	11.0
9C5	–	–	–	–	10.9	–	10.9
Promedio por variedad	11.1	11.6	11.7	11.0	10.8	11.3	11.3

Caracterización socioeconómica

En 1998 se realizó un censo de productores de caña de azúcar con el objetivo de obtener información sobre las unidades productivas y las características socioeconómicas de quienes toman las decisiones. Con los datos del censo y mediante análisis de agrupamiento se identificaron dos grandes grupos de productores, G1 y G2, clasificados según los niveles de adopción de tecnología.

Un análisis descriptivo posterior, con base en las variables tenencia del cultivo (tipo de contrato de compra y venta de caña) y escolaridad, las cuales se seleccionaron en función del diseño de programas de transferencia de tecnología, condujo a la división de los dos grandes en cinco subgrupos; el G1 en tres y el G2 en dos. Uno de los subgrupos del G1 corresponde a unidades productivas con manejo directo del ingenio y se denomina MD1 y los otros dos subgrupos corresponden a unidades con manejo de los proveedores, denominados PV1 y PV2. En el G2 se identificaron dos subgrupos MD1 y PV3 (Isaacs *et al*, 2000).

Los grupos fueron validados mediante análisis discriminante, el conocimiento de los productores y entrevistas de caracterización de base efectuadas con una muestra estadísticamente representativa de cultivadores (CENICAÑA, 1999).

Con el SIG se ubicaron las unidades productivas sobre la cobertura de las zonas agroecológicas (Figura 13). Se obtiene así información para ajustar con mayor precisión la transferencia de tecnología específica por sitio y dirigir de manera directa y apropiada las tecnologías generadas por el Centro.

Productores y haciendas del grupo 1

MD1, cultivo con manejo directo del ingenio. Son 462 haciendas, con un promedio de 102 ha por hacienda. El área total es de 44.473 ha con las siguientes estadísticas: 92% con riego; 57% con surco alterno; 0.9% con balance hídrico; 2.1% con labranza reducida; 75% con aplicación de maduradores; 70% con algún tipo de infraestructura de drenaje y 71% con macronivelación. El 100% del área cuenta con asistencia técnica institucional. El 66% de los productores está entre 31 y 40 años de edad y el 21% entre 41 y 50 años. El 100% de los productores tiene educación universitaria.

PV1, cultivo con manejo de proveedor de caña. Son 417 haciendas, con un promedio de 53 ha por hacienda. El área total es de 21.103 ha con las siguientes

estadísticas: 91% con riego; 7% con surco alterno; no usan el balance hídrico; 0.4% con labranza reducida; 80% con aplicación de maduradores; 68% con algún tipo de infraestructura de drenaje y 79% con macronivelación. El 87% del área cuenta con asistencia técnica institucional, el 7% con asistencia particular y el 6% sin asistencia técnica. El 26% de los productores está entre 41 y 50 años de edad, el 30% entre 51 y 60 años y el 23% tiene más de 60 años. El 76% de los productores tiene educación básica secundaria y el 76% educación básica primaria.

PV2, cultivo con manejo de proveedor de caña. Son 722 haciendas, con un promedio de 88 ha por hacienda. El área total es de 61.086 ha con las siguientes estadísticas: 97% con riego; 28% con surco alterno; no usan el balance hídrico; 1.6% con labranza reducida; 88% con aplicación de maduradores; 76% con algún tipo de infraestructura de drenaje y 82% con macronivelación. El 77% del área cuenta con asistencia técnica institucional, el 19% con asistencia particular y el 4% sin asistencia técnica. El 48% de los productores está entre 31 y 40 años de edad y el 33% entre 41 y 50 años. El 100% de los productores tiene educación universitaria.

Productores y haciendas del grupo 2

MD 2, cultivo de manejo directo del ingenio. Son 410 haciendas, con un promedio de 121 ha por hacienda. El área total es de 46.775 ha con las siguientes estadísticas: 99% con riego; 70% con surco alterno; 99% con balance hídrico; 6% con labranza reducida; 88% con aplicación de maduradores; 88% con algún tipo de infraestructura de drenaje y 95% con macronivelación. El 100% del área cuenta con asistencia técnica institucional. El 48% de los productores está entre 31 y 40 años de edad y el 33% entre 41 y 50 años. El 100% de los productores tiene educación universitaria.

PV3, cultivo de manejo de proveedor de caña. Son 147 haciendas, con un promedio de 103 ha por hacienda. El área total es de 16.203 ha con las siguientes estadísticas: 99% con riego; 51% con surco alterno; 60% con balance hídrico; 17% con labranza reducida; 93% con aplicación de maduradores; 94% con algún tipo de infraestructura de drenaje y 98% con macronivelación. El 73% del área cuenta con asistencia técnica institucional, el 23% con asistencia particular y el 4% sin asistencia técnica.. El 40% de los productores está entre 41 y 50 años de edad y el 26% entre 51 y 60 años. El 82% de los productores tiene educación universitaria, el 17% educación básica secundaria y el 1% educación básica primaria.

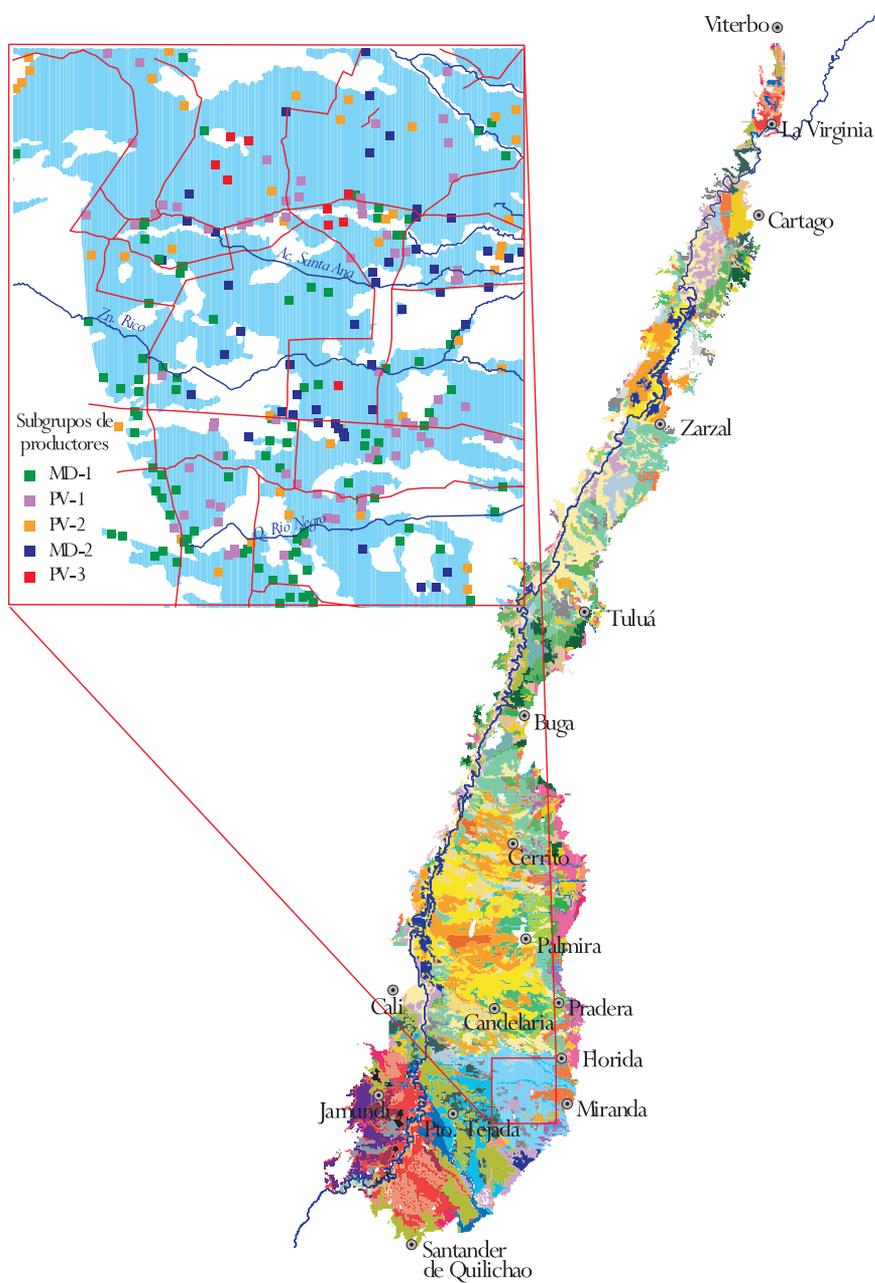


Figura 13. Ejemplo de la distribución de los subgrupos de productores en la zona agroecológica 5C1.

Comentarios finales

Desde 1983 hasta la fecha, CENICAÑA ha contribuido con tres aproximaciones al tema de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar, con el fin de maximizar la producción del cultivo en el valle del río Cauca y reducir sus costos.

La tercera aproximación se fundamenta en investigaciones sobre el balance hídrico regional en relación con el cultivo y el estudio semidetallado de suelos del valle del río Cauca. Los resultados de estas investigaciones proporcionaron la información básica para conformar grupos de suelos y grupos de humedad, los cuales se integraron mediante el sistema de información geográfica (SIG) y utilizando métodos estadísticos y geoestadísticos hasta generar las zonas agroecológicas. De esta forma se identificaron 51 zonas, en las cuales se espera que la respuesta del cultivo sea homogénea en términos de producción de caña y contenido de sacarosa.

Con los estudios de seguimiento dinámico realizados a partir de la caracterización socioeconómica de los productores y sus unidades productivas, se reunirá información que contribuirá a explicar las variaciones dentro de una zona debidas a la adopción de tecnologías. Se mantendrá un proceso sistemático de validación de la zonificación mediante los resultados de nuevas investigaciones en zonas específicas, incorporando las experiencias de los ingenios y cultivadores que adopten las tecnologías apropiadas para una zona en particular. En este sentido, la zonificación ordena el conocimiento disponible para desarrollar una agricultura específica y sostenible por sitio.

La caracterización de las zonas agroecológicas para el cultivo de caña de azúcar es un proceso continuo debido a los elementos básicos que la conforman, clima y suelo. Por ejemplo, la precipitación que está influenciada por fenómenos climatológicos exógenos como El Niño y La Niña, afecta el balance hídrico y por lo tanto, crea una variabilidad espacial y temporal de la zonificación.

La zonificación es un aspecto fundamental de la agricultura específica por sitio y proporciona además, elementos de decisión sobre los proyectos de investigación que CENICAÑA debe desarrollar para que las tecnologías que se generen en relación con la ubicación de variedades y prácticas culturales, entre otras, aprovechen al máximo el potencial productivo de cada sitio, garanticen la mejor producción del cultivo y maximicen la rentabilidad.

A cada suerte se le pueden asignar atributos como el balance hídrico, grupo y conjunto de suelo, grupo de humedad y zona agroecológica. De ahí la importancia que la suerte esté referenciada geográficamente para que herramientas de trabajo como el SIG y el “Atlas agroclimático y de producción comercial de la agroindustria azucarera colombiana” puedan suministrar información que ayude en la toma correcta de decisiones.

Si el cultivador dispone de los planos referenciados geográficamente y del estudio detallado de suelos de la hacienda puede, junto con la información contenida en el Atlas agroclimático, establecer su zona agroecológica siguiendo la metodología presentada en esta serie técnica.

Agradecimientos

A James H. Cock, Carlos Adolfo Luna y Hernando Rangel Jiménez quienes participaron en el comité que trabajó en la conceptualización y discusión sobre zonificación agroecológica. A Alberto Efraín Palma Zamora y Carlos Arturo Moreno Gil, quienes trabajaron en el análisis estadístico de los datos y en la definición de los factores biofísicos. A Enrique Cortés Betancourt, quien colaboró en el análisis de la información meteorológica para la conformación del balance hídrico. A Ricardo Cruz, por su apoyo en la investigación relacionada con el balance hídrico.

Referencias bibliográficas

- Amaya, A.; Cassalet, C. 1984. Estabilidad fenotípica de variedades de caña de azúcar en el valle del Cauca, Colombia. En: Buenaventura, C. E. (Ed.). Memorias. Primer Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Tecnicaña. p. 57-74.
- Amaya, A.; Torres, J. S.; Quintero, R.; Luna, C. A.; Moreno, C.; Palma, A.; Carbonell, J.; Cortés, E. 1997. Nichos ecológicos para la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca. En: Buenaventura, C. E. (Ed.). Memorias. Cuarto Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Tecnicaña. p. 89-102.
- Carbonell, J.; Ortiz, B.; Cortés, E., Gutiérrez, J. Y., Mendoza, J.I. 1997. Variabilidad de algunos parámetros climatológicos en la zona del valle geográfico del río Cauca. Memorias. Cuarto Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Tecnicaña. p. 363-372.
- Carbonell, J.; Ortiz, B.; Cortés, E.; Torres, J.; Palma, A.; Gutiérrez, Y.; Mendoza, J. I. 2000. Isobalance hídrico para el valle geográfico del río Cauca, Versión 2. Cali. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 24 p. (Documento de trabajo).
- Claro, F. 1991. Estudio agroclimatológico del valle geográfico del río Cauca. Bogotá. Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras. p. 47-50.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 1983. Informe Anual 1983. Cali, CENICAÑA. p 73-79.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 1998. Informe Anual 1996. Cali, CENICAÑA. p 7-8.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 1999. Informe Anual 1998. Cali, CENICAÑA. p 16-17.
- Gómez, L.; Baldión, J.; Caballero, A.; Llinás, R.; Zuluaga, A. 1990. Ecotopos cafeteros. Chinchiná (Colombia), CENICAFÉ, 2p. Esp. (Seminario Marzo 16, 1990).

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1980. Estudio semidetallado de suelos del valle geográfico del río Cauca. Bogotá. IGAC. 582 p.
- Isaacs, C. H.; Carrillo, V. E.; Caicedo, G. H.; Paz, H. G.; Palma, A. E. 2000. Los clientes de la nueva tecnología. Censo y tipificación de productores de caña de azúcar de la industria azucarera colombiana, 1998. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 64 p.
- Ortiz, B. V.; Carbonell, J., 2001. Atlas agroclimático y de producción de la agroindustria azucarera colombiana. Cali. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia.
- Palma, A. E. 2000. Estadística espacial. Cali. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Carta Trimestral. Año 22, No. 3 p. 36-39.
- Quintero, R.; Castilla, C. 1992. Agrupación de los suelos del valle geográfico del río Cauca. Cali. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 19 p.
- Terán, C.; Jiménez, C.; González, C.; Villaneda, E. 1998. Metodología para la zonificación agroclimática de la región de La Mojana, mediante el sistema de información geográfica ARC/Info. Revista Corpoica, Vol. 2, No. 2, Junio. P. 19-26.
- Torres, J.; Carbonell, J.; Ortiz, B.; Daza, O.; Villegas, F.; Cruz, R. 2000. Grupos de humedad para el manejo del cultivo en condiciones difíciles. Cali. CENICAÑA. 16 p. (Presentado en Quinto Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Tecnicaña).
- Torres, J.; Cruz, R.; Villegas, F. 1996. Avances técnicos para la programación y manejo del riego en caña de azúcar. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. p. 33-34

ANEXOS

Anexo 1

Conjuntos y grupos de suelos

Conjunto de suelo	Símbolo	Orden	Grupo de suelo
Adobera	AD	Inceptisols	9
Argelia	AR	Alfisols	10
Arroyohondo	AY	Inceptisols	8
Bariloche	BA	Inceptisols	2
Barranco	BC	Alfisols	10
Bengala	BN	Inceptisols	8
Bohemia	BE	Entisols	5
Bohío	BO	Inceptisols	2
Bolívar	BL	Inceptisols	2
Burrigá	BU	Vertisols	7
Cachimbalito	CB	Histosols	9
Cachipay	CC	Entisols	9
Caloto	CP	Inceptisols	9
Canadá	CD	Inceptisols	8
Canelo	CL	Entisols	9
Cantarina	CN	Inceptisols	8
Cartago	CG	Alfisols	10
Cauquita	CQ	Mollisols	5
Cerrito	CE	Entisols	3
Coke	CK	Inceptisols	2
Corintias	CT	Vertisols	6
Corinto	CI	Mollisols	5
Cruces	CU	Inceptisols	2
Cuernavaca	CV	Alfisols	10
El Comercio	EC	Inceptisols	2
El Ocaso	EO	Alfisols	10
Esneda	ES	Vertisols	6
Esteros	EX	Inceptisols	9
Florida	FL	Mollisols	4
Fortuna	FO	Entisols	–
Galponera	GR	Vertisols	7
Galpón	GL	Vertisols	6
Génova	GN	Mollisols	3
Guadualito	GU	Mollisols	2

Conjunto de suelo	Símbolo	Orden	Grupo de suelo
Guayabo	GY	Inceptisols	8
Herradura	HE	Vertisols	6
Holanda	HL	Entisols	4
Ingenio	IG	Vertisols	7
Isabela	IS	Inceptisols	2
Isla	IL	Entisols	3
Jagual	JG	Entisols	9
Jaibana	JA	Entisols	5
Janeiro	JE	Alfisols	10
Japio	JP	Inceptisols	9
Jordán	JR	Mollisols	1
Juanchito	JN	Entisols	9
La Balsa	BS	Entisols	5
La Barca	BR	Inceptisols	8
La Teta	LT	Inceptisols	9
La Victoria	LV	Vertisols	6
Laguneta	LG	Inceptisols	9
Las Fuentes	LF	Vertisols	6
Libano	LB	Mollisols	5
Lusitania	LU	Inceptisols	3
Madrevieja	MV	Entisols	4
Manuelita	MN	Mollisols	2
Marruecos	MA	Inceptisols	9
Meléndez	ML	Inceptisols	3
Miranda	MD	Inceptisols	3
Montegranario	MT	Alfisols	10
Nima	NM	Mollisols	3
Novillera	NV	Inceptisols	9
Obando	OB	Mollisols	1
Palma sola	PO	Inceptisols	7
Palmaseca	PS	Alfisols	10
Palmeras	PM	Inceptisols	8
Palmira	PL	Mollisols	1
Palmirita	PT	Mollisols	1
Pance	PN	Mollisols	3
Pichichí	PC	Alfisols	10
Piedras	PI	Vertisols	6

Conjunto de suelo	Símbolo	Orden	Grupo de suelo
Portobelo	PB	Entisols	9
Porvenir	PV	Mollisols	10
Pradera	PR	Inceptisols	10
Primavera	PE	Mollisols	10
Puerto Molina	PU	Mollisols	2
Puerto Tejada	PJ	Inceptisols	9
Rhin	RH	Entisols	9
Ricaurte	RT	Inceptisols	6
Río Cauca	RC	Mollisols	2
Río La Paila	RL	Mollisols	5
Río Palo	RO	Mollisols	5
Río Risaralda	RR	Inceptisols	2
San Fernando	SF	Entisols	5
San Francisco	SN	Mollisols	8
San José	SJ	Alfisols	10
San Julián	SS	Ultisols	10
San Lorenzo		Entisols	5
San Luis	SL	Mollisols	5
San Martín	SM	Inceptisols	2
Sauce	SC	Entisols	2
Sonso	SO	Vertisols	10
Sopinga	SP	Inceptisols	9
Tablazo	TB	Vertisols	6
Tortugas	TT	Alfisols	10
Viterbo	VI	Mollisols	3
Zaragoza	ZG	Inceptisols	8
Zarzal	ZA	Alfisols	10

Fuente: Programa de Agronomía de CENICAÑA. Area de Nutrición y Fertilización.

Anexo 2

Descripción de los principales conjuntos en cada grupo de suelos.

Grupo de suelos 1 (*Mollisols secos*)

Palmira (PL): La textura del horizonte superior es franco arcillosa y la del inferior es franca a arenosa. Suelos profundos a muy profundos, bien estructurados y bien drenados. Algunos presentan carbonatos de calcio en el subsuelo y sales de sodio.

Palmirita (PT): Suelos moderadamente profundos a muy profundos; algunos están limitados por horizontes compactados y por horizontes salinos y sódicos. El drenaje natural es imperfecto a moderadamente bien drenados. Ocasionalmente se presentan concreciones calcáreas en los horizontes inferiores.

Grupo de suelos 2 (*Mollisols e Inceptisols secos*)

Manuelita (MN): Se localiza indistintamente en toda el área plana del departamento del Valle. Suelos de textura franca a franco arcillosa en el horizonte A y arenoso franca a franco arcillo arenosa en los horizontes subsuperficiales. Suelos moderadamente profundos a profundos, limitados por capas de texturas contrastantes y por sales de sodio; moderadamente estructurados; drenaje natural moderado a bueno. Con frecuencia se presentan concreciones calcáreas en el subsuelo.

Guadualito (GU): Se localiza en los diques y explayamientos de los afluentes del río Cauca. La textura varía de franco arcillosa a arenosa. Suelos bien estructurados en el horizonte A; moderadamente profundos a profundos. Los limitantes de la profundidad efectiva son principalmente altos contenidos de carbonatos alcalino-térreos y fenómenos de hidromorfía y, además, altos contenidos de sodio. En algunos casos el drenaje natural es imperfecto.

Coke (CK): Se localiza en el dique del río Cauca. La textura predominante es arcillo limosa y franco arcillosa. Suelos moderadamente profundos, limitados por fenómenos de óxido-reducción y sales de sodio. El drenaje natural es imperfecto a moderado.

Río Cauca (RC): Se localiza en el dique del río Cauca. La textura de los horizontes varía de franca a franco arcillosa. Presentan estructura en bloques

subangulares. La profundidad efectiva es moderadamente profunda. El limitante más común es la óxido-reducción. El drenaje natural es imperfecto.

Grupo de suelos 3 (Mollisols secos)

Nima (NM): En general el perfil de estos suelos tiene un horizonte A de textura franco arcillo arenosa con gravilla, el cual descansa sobre un estrato pedregoso y gravilloso. Suelos superficiales a muy superficiales, limitados por estratos pedregosos y gravillosos y/o sales de sodio, bien estructurados en el horizonte superficial y drenaje natural moderado a bien drenado.

Grupo de suelos 4 (Mollisols secos)

Florida (FL): Suelos desarrollados a partir de materiales aluviales gruesos, de textura principalmente franco arenosa a arenosa. Suelos de estructura moderada a débil en el horizonte A y masiva en profundidad; superficiales, limitados por sales de sodio y drenaje natural bueno a excesivo.

Grupo de suelos 5 (Mollisols húmedos)

Libano (LB): Se localiza en los explayamientos de los afluentes del río Cauca. Suelos desarrollados a partir de sedimentos aluviales, de textura franco arenosa a arenosa. Suelos profundos, con estructura débil en el horizonte A y sin estructura en el subsuelo. El drenaje natural es bueno y presentan pedregosidad superficial localizada.

Río La Paila (RL): Se localiza en los explayamientos de los afluentes del río Cauca. Suelos desarrollados a partir de materiales aluviales, de texturas franco arenosa a franco arcillosa. Suelos profundos, débilmente estructurados en superficie y sin estructura en los horizontes inferiores y drenaje natural moderado.

Río Palo (RO): Se localiza en los explayamientos de los afluentes del río Cauca. Suelos desarrollados a partir de materiales aluviales, de texturas franco limosa a arcillosa; débilmente estructurados en la superficie y masivos en profundidad y drenaje imperfecto a moderado.

Grupo de suelos 6 (Vertisols secos)

Galpón (GL): Comprende suelos del cuerpo y pie de los abanicos, desarrollados a partir de sedimentos finos y moderadamente finos. Domina la textura arcillosa y franco arcillosa. Suelos superficiales a moderadamente profundos, limitados por horizontes salinos y sódicos y por agrietamientos; débilmente estructurados

y drenaje imperfecto. Generalmente se encuentran concreciones calcáreas y ferromangánicas en los horizontes subsuperficiales.

Herradura (HE): Comprende suelos del pie de los abanicos, desarrollados a partir de materiales aluviales finos y moderadamente finos. La textura varía de franco arcillo arenosa a arcillosa. Suelos poco o nada estructurados; imperfectamente drenados; superficiales a moderadamente profundos y limitados por horizontes salinos o sódicos.

Esneda (ES): Comprende suelos del pie de los abanicos, desarrollados a partir de materiales aluviales finos. Suelos débilmente estructurados con tendencia a ser masivos, superficiales y limitados por fragmentos de roca. El drenaje natural es imperfecto a pobre. En la parte inferior del perfil se presentan carbonatos de calcio.

Grupo de suelos 7 (Vertisols húmedos)

Burrigá (BU): Suelos de la planicie lacustre que se han desarrollado a partir de materiales finos. Suelos débiles a fuertemente estructurados, moderadamente profundos y limitados por fenómenos de reducción y por sales de sodio. El drenaje natural es pobre a muy pobre. En general, son suelos de textura arcillosa.

Grupo de suelos 8 (Inceptisols secos)

Palmeras (PM): Comprende suelos del cuerpo de los abanicos, desarrollados a partir de sedimentos aluviales. Suelos bien estructurados de drenaje moderado, moderadamente profundos a profundos en algunos casos limitados por contenidos altos de carbonatos alcalino térreos. Las texturas son franco arcillosas, franco limosas y a veces, arcillosas.

Bengala (BN): Se encuentran en la planicie aluvial de piedemonte. Suelos desarrollados a partir de materiales aluviales de textura arcillosa sobre sedimentos gruesos. Son moderadamente profundos, limitados por contrastes texturales, moderada a débilmente estructurados e imperfectamente drenados.

Grupo de suelos 9 (Inceptisols y Entisols muy húmedos)

Puerto Tejada (PJ): Los suelos de este conjunto corresponden al basín de los afluentes del río Cauca. Suelos de textura arcillosa a franco arcillosa. Suelos superficiales, limitados por fenómenos de hidromorfía, débilmente estructurados con drenaje natural pobre y susceptibles a encharcamientos temporales.

Marruecos (MA): Este conjunto comprende suelos del basin del río Cauca, desarrollados a partir de sedimentos aluviales finos y medianos. Presentan textura franco arcillo arenosa a arcillosa en el horizonte superficial y arcillosa a franco arcillo limosa en el resto del perfil. Suelos moderadamente estructurados, superficiales a moderadamente profundos, limitados por fenómenos de hidromorfía y drenaje natural pobre a muy pobre.

Juanchito (JN): Este conjunto comprende suelos del basin del río Cauca, desarrollados a partir de sedimentos aluviales finos. Predomina la textura arcillosa, encontrándose ocasionalmente capas superficiales de textura franca. Son suelos superficiales a muy superficiales, limitados por fenómenos de hidromorfía; de drenaje natural pobre a muy pobre y débilmente estructurados.

Grupo de suelos 10 (Alfisols)

Argelia (AR): Comprende suelos del ápice de los abanicos, desarrollados a partir de materiales aluviales y/o coluvio-aluviales. La textura del horizonte superficial es franca hasta arcillo arenosa en los horizontes subsuperficiales. Suelos débilmente estructurados, superficiales a muy superficiales, limitados por un horizonte argílico duro y en algunos casos, por la presencia de gravilla y por sales de sodio. El drenaje natural es imperfecto.

Fuente: Estudio semidetallado de suelos del valle geográfico del río Cauca (IGAC, 1980)

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia - CENICAÑA es una corporación privada y sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de ASOCAÑA en representación de la agroindustria azucarera localizada en el valle geográfico del río Cauca.

Su misión es contribuir por medio de la investigación, evaluación y divulgación de tecnología y el suministro de servicios especializados al desarrollo de un sector eficiente y competitivo, de manera que éste juegue un papel importante en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

CENICAÑA desarrolla programas de investigación en Variedades, Agronomía, Procesos de Fábrica y Economía, para lo cual tiene servicios de apoyo en Información y Documentación, Tecnología Informática, Transferencia de Tecnología y Cooperación Técnica.

Los recursos de financiación provienen principalmente de donaciones directas realizadas por los cultivadores de caña y los ingenios azucareros Central Castilla, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos. Desde 1996 desarrolla proyectos especiales con el apoyo económico del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas - Colciencias.

El Centro Experimental está ubicado a 3° 13' latitud N de la línea ecuatorial, a una altura aproximada de 1024 m.s.n.m. La temperatura media anual en este sitio es de 23.5°C, precipitación media anual de 1160 mm y humedad relativa de 77%.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2001.