

## Capítulo 18

# Tipología de unidades de producción de panela en Colombia

Gonzalo Alfredo Rodríguez-Borray, Ginna Natalia Cruz-Castiblanco, Bellanid Huertas-Carranza, Jose Luis Tauta-Muñoz y Sonia Mercedes Polo-Murcia

### Resumen

La producción de panela en Colombia se desarrolla en entornos agroecológicos, económicos y culturales diversos, lo cual provoca que las tecnologías de cultivo y procesamiento de caña de azúcar para panela en las unidades de producción (UP) varíen dentro y entre regiones. El objetivo de este estudio fue analizar sistemáticamente las diferencias en las características socioeconómicas y técnicas de las UP de panela en Colombia y sus implicaciones para la orientación de las políticas de ciencia y tecnología para el subsector panelero. Con este propósito, se aplicaron 759 encuestas representativas a nivel nacional, distribuidas en doce departamentos. Se clasificó la diversidad de UP mediante un análisis multifactorial de datos mixtos y con la construcción de un clúster jerárquico. Se identificaron tres tipos diferenciados de UP: tipo I (396 UP; el 52,17 %): UP de pequeña escala y menor tecnificación; tipo II (201 UP; el 26,49 %): UP de escala media, niveles intermedios de tecnificación y con diversificación productiva; tipo III (162 UP; el 21,34 %): UP empresariales con adopción de tecnologías y especialización en la producción de panela. Así pues, cualquier intervención dirigida a realizar innovaciones tecnológicas debe tomar en cuenta el contexto medioambiental y la heterogeneidad de las UP en cuanto a sus características socioeconómicas y productivas.

**Palabras clave:** tipificación, unidades de producción, análisis multifactorial de datos mixtos, clúster jerárquico, niveles de tecnificación, adopción de tecnologías

## Introducción

La producción de panela en Colombia tiene un carácter dual, pues involucra dos tipos de emprendimientos: productores de agricultura familiar, de pequeña escala y de carácter informal, y productores de carácter empresarial, de mediana a gran escala productiva (Rodríguez et al., 2007). Los agricultores familiares dependen principalmente de su propio trabajo familiar para producir alimentos para su subsistencia y el mercado (Saridakis et al., 2021), tienen un fuerte arraigo cultural y se basan en la experiencia y la tradición en el sistema de producción (Hamelin et al., 2021). Entre tanto, los empresarios se insertan en la agroindustria panelera con una mayor dotación de capital, lo que les permite adoptar más fácilmente nuevas tecnologías e incrementar la producción y la eficiencia de los procesos.

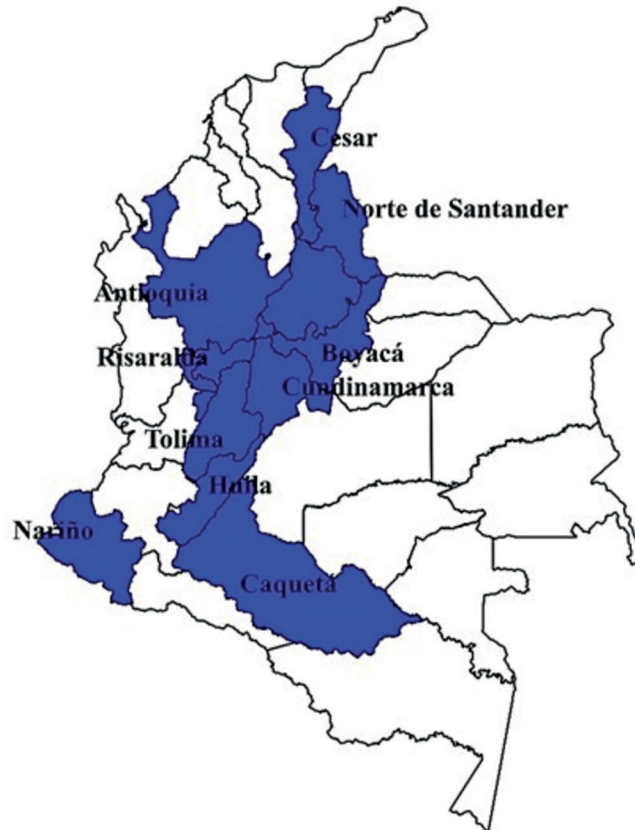
Además de los problemas socioeconómicos generados por su dualidad productiva, la agroindustria panelera enfrenta fuertes amenazas, como la disminución progresiva de la demanda de panela en los hogares, la competencia con otros edulcorantes, la escasez de mano de obra, la variabilidad climática, la erosión y pérdida de fertilidad del suelo, el alto consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero. Estas dinámicas complejas limitan la adopción de tecnologías “duras”, como nuevas variedades de caña de azúcar, bioproductos para el manejo del cultivo o equipos para el procesamiento, así como la posibilidad de aprovechar tecnologías “blandas”, como las tecnologías de la información (TIC), para brindar capacitaciones a los productores o para aumentar las ventas mediante el *marketing* digital o una comunicación más eficiente con los administradores de otros mercados a nivel regional, nacional o internacional.

En este estudio se analizaron las variaciones y brechas en los niveles de tecnología empleados en la agroindustria rural de producción de panela en Colombia. Con este propósito, se realizó una caracterización de la diversidad de unidades de producción (UP), basada en un análisis multifactorial de datos mixtos. Los objetivos de este estudio fueron 1) identificar tipologías de UP de panela en Colombia que sean representativas de la heterogeneidad de varias estructuras productivas, y 2) desarrollar un dominio de recomendación específico para cada tipología de UP. Las variables involucradas en la construcción de las tipologías fueron elegidas en función del objetivo de la investigación. Por lo tanto, este estudio se suma a la literatura sobre la identificación de tipologías de sistemas agrícolas y agroindustriales, lo que permite reflexionar sobre cómo estas tipologías y su heterogeneidad pueden usarse de manera efectiva en el diseño de un marco de políticas adecuado que apoye los sistemas de innovación.

## Metodología

### Área de estudio

El estudio se realizó en 85 municipios paneleros de los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cesar, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Risaralda, Santander y Tolima, priorizando pequeñas y medianas producciones (figura 18.1). En estos departamentos se concentra el 91,7% de la producción de panela del país, con un total de 1.075.350 toneladas de producción total (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2019), y sus esquemas de producción son socialmente diferentes y espacialmente heterogéneos, razón por la cual fueron seleccionados para el análisis.



**Figura 18.1.** Departamentos de Colombia seleccionados para la clasificación de las UP de panela.

**Fuente:** Elaboración propia

## Datos y muestreo

El análisis se basó en datos recopilados mediante una encuesta representativa a nivel nacional, aplicada a 759 UP de panela (figura 18.2). El tamaño total de la muestra se asignó, en primer lugar, a doce de los departamentos productores de panela y, proporcionalmente, al número de UP de cada departamento. El número entre paréntesis indica la cantidad de encuestas realizadas por municipio y por departamento.

**Cesar (11)**

Municipios: González (4), Pueblo Bello (2) y Valledupar (5)

**Norte de Santander (43)**

Municipios: Arboledas (6), Chinácota (2), Convención (5), Cucutilla (4), Gramalote (2), Labateca (5), Lourdes (3), Ragonvalia (1), Salazar (1), Santiago (3), Sardinata (1) y Toledo (10)

**Antioquia (78)**

Municipios: Angostura (15), Campamento (10), Frontino (9), Nariño (11), San Roque (11), Santo Domingo (6) y Yolombó (16)

**Caldas (57)**

Municipios: Filadelfia (8), Riosucio (16), Samaná (8) y Supía (25)

**Risaralda (26)**

Municipios: Belén de Umbría (3), Pueblo Rico (6) y Quinchía (17)

**Santander (19)**

Municipios: Barbosa (1), Chipatá (1), Güepsa (4), La Paz (1), San Benito (4), Suaita (5) y Vélez (3)

**Boyacá (26)**

Municipios: Chitaraque (4), Moniquirá (5), San José de Pare (4), Santana (7) y Togüí (6)

**Cundinamarca (159)**

Municipios: Caparrapí (36), El Peñón (10), La Peña (29), Nimaima (8), Nocaima (20), Quebradanegra (12), Quipile (8), Útica (10) y Villeta (26)

**Tolima (78)**

Municipios: Alvarado (8), Anzoátegui (3), Casabianca (2), Falan (9), Fresno (10), Ibagué (9), Planadas (3), Mariquita (22), Ortega (4), Rioblanco (4) y Palocabildo (4)

**Huila (94)**

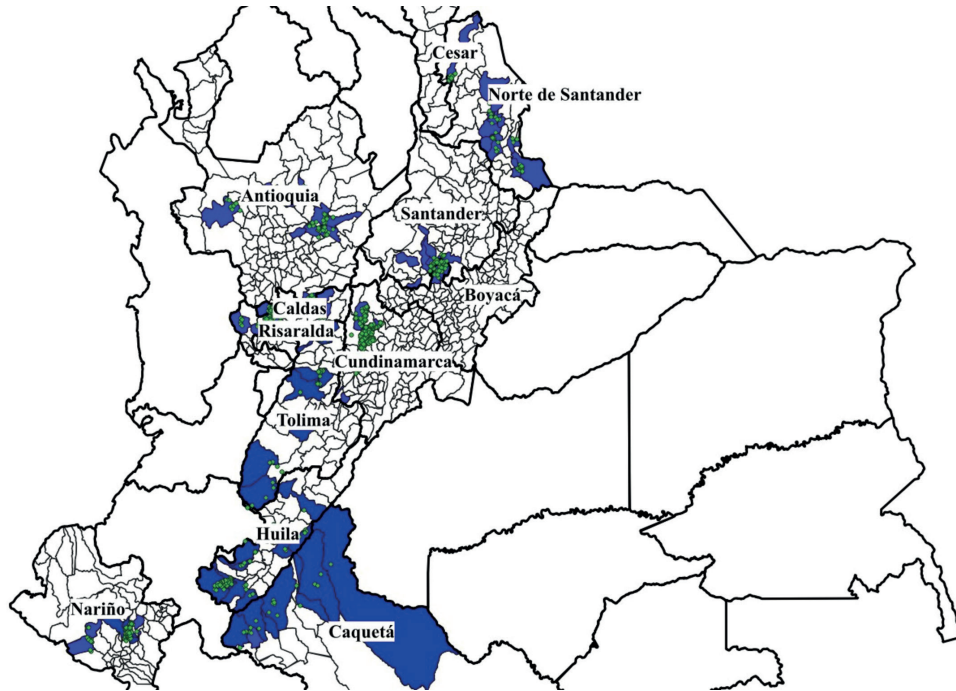
Municipios: Acevedo (2), Algeciras (5), Gigante (2), Isnos (43), La Argentina (4), La Plata (4), Neiva (4), Pitalito (3) y San Agustín (27)

**Caquetá (20)**

Municipios: Albania (2), Belén de los Andaquíes (2), El Doncello (2), Florencia (6), Morelia (1), Puerto Rico (2), San José del Fragua (3) y San Vicente del Caguán (2)

**Nariño (148)**

Municipios: Ancuya (28), Consacá (19), El Tambo (13), Linares (13), Ricaurte (39), Samaniego (11) y Sandoná (25)



**Figura 18.2.** Distribución de las encuestas.

**Fuente:** Elaboración propia

El método de muestreo utilizado para esta encuesta fue el muestreo estratificado en varias etapas (Parsons, 2017). Para realizar la encuesta, se entrevistó al jefe de hogar o a un adulto con conocimiento del proceso de producción de panela y de las actividades económicas de la UP. La recolección de los datos fue realizada durante el periodo 2016-2020 por cuatro equipos de campo, cada uno compuesto por dos encuestadores y un supervisor. Cada encuestador recopiló los datos en papel, y posteriormente fueron digitalizados en una base de datos. Para garantizar la validez de los datos de la encuesta, un grupo de investigadores de AGROSAVIA experto en la agroindustria panelera realizó un control de calidad independiente para supervisar la recopilación de los datos.

La encuesta se dividió en seis secciones: 1) identificación de la UP, 2) actividades productivas de la UP, 3) aspectos técnicos del cultivo, 4) descripción de la planta de proceso, 5) aspectos sociales y 6) manejo de subproductos y residuos. De esta manera, se completó una base de datos con 72 variables cualitativas y 6 cuantitativas. Para reducir las variables de análisis, se eliminaron aquellas con información redundante, es decir, las que presentaban una distribución mayor al 95 % en una sola de sus respuestas. Posteriormente, bajo criterio del equipo de investigación, se descartaron las variables que no contribuían al análisis para diferenciar los niveles tecnológicos de las UP. El análisis de la información se realizó mediante el programa estadístico R, versión 3.6.3, en el sistema operativo de Windows 7.

### Análisis de datos e identificación de tipologías

A partir de las variables seleccionadas, se realizó un análisis multifactorial de datos mixtos (AFDM) (Kostov et al., 2015; Shukla et al., 2019) para resumir las variables en dimensiones (algunas de ellas afines) y poder entender la relación entre estas. Para ello, se indicaron la cantidad de dimensiones óptimas; el aporte por variable-categoría mediante el  $\text{Cos}^2$ , que indica la importancia de cada variable en la dimensión (valores más altos), y el porcentaje de varianza explicado con base en los valores propios (mayores a uno), los cuales representan la proporción de información que recoge cada dimensión (Osorio Cardona et al., 2020).

Con los resultados del AFDM, se procedió a realizar agrupaciones mediante análisis de clúster usando la distancia euclidiana y el método de Ward (Blazy et al., 2009), con el fin de describir los aspectos relevantes de cada uno de los grupos; además, se elaboraron tablas de contingencia para las variables cualitativas y se realizaron pruebas de chisquadrado y pruebas z para comparar las proporciones asociadas a cada variable. A las variables cuantitativas se les realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias de Tukey ( $p < 0,05$ ) para determinar las diferencias estadísticas entre grupos.

Las variables cuantitativas incluidas en el análisis fueron las siguientes: área total de la finca (ha), área total sembrada en caña (ha), participación de la caña en el área total de la finca (%), capacidad de producción de panela (kg/h), producción anual de panela (t) y edad del jefe del hogar (años). Las variables cualitativas se presentan en la tabla 18.1, y las distintas categorías que toman estas variables se presentan en el desarrollo de este capítulo, a excepción de aquellas con signo de interrogación, que se respondían con “sí” o “no”.

**Tabla 18.1.** Variables cualitativas incluidas en la caracterización y determinación de las tipologías de UP de panela

Variable	Código
Tipo de topografía predominante en la finca	Topo
Tipo de variedad presente en la finca	Var_Caña
Método de cosecha o sistema de corte	Sis_Corte
Tipo de fertilización	T_Fert
Método de control de malezas	C_Arv
Método de control de plagas y enfermedades	C_Fito
Combustible del motor del molino	Mot_Comb
Tipo de hornilla	Horn
Método de transporte de caña	Trans_Caña
Forma de los evaporadores	F_Casc
¿Está aislada el área de la bagacera?	Ais_Bag
¿Está aislada el área de batido, moldeo y empaque?	As_Bat_Mol_Emp
¿Tiene prelimpiador?	Prelimp
Material de la cachacera	M_Cach
Material de la melotera	M_Melotera
¿Tiene picadora de caña?	Picadora_C
¿Compra clarificante (aglutinante)?	Comp_Clari
Tipo de presentación de la panela	T_Panela
Usos de la palma o cogollo	U_Palm_cog
¿Prepara compostaje?	Est_Compost
Usos dados al bagacillo	U_Bagacillo

Continúa

Continuación tabla 18.1

Variable	Código
Usos dados a la cachaza	U_Cachaza
Usos dados a la ceniza	U_Ceniza
Género del jefe del hogar	J_Hogar
¿Trabaja el jefe del hogar en la finca?	Trab_Finca
¿Pertenece a alguna asociación agropecuaria?	Asociación
¿Trabaja el núcleo familiar en la finca?	Trab_NFam
¿Contratan mano de obra externa?	Trab_Contrato

Fuente: Elaboración propia

## Resultados y discusión

### Exploración inicial de las características técnicas y sociales de las UP

Los cultivos de caña de azúcar para producción de panela en Colombia están establecidos en terrenos ondulados (48,5 %), en pendiente (43,9 %) y en áreas planas (7,6 %). Se evidencia una baja adopción de nuevas variedades de caña de azúcar, pues el 79 % de las unidades encuestadas siembra variedades tradicionales (Canal Point 57603, Palmireña, POJ, Rusia, ZC, etc.), y solo el 21 % cuenta con variedades introducidas (Cenicaña y RD).

En cuanto a cosecha, predominan los tipos de corte por entresaque, en el que se realiza la cosecha de los tallos maduros, dejando en pie aquellos tallos considerados inmaduros (61,4 %), y el corte por parejo, en el que se hace la cosecha total de los tallos (33,2 %); además, en algunas UP (3,4 %) se encontró un sistema especial de corte, en el cual se realiza corte por parejo, pero no se hace renovación de cepa, por lo que se identifica como corte por parejo sin renovación, y el resto de las unidades (2 %) maneja ambos tipos de corte.

Respecto a la fertilización del cultivo, el 36,9 % de las UP realiza fertilización química; el 12 %, fertilización orgánica; el 8,8 %, fertilización tanto química como orgánica, y el 42,3 % no realiza

fertilización. El control fitosanitario solo es realizado por el 33,1 % de las UP, y se combinan prácticas de control biológico, químico y cultural. Finalmente, el manejo de arvenses se realiza principalmente de forma manual (54,5 %), una proporción menor realiza aplicaciones de herbicidas (42,3 %), mientras que una minoría (3,2 %) no reportó ningún tipo de manejo de arvenses.

En la planta de procesamiento o trapiche, el 64,7 % de las UP dispone de un tanque prelimpiador para eliminar algunas impurezas presentes en el jugo de la caña luego de su extracción en el molino; de estos, el 57 % es construido en acero inoxidable, y el 43 % en otros materiales como cemento, baldosas o ladrillo. Cabe resaltar que el 35,3 % de las UP no cuenta con prelimpiador en el proceso de producción de panela.

Durante la operación de limpieza de jugos en las etapas de evaporación y concentración, se genera un sobrenadante de naturaleza coloidal de color marrón llamado “cachaza”, el cual se usa como fuente de alimento animal y como fertilizante orgánico o enmienda para el suelo; este es recolectado en recipientes denominados “cachaceras”. Al respecto de las cachaceras, en el 65,5 % de las UP, este recipiente es de material tradicional (plástico, hierro colado o aluminio); en el 20,3 % es de acero inoxidable, y el 14,2 % de las UP encuestadas no registró información respecto a este utensilio.

Por su parte, el 65,7 % de las UP no dispone de paila melotera en la hornilla para la cocción de la cachaza; el 31,2 % de las UP cuenta con melotera de hierro fundido, y el 3,1 % cuenta con melotera de acero inoxidable.

El procesamiento de la caña de azúcar para panela se realiza mediante la evaporación abierta de los jugos. Al respecto, el 78,7 % de las UP encuestadas que procesan directamente la caña de azúcar tienen cámara de combustión plana tradicional, mientras que apenas el 20,5 % posee construcciones de cámara plana mejorada, o Ward, la cual ofrece una mayor flexibilidad al productor para realizar las moliendas, pues permite utilizar

bagazo con humedades del 45 %. Según la configuración de los evaporadores, en el 52 % de las UP encuestadas el flujo de los jugos de caña a través de la hornilla se realiza en paralelo al flujo de los gases de combustión, es decir, los gases circulan en la misma dirección que los jugos, mientras que en el 48 % de los casos el movimiento de los jugos entre evaporadores es en contraflujo (los jugos y los gases circulan en dirección opuesta) o de forma mixta.

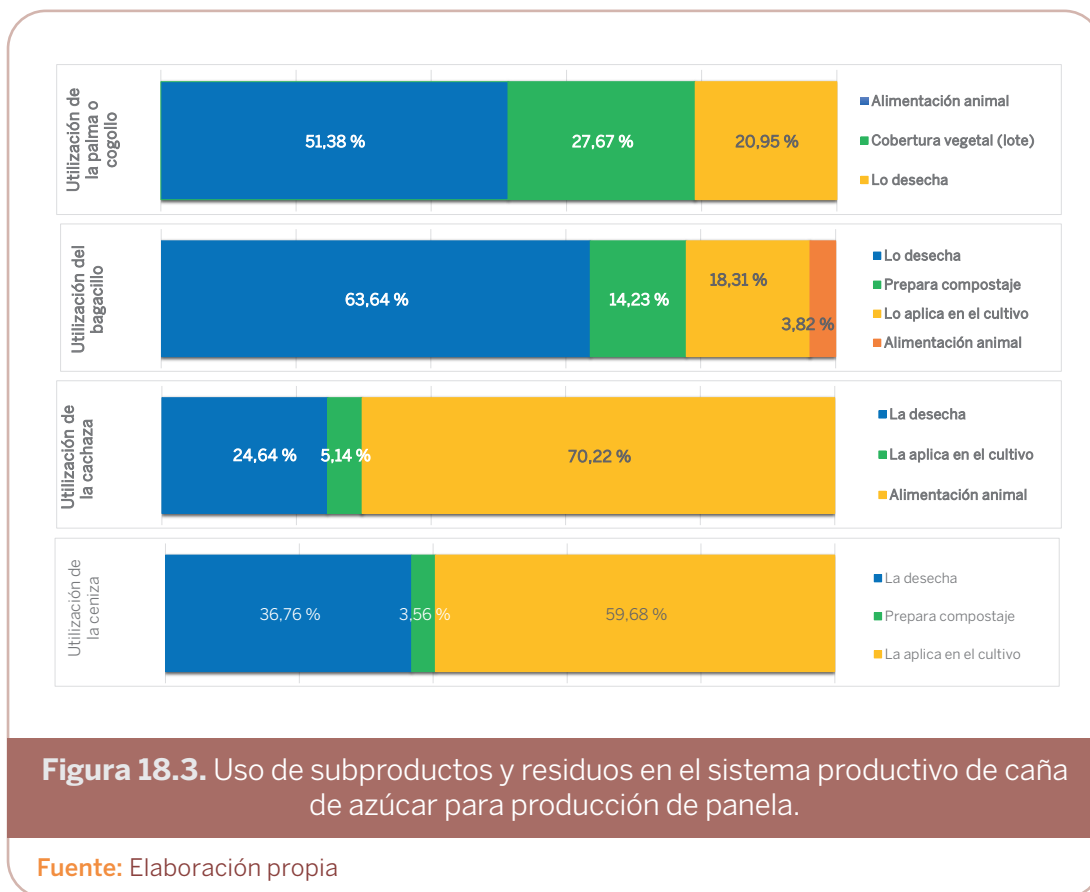
En el 94 % de las UP encuestadas, el área de evaporación (pailas) utiliza evaporadores semiesféricos tradicionales, y apenas el 6 % utiliza evaporadores con diseño geométrico pirotubular o aleteado, tecnologías que permiten aprovechar la energía suministrada por la cámara de combustión (hornilla) de forma más eficiente (Rodríguez et al., 2018). Las áreas de proceso no presentan divisiones físicas en la mayoría de las zonas encuestadas (78 %); esta condición de infraestructura deficitaria puede suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores y a su vez exponer a las UP a pérdidas o daños materiales de maquinaria y equipos, así como a la obtención de productos con baja calidad e inocuidad. En este sentido, el área de almacenamiento del bagazo, que se utiliza como material combustible, se encuentra, en el 72 % de los casos, bajo la misma cubierta que el resto de la planta de procesamiento, y solo el 28 % de las UP encuestadas tienen un área aislada para tal fin.

La zona en la que se reciben las mieles terminadas para permitir su solidificación hasta alcanzar la forma definitiva de la panela se denomina “área de elaboración” o “cuarto de batido y moldeo” (García et al., 2007). Al respecto, el 68 % de las UP encuestadas no cuentan con este espacio, por lo que este proceso se realiza en las mismas instalaciones donde se lleva a cabo el proceso de evaporación y concentración de los jugos de caña; el 32 % restante cuenta con un área separada para estos propósitos, lo cual evita que el producto terminado se contamine y permite mejorar la calidad de la panela que se vende en mercados nacionales e internacionales.

En lo que concierne a la elaboración de la panela, se observa que el 90,3 % de las UP la produce únicamente en bloque; el 4 % produce panela corriente y panela granulada, y el 5,7 % produce panela en bloque y panelas especiales en pastillas.

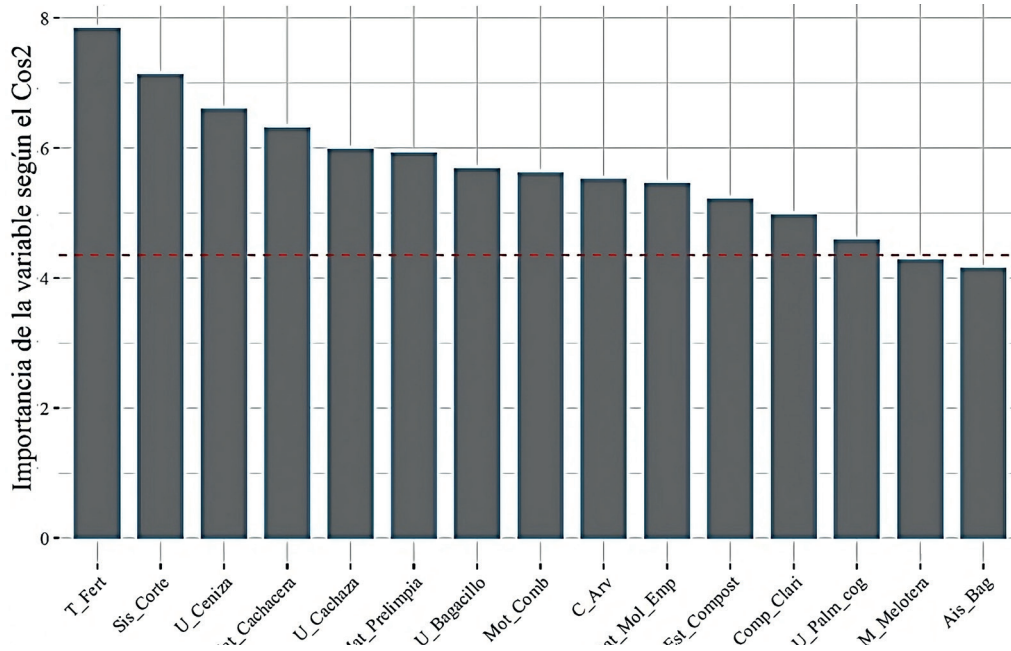
Con relación al uso de subproductos y residuos, se observa que gran parte de los productores aprovecha de forma directa en el cultivo algunos residuos del procesamiento: el 59,7 % usa la ceniza; el 18,3 % usa el bagacillo, y el 5,1 % usa la cachaza. En cuanto a la elaboración de compostaje, el 14,2 % usa como fuente el bagacillo, y el 3,5 % la ceniza. Igualmente, el 74 % de las UP usa como fuente de alimentación animal la cachaza (70,2 %) y el bagacillo (3,8 %) (figura 18.3).

En relación con los aspectos sociales, se observa que la edad promedio de los jefes de hogar es de 56,7 años; el 88 % corresponde al género masculino, y tan solo el 12 % al femenino, lo que concuerda con lo reportado por Ramírez Gil (2017), quien describe que la fuerza de trabajo asociada al sistema de producción panelera está conformada en un 80 % por el sexo masculino y en un 20 % por el femenino. Por otro lado, el 84,1 % de los jefes de hogar trabaja dentro de su propia UP, y solo el 19,6 % realiza contratación de mano de obra externa a la UP. El nivel educativo más frecuente del jefe de hogar es de básica primaria, y tan solo el 0,49 % tiene nivel profesional.



## Tipos de UP de panela en Colombia

El AFDM mostró como óptimas quince dimensiones que representan un conjunto de variables, las cuales reúnen el 63,5 % de la variabilidad acumulada, lo que permite explicar la relación e importancia de las variables dentro de cada componente (anexo 18.1). En la figura 18.4 se presentan las variables que tienen mayor importancia dentro de las tres primeras dimensiones, destacándose las variables asociadas a fertilización, sistema de corte, uso de ceniza, uso de cachaza, uso de bagacillo, materiales de las cachaceras y prelimpiadores.

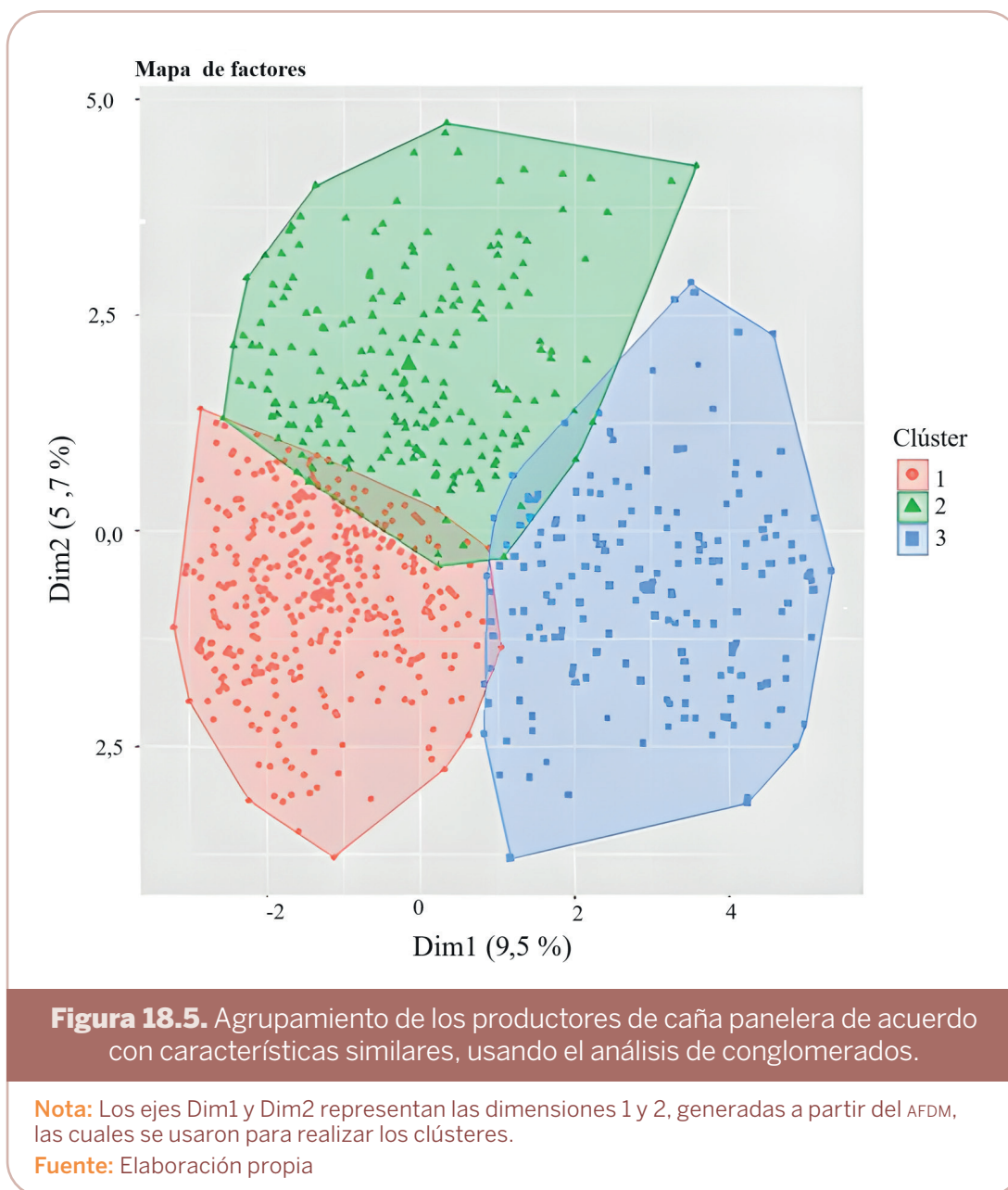


**Figura 18.4.** Importancia de las variables en las dimensiones 1, 2 y 3 del AFDM, de acuerdo con el coeficiente Cos2.

**Nota:** El valor del coseno cuadrado Cos2 indica la calidad de la variable representada en el mapa de factores.

**Fuente:** Elaboración propia

El agrupamiento de las UP representado en el análisis de clúster sobre el mapa de factores producto del AFDM se presenta en la figura 18.5; este permitió identificar tres tipos de UP: el primero representa el 52,1% de las UP; el segundo, el 26,5%, y el tercero, el 21,3%. Los individuos presentes en la intersección de los conjuntos posiblemente tienen información común con más de un grupo; sin embargo, tienden a pertenecer a una tipología, posiblemente porque se encuentran en una transición tecnológica.



**Tipo I (n= 396):** representa las UP de pequeña escala y menor tecnificación: corresponde al 52,1 % de las UP, localizadas principalmente en Cundinamarca, Caldas, Nariño, Tolima y Huila; poseen un área promedio de caña de azúcar de 4,5 ha, con capacidad de producción de 70,7 kg de panela/h y un volumen de producción

anual de 37,8 toneladas de panela. Según datos de Fedepanela, en Colombia, “el 88,2 % de los productores de caña tienen en sus unidades productivas menos de 4,9 ha en caña”; esto indica que la producción panelera en Colombia se hace “en pequeños y medianos establecimientos con capacidades inferiores a los 200 kg de panela/h” (Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA], 2014). En cuanto a sus características socioeconómicas, el tipo I presenta una mayor participación de mujeres como jefes de hogar (16 %); la menor edad promedio de los jefes de hogar, con 53 años, y los menores niveles de contratación de trabajadores y de asociatividad; respecto a esto, Ramírez Gil (2017) indica que el sistema productivo de caña tiene grandes problemas asociados a bajos niveles tecnológicos, deficiente infraestructura para el procesamiento agroindustrial y bajos niveles de asociatividad y comercialización. Desde el punto de vista de la tecnología de cultivo, el tipo I se caracteriza porque la mayor parte de las UP utiliza variedades de caña tradicionales (89,6 %), no fertiliza los cultivos (59,6 %), hace control manual de arvenses (67 %), no realiza control fitosanitario (77 %) y corta la caña por entresaque (74,2 %). En cuanto a la tecnología de proceso, la mayoría de las UP utiliza motores diésel para accionar los molinos (84,5 %), hornillas tradicionales con cámaras de combustión planas (80,1 %) e intercambiadores de calor semiesféricos (97,9 %); además, los trapiches generalmente no tienen aisladas las áreas de bagacera y de batido, moldeo y empaque de la panela (87,8 %). Desde el punto de vista de los subproductos, es el tipo de UP que menor uso hace de la palma, el bagacillo y la cachaza (anexo 18.2).

**Tipo II (n=201): representa las UP de escala mediana, con niveles intermedios de tecnificación y diversificación productiva:** corresponde al 26,5 % de las UP encuestadas, localizadas en su mayoría en los departamentos de Antioquia, Norte de Santander y Cundinamarca; poseen áreas en caña de 10,3 ha en promedio, con capacidad de producción de 75,7 kg de panela/h, una producción anual de 53,1 toneladas de panela, un índice de especialización en caña para panela del 45 % del área de las fincas y producción de formas diversificadas de panela pulverizada en un

6 % de los casos. Castellanos Domínguez et al. (2010) describen que el sistema de producción de caña panelera está conformado por pequeñas y medianas parcelas que han pasado por procesos de transformación artesanal, ubicadas en zonas de alta montaña, con límites naturales de fertilidad del suelo, baja mecanización, mano de obra de base familiar y bajos niveles de tecnología o capital de inversión. Desde el punto de vista socioeconómico, estas UP se caracterizan por la baja participación de las mujeres como jefes de hogar (9 %); por una edad promedio de 55 años en los jefes de hogar, que además tienen los mayores niveles de analfabetismo (17 %), y por tener los mayores niveles de contratación de trabajadores y de asociatividad. Respecto a la asociatividad, en un estudio realizado por León Sánchez y Useche Cárdenas (2018) en caña de azúcar y panela, el 100 % de las familias afirmaron que el haberse agremiado como asociación les permitió mejorar los procesos de comercialización y adquisición de maquinaria bajo la figura de donación, así como acceder más fácilmente a estrategias de transformación e innovación de la panela.

En cuanto al manejo de los cultivos, cerca de una cuarta parte de las UP ha introducido nuevas variedades de caña (25,4 %); una tercera parte usa fertilizantes orgánicos (32,3 %), controla problemas fitosanitarios (32,3 %) y utiliza químicos para el control de arvenses (34,8 %), y la mayoría realiza el corte por entresaque (77,1 %). En cuanto al procesamiento de la caña, en este tipo predomina la utilización de motores diésel (60,2 %) y eléctricos (34,3 %), con mayores niveles de adopción de hornillas mejoradas (21,8 %) y de pailas meloterías (69,1 %).

Respecto al uso de subproductos, se observa que el tipo II es el que mayor utilización hace de la palma de la caña, el bagacillo recuperado en los prelimpiadores y la ceniza generada por los combustibles quemados en las hornillas; en general, estos elementos son aprovechados para alimentación de animales de la finca y como abono orgánico de caña y otros cultivos. Asimismo, la utilización y aprovechamiento de estos subproductos ha contribuido a ampliar las posibilidades de diversificación de las actividades de la UP, así

como a integrar a la mujer campesina en labores diferentes a las de su rol tradicional, como el manejo y administración de actividades de producción animal (Rodríguez et al., 2007) (anexo 18.2).

**Tipo III (n=162): representa las UP empresariales, con mayor adopción de tecnologías y especialización en la producción panelera:** corresponde al 21,3 % de las UP, ubicadas principalmente en los departamentos de Santander, Boyacá y Nariño. El área en caña es de 10,6 ha en promedio, con una producción promedio de panela de 127,5 kg/h, una producción anual de 106,6 toneladas y un índice de especialización en caña panelera del 59 %; según datos de la FAO en Colombia, el área de la finca ocupada por el cultivo de caña es cercana al 68 %. Desde el punto de vista socioeconómico, estas UP tienen la menor participación de las mujeres como jefes de hogar (6 %), una edad promedio de 56 años de los jefes de hogar y los menores niveles de analfabetismo (6 %).

En el tipo III, el manejo del cultivo se caracteriza por tener los mayores niveles de introducción de nuevas variedades de caña (40,7 %), aunque predominan las variedades tradicionales. La mayor parte de los productores realiza fertilización química (79 %), control de arvenses con herbicidas (55,6 %), manejo de problemas fitosanitarios con productos biológicos (37,04 %) y corte de la caña por parejo (88,8 %). Respecto al manejo del procesamiento, predominan los motores eléctricos (82,7 %), el uso de prelimpiadores, el aislamiento de las áreas de bagacera de las áreas de batido, moldeo y empaque de la panela (74,6 %), así como intercambiadores de calor (y sus falcas) en acero inoxidable.

En cuanto al uso de los subproductos, el tipo III es el que mayor utilización hace de la cachaza y presenta niveles intermedios de uso de palma y bagacillo (anexo 18.2). De acuerdo con lo anterior, este tipo de UP tecnificadas de caña implica el corte por parejo y obliga el uso de agroquímicos, una alta densidad de siembra y la obtención de altos rendimientos, “con rangos entre 80 y 170 t de caña por hectárea” (León Sánchez & Useche Cárdenas, 2018).

## Dominios de recomendación por tipología de UP

El tipo I tiene la mayor representatividad en la muestra; está compuesto por UP con un alto arraigo social a los sistemas agrícolas tradicionales y una menor dotación de tierra y capital, condiciones que generan una menor adopción de nuevas tecnologías que impliquen una inversión significativa de recursos monetarios para los productores. En esta situación, se debe apuntar a desarrollar y validar tecnologías apropiadas para cultivos manejados por entresaque; a mejorar la eficiencia energética de los trapiches, mediante la reforma de hornillas individuales; a construir nuevas hornillas, de mayor capacidad productiva, que asocien a productores de pequeña escala, y a diseñar programas de capacitación tecnológica dirigidos principalmente a mujeres y jóvenes rurales.

En el tipo II se debe fomentar la agricultura diversificada, lo que disminuirá la vulnerabilidad de los productores a la inestabilidad cíclica de los precios de la panela. La implementación de sistemas de producción animal en las fincas paneleras favorecerá la generación de nuevos ingresos agrícolas y la seguridad alimentaria tanto en el hogar como en las regiones paneleras, muchas de las cuales actualmente tienen que adquirir bienes alimentarios, principalmente proteína animal, de otras regiones del país y del exterior. Además, se deben fortalecer las alianzas entre las asociaciones, con el fin de generar capacitaciones relacionadas con la implementación, uso y manejo de nuevas tecnologías y variedades, para así aumentar su adopción dentro de los sistemas productivos.

En contraste, el tipo III exhibe un comportamiento empresarial, lo cual indica que la generación de ingresos va más allá de satisfacer únicamente las necesidades de subsistencia, pues también permite invertir excedentes en la generación y transferencia de prácticas de cultivo más sostenibles y en el mejoramiento de las instalaciones y operaciones de procesamiento, dirigidas a aumentar la productividad agrícola e industrial, disminuir los costos de producción y mejorar la calidad y la presentación de la panela, en búsqueda de

nuevos segmentos de mercado, de mayor capacidad adquisitiva a nivel nacional y de mercados de exportación.

## Conclusiones

En este estudio se utilizaron datos de una encuesta de corte transversal, representativa a nivel nacional, realizada en doce departamentos productores, lo que permite describir de forma más general los resultados de la producción de caña para panela en el país. Lo anterior permitió identificar distintos grupos o tipos heterogéneos de UP agroindustriales de panela. Los resultados indican que, a la hora de diseñar innovaciones tecnológicas para la agroindustria panelera, no solo es importante considerar la dotación de recursos, sino también las características socioculturales de los productores. En este sentido, las políticas de ciencia y tecnología agropecuaria para el subsector panelero deben focalizarse en la investigación y el desarrollo de tecnologías apropiadas a cada tipología de productores, así como en el diseño y ejecución de programas de transferencia adaptados a las características socioculturales de cada tipo de UP, como los aquí identificados.

## Agradecimientos

En primer término, agradecemos al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por el financiamiento del proyecto “Indicadores de competitividad y sostenibilidad de modelos productivos regionales de la agroindustria panelera colombiana”, y al Sistema General de Regalías por el financiamiento del proyecto “Fortalecimiento del sector panelero, mediante investigación e innovación agrícola y agroindustrial en el departamento de Nariño”, los cuales sirvieron de base para este capítulo. De manera especial, agradecemos a los productores que nos brindaron su información y al equipo de AGROSAVIA que participó en la realización de las entrevistas con los productores en las diferentes regiones paneleras, así: Antioquia: Juan Gonzalo López; Boyacá: Richard Sánchez y Carlos González; Caldas: Iader Correa; Caquetá: Pablo Ramos, Mauricio Castro y

Yeraldine Vargas; Cesar: Pilar Bucheli, Estefanía Fajardo y Jairo Ulloa; Cundinamarca: Richard Sánchez y Carlos González; Huila: Pablo Ramos y Yeraldine Vargas; Nariño: Jacqueline Gavilanes; Norte de Santander: Pilar Bucheli, Estefanía Fajardo y Jairo Ulloa; Risaralda: Iader Correa; Santander: Richard Sánchez y Carlos González; Tolima: Kemis Sierra y Jhonny Guarnizo.

## Referencias

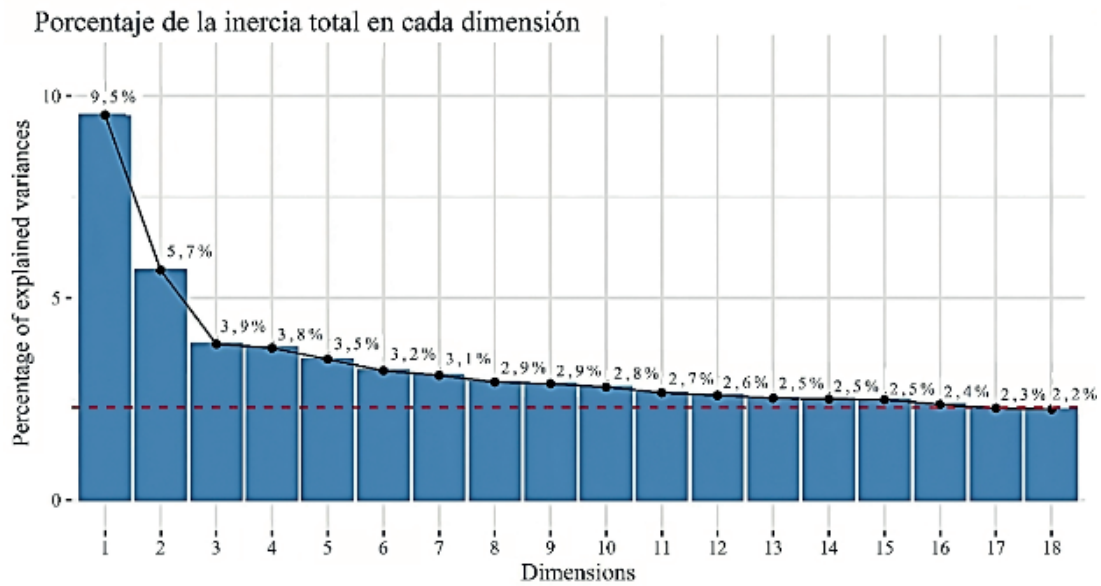
- Blazy, J.-M., Ozier-Lafontaine, H., Doré, T., Thomas, A., & Wery, J. (2009). A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agricultural Systems*, 101(1-2), 30-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2009.02.004>
- Castellanos Domínguez, O., Torres Piñeros, L. M., & Flórez, D. H. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3408>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA)*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena#presentaciones-por-departamento>
- García, H. R., Albarracín, L. C., Toscano Latorre, A., Santana, N. J., & Insuasty, O. (2007). *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13454>
- Hamelin, L., Møller, H. B., & Jørgensen, U. (2021). Harnessing the full potential of biomethane towards tomorrow's bioeconomy: A national case study coupling sustainable agricultural intensification, emerging biogas technologies and energy system analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, artículo 110506. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110506>
- Kostov, B., Bécue-Bertaut, M., & Husson, F. (2015). Correspondence analysis on generalised aggregated lexical tables (CA-GALT) in the FactoMineR Package. *The R Journal*, 7(1), 109-117. <http://dx.doi.org/10.32614/rj-2015-010>

- León Sánchez, I. C., & Useche Cárdenas, L. F. (2018). *La producción de la caña de azúcar y panela, y la incidencia que esta práctica tiene en el nivel de vida de las familias productoras del municipio de Villeta, departamento de Cundinamarca* [tesis de maestría, Universidad de La Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest\\_gestion\\_desarrollo/146/](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_gestion_desarrollo/146/)
- Osorio Cardona, J. A., Martínez Lemus, E. P., Hio, J. C., Aguirre Rodríguez, J. E., Vergara Ávila, J. A., Luque Sanabria, N. Y., Rojas Zambrano, E. D., & Cruz Castiblanco, G. N. (2020). Caracterización sanitaria de los cultivos de granadilla, gulupa y maracuyá en Colombia, con especial referencia a la secadera causada por *Fusarium solani* f. sp. *passiflorae*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Parsons, V. L. (2017). Stratified sampling. En N. Balakrishnan, T. Colton, B. Everitt, W. W. Piegorisch, F. Ruggeri, & J. L. Teugels (Eds.), *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat05999.pub2>
- Ramírez Gil, J. G. (2017). Characterization of traditional production systems of sugarcane for panela and some prospects for improving their sustainability. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70(1), 8.045-8.055. <https://doi.org/10.15446/rfna.v70n1.61763>
- Rodríguez, G., García, H., Roa Díaz, Z., & Santacoloma, P. (2007). *Panela production as a strategy for diversifying incomes in rural area of Latin America* [AGSF: working document 6]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/3/ap307e/ap307e.pdf>
- Rodríguez, J., Velásquez, F., Espitia, J., Escobar, S., & Mendieta, O. (2018). Thermal performance evaluation of production technologies for non-centrifuged sugar for improvement in energy utilization. *Energy*, 152, 858-865. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.127>
- Saridakis, G., Georgellis, Y., Muñoz Torres, R. I., Mohammed, A.-M., & Blackburn, R. (2021). From subsistence farming to agribusiness and nonfarm entrepreneurship: Does it improve economic conditions and well-being? *Journal of Business Research*, 136, 567-579. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.07.037>
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2014). *Estudio de caracterización del sector agropecuario en Colombia* (tomo II).

Shukla, R., Agarwal, A., Gornott, C., Sachdeva, K., & Joshi, P. K. (2019). Farmer typology to understand differentiated climate change adaptation in Himalaya. *Scientific Reports*, 9(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-56931-9>

## Anexos capítulo 18

**Anexo 18.1.** Porcentaje de varianza acumulada en el análisis factorial para datos mixtos (AFDM)



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 18.2.** Comparación entre los tipos de UP de panela**Componente general**

Variable	Clase	Tipo I (n= 396)	Tipo II (n= 201)	Tipo III (n= 162)	Prueba chi-cuadrado- significancia
		%	%	%	
Departamentos	Cundina- marca	27,27	24,38	1,23	< 0,0001
	Boyacá	0,76	0,50	13,58	
	Caldas	10,10	7,96	0,62	
	Caquetá	2,78	4,48	0,00	
	Nariño	11,87	0,50	61,73	
	Tolima	16,67	5,97	0,00	
	Risaralda	3,03	4,98	2,47	
	Huila	20,20	4,48	3,09	
	Norte de Santander	4,80	11,44	0,62	
	Antioquia	1,77	31,34	4,94	
	Cesar	0,76	3,98	0,00	
Santander	0,00	0,00	11,73		

**Aspectos técnicos del cultivo**

Variable	Clase	Tipo I (n= 396)	Tipo II (n= 201)	Tipo III (n= 162)	Prueba chi-cuadrado- significancia
Variedad de caña	Introducida	10,35a	25,37ab	40,74b	0,018
	Tradicional	89,65a	74,63ab	59,26b	
Tipo de fertilización	Orgánica	7,83a	29,35b	0,62a	< 0,0001
	Química	27,78a	20,90a	79,01b	
	Combinada (o/q)*	4,80a	17,91b	7,41a	
	Ninguno	59,60a	31,84b	12,96c	
Tipo de control fitosanitario	Biológico	11,87a	20,40b	37,04b	< 0,0001
	Cultural	5,56a	5,47a	4,32a	
	Ambos (b/q)*	1,26a	0,00a	4,94a	
	Químico	4,29a	8,46b	9,88b	
	Ninguno	77,02a	65,67a	43,83b	

(Continúa)

Variable	Clase	Tipo I (n= 396)	Tipo II (n= 201)	Tipo III (n= 162)	Prueba chi-cuadrado- significancia
Método de cosecha	Entresaque	74,24a	77,11a	10,49b	< 0,0001
	Parejo	17,93a	18,41a	88,89c	
	Parejo sin renovación	5,81a	1,49b	0,00b	
	Combinada (p/e)*	2,02ab	2,99b	0,62a	
Topografía	Pendiente	46,72a	60,70a	16,05b	< 0,0001
	Plana	5,56a	6,47a	14,20b	
	Ondulada	47,73a	32,84a	69,75b	
Control de malezas	Manual	66,92a	64,68a	11,73b	< 0,0001
	Ambos (m/q)*	27,27a	32,84a	55,56b	
	Ninguno	2,53a	0,50a	8,02b	
	Químico	3,28a	1,99a	24,69b	

\* Combinada (o/q): orgánica y química; combinada (p/e): parejo y entresaque; ambos (b/q): biológico y químico; ambos (m/q): manual y químico.

**Nota:** Las letras junto a los valores denotan diferencias significativas entre cada tipo de UP.

### Descripción de la planta de proceso

Variable	Clase	Tipo I (n= 396)	Tipo II (n= 201)	Tipo III (n= 162)	Prueba chi-cuadrado- significancia
Combustible del motor	Tracción animal	2,27a	0,50a	0,00a	< 0,0001
	Diésel	84,85a	60,20b	17,28c	
	Eléctrico	11,11a	34,33b	82,72c	
	Agua	0,51a	4,48a	0,00a	
	Gasolina	1,26a	0,50a	0,00a	
Tipo de cámara de combustión	Plana	80,81a	72,14b	81,48a	< 0,0001
	Plana mejorada	16,92a	21,89a	5,56b	
	Caldera	0,00a	1,00a	2,47a	
	Ward-Cimpa	2,27a	4,98a	10,49b	
Forma del casco	Pirotubular aleteado	2,02a	12,94a	3,70a	< 0,0001
	Tradicional-semiesférico	97,98a	87,06a	96,30a	

(Continúa)

Variable	Clase	Tipo I (n=396)	Tipo II (n=201)	Tipo III (n=162)	Prueba chi-cuadrado- significancia
Equipo prelimpiador de jugos	Tradicional	32,58a	29,35a	15,43b	< 0,0001
	Acero inoxidable	14,39a	49,75b	74,69c	
	No	53,03a	20,90b	9,88b	
Aislamiento del área de secado del bagazo de caña	No	87,37a	73,13a	33,33b	< 0,0001
	Sí	12,63a	26,87a	66,67b	
Aislamiento del área de batido y moldeo	No	87,88a	62,19b	25,31c	< 0,0001
	Sí	12,12a	37,81b	74,69c	
Compra clarificante	No	92,42a	88,06a	33,95b	< 0,0001
	Sí	7,58a	11,94a	66,05b	
Tipo de panela	Bloque y pulverizada	3,79a	5,97a	1,85a	0,0526
	Bloque	90,66ab	85,57b	95,06a	
	Bloque y pastilla	5,56a	8,46b	3,09a	
Flujo de jugos	Paralelo	58,59a	29,85b	63,58c	< 0,0001
	A contra-corriente	28,54a	33,83b	8,02c	
	Mixto	12,88a	36,32b	28,40b	
Material de la falca	Convencional	78,79a	39,80b	28,40b	< 0,0001
	Acero inoxidable	17,42a	54,73b	70,37c	
	Ninguno	3,79a	5,47a	1,23b	
Material de las cachaceras	Ninguno	19,70a	6,97a	9,88a	< 0,0001
	Tradicional	75,00a	72,64a	33,33b	
	Acero inoxidable	5,30a	20,40b	56,79c	
Material de las meloterías	Acero inoxidable	0,00a	6,97b	5,56b	< 0,0001
	Tradicional	17,68a	62,19b	25,93c	
	Ninguno	82,32a	30,85b	68,52c	
Picadora	No	89,65a	56,72b	95,06c	< 0,0001
	Sí	10,35a	43,28b	4,94a	

**Nota:** Las letras junto a los valores denotan diferencias significativas entre cada tipo de UP.

### Subproductos y residuos

Variable	Clase	Tipo I (n=396)	Tipo II (n=201)	Tipo III (n=162)	Prueba chi-cuadrado- significancia
Uso de palma-cogollo	Animales	32,83a	84,58b	55,56a	<0,0001
	No lo aprovecha	22,22a	8,46b	33,33a	
	Lote	44,95a	6,97b	11,11b	
Uso de bagacillo	Lo bota	79,29a	39,80b	54,94b	<0,0001
	Compostaje	4,04a	29,85b	19,75b	
	Cultivo	15,40a	21,39a	21,60a	
	Melote + animales	1,26a	8,96b	3,70ab	
Uso de cachaza	Lo bota	41,41a	6,47b	6,17b	<0,0001
	Cultivo	6,31a	6,97a	0,00a	
	Melote + animales	52,27a	86,57b	93,83b	
Uso de ceniza	Lo bota	42,68a	16,92b	46,91a	<0,0001
	Compostaje	1,52a	2,99a	9,26b	
	Cultivo	55,81a	80,10b	43,83a	

**Nota:** Las letras junto a los valores denotan diferencias significativas entre cada tipo de UP.

### Aspectos sociales

Variable	Clase	Tipo I (n=396)	Tipo II (n=201)	Tipo III (n=162)	Prueba chi-cuadrado- significancia
Sexo del jefe del hogar	Masculino	84,34a	90,55b	93,83b	0,0032
	Femenino	15,66a	9,45b	6,17b	
Asociación agropecuaria	No	70,71a	60,20a	64,20a	0,2080
	Sí	29,29a	39,80a	35,80a	
Trabaja en la finca	No	17,42a	20,90a	6,17b	0,0004
	Sí	82,58a	79,10a	93,83b	
Contrata jornales	No	83,33a	73,13a	82,10a	0,385
	Sí	16,67a	26,87a	17,90a	
Nivel educativo	Ninguno	13,89a	17,41a	5,56b	0,0040
	Primaria	71,21a	64,68a	67,28a	
	Bachillerato	12,63a	15,92ab	24,69b	
	Técnico	1,77a	1,00a	1,85a	
	Universitario	0,51a	1,00a	0,62a	

**Nota:** Las letras junto a los valores denotan diferencias significativas entre cada tipo de UP.

**Variables cuantitativas**

Variable	Tipo I (n=396)	Tipo II (n=201)	Tipo III (n=162)	p valor
Área de la UP (ha)	16,17 ± 2,23 a	30,42 ± 3,43 b	20,85 ± 2,58 a	0,0008
Área sembrada en caña de azúcar (ha)	4,5 ± 0,3 b	10,28 ± 1,68 a	10,64 ± 2,06 ab	0,0001
Importancia relativa del cultivo de caña de azúcar dentro de la UP (%)	52,76 ± 1,61 a	45,4 ± 2,10 b	58,89 ± 2,66 b	< 0,0001
Capacidad de producción por UP (kg/h)	70,78 ± 2,82 a	75,74 ± 3,97 b	127,52 ± 5,08 b	0,0003
Producción de panela por UP (t/año)	37,89 ± 2,80 a	53,15 ± 5,74 a	106,61 ± 10,7 b	< 0,0001
Edad del jefe del hogar (años)	52,82 ± 0,66 a	55,13 ± 0,87 a	55,8 ± 0,97 a	0,121

**Nota:** Las letras junto a los valores denotan diferencias significativas en  $p < 0,0$ , mediante análisis de varianza y comparación de medias de Tukey. Los valores hacen referencia al promedio de cada grupo.

**Fuente:** Elaboración propia