



## Diversidad de empresas agroindustriales rurales: tipologías de producción de panela en Huila, Colombia<sup>1</sup>

### Rural agro-industrial enterprises diversity: typologies of panela production in Huila, Colombia

Gonzalo Alfredo Rodríguez-Borray<sup>2</sup>, Ginna Natalia Cruz-Castiblanco<sup>2</sup>, José Luis Tauta-Muñoz<sup>2</sup>,  
Bellanid Huertas-Carranza<sup>2</sup>, Sonia Mercedes Polo-Murcia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Recepción: 16 de agosto, 2021. Aceptación: 19 de noviembre, 2021. Este trabajo formó parte del proyecto: “Indicadores de competitividad y sostenibilidad de modelos productivos regionales de la agroindustria panelera colombiana” financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

<sup>2</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Centro de Investigación Tibaitatá – Km. 14, vía Mosquera – Bogotá, Colombia. [grodriguez@agrosavia.co](mailto:grodriguez@agrosavia.co) (<https://orcid.org/0000-0001-6261-7418>); [gacruz@agrosavia.co](mailto:gacruz@agrosavia.co) (<https://orcid.org/0000-0003-2355-4914>); [jtauta@agrosavia.co](mailto:jtauta@agrosavia.co) (<https://orcid.org/0000-0002-2837-4931>); [bhuertas@agrosavia.co](mailto:bhuertas@agrosavia.co) (<https://orcid.org/0000-0002-1034-4072>); [spolo@agrosavia.co](mailto:spolo@agrosavia.co) (autora para la correspondencia, <https://orcid.org/0000-0001-9362-4717>).

## Resumen

**Introducción.** Las tipologías se pueden utilizar como un mecanismo para abordar la heterogeneidad de los sistemas agrícolas. La panela o azúcar de caña no centrifugado, es un edulcorante tradicional de gran importancia económica y cultural en Colombia, genera 236 000 empleos directos al año y se produce en 47 % de los municipios del país. **Objetivo.** Identificar tipologías de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela con base en características técnicas y socioeconómicas en el departamento de Huila, Colombia. **Materiales y métodos.** Se utilizó la técnica estadística multivariada de análisis factorial de datos mezclados (AFDM) con datos de 94 UPA, tomados de una encuesta representativa de corte transversal del año 2019 realizada en el marco del presente estudio. La encuesta proporcionó información sobre variables del ciclo productivo, socioeconómicas y de manejo ambiental de sub-productos. **Resultados.** Se identificaron tres tipos diferenciados de UPA: tipo 1 (6 UPA- 6,38 %), compuesto por unidades orientadas a la diversificación productiva y transición tecnológica; tipo 2 (63 UPA-67,02 %): compuesto por unidades con manejo tradicional del cultivo, el proceso y el uso de subproductos; y tipo 3 (25 UPA-26,6 %): integrado por unidades especializadas en la producción de panela, con mayor tecnificación en cultivo y procesamiento de la caña de azúcar. **Conclusiones.** Se identificaron grupos heterogéneos de unidades de producción agroindustrial de panela en el departamento de Huila, Colombia, donde se desarrolla un modelo operativo de pequeña escala de carácter tradicional. La exploración empírica de esta investigación permitió delinear el potencial de adopción de tecnologías en los grupos identificados. Los programas de transferencia de tecnología deben considerar las características técnicas y socioeconómicas de las UPA.

**Palabras clave:** análisis multivariado, *Saccharum* spp., tecnología alimentaria, agricultura familiar.



## Abstract

**Introduction.** Typologies can be used as a mechanism to address the heterogeneity of agricultural systems. Panela, or non-centrifuged cane sugar, is a traditional sweetener of great economic and cultural importance in Colombia, it generates 236,000 direct jobs per year and is produced in 47 % of the country's municipalities. **Objective.** To identify typologies of agro-industrial production units (UPA) of panela based on technical and socioeconomic characteristics in the department of Huila, Colombia. **Materials and methods.** The multivariate statistical technique of mixed data factor analysis (AFDM) was used with data from 94 UPAs, taken from a representative cross-sectional survey of the year 2019 carried out within the framework of this study. The survey provided information on production cycle, socioeconomic, and environmental management management of by-products. **Results.** Three differentiated types of UPA were identified: type 1 (6 UPA- 6.38 %): composed of units oriented to productive diversification and technological transition; type 2 (63 UPA-67.02 %): composed of units with traditional management of the cultivation, processing and use of by-products; and type 3 (25 UPA-26,6 %): composed of units specialized in the production of panela, with greater technification in cultivation and processing of sugarcane. **Conclusions.** Different heterogeneous groups of panela agro-industrial production units were identified in the department of Huila, Colombia, where a traditional small-scale operation model is developed. The empirical exploration of this research made it possible to delineate the potential for technology adoption in the identified groups. Technology transfer programs should consider the technical and socioeconomic characteristics of the UPAs.

**Keywords:** multivariate analysis, *Saccharum* spp., food technology, family farming.

## Introducción

El conocimiento de los sistemas productivos de pequeños agricultores es necesario para proponer soluciones frente a situaciones críticas (Solís Lucas et al., 2020). La conformación de grupos coherentes con características similares es uno de los desafíos que enfrenta la investigación agrícola (Machado Vargas et al., 2015). Estudios previos han revelado que en diferentes entornos agroecológicos los factores socioeconómicos, institucionales y biofísicos influyen en la adopción de tecnologías agrícolas (Kpadonou et al., 2017; Musafiri, et al., 2020).

Las tipologías proporcionan bases para orientar intervenciones tecnológicas en sistemas agrícolas de pequeña escala, diversos y heterogéneos a nivel espacial. Por ejemplo, las tipologías de unidades productivas se utilizan para estudiar la adopción de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (Lopez-Ridaura et al., 2018; Makate et al., 2018), la eficiencia en el uso de recursos o la clasificación general de los tipos de explotación.

Entre las diversas herramientas que sirven para estudiar los sistemas de producción agrícolas se destaca la caracterización (Coaquira Incacari et al., 2019), la cual tiene como objetivo conseguir información técnica, social y económica de referencia sobre las prácticas y la productividad en el lugar de estudio, entender el proceso de toma de decisiones de los productores en relación con el funcionamiento de sus sistemas de producción e identificar los principales factores limitantes (Santistevan Méndez et al., 2014). Para la caracterización se suelen determinar unos indicadores representativos que pueden ser cualitativos o cuantitativos, los cuales deben ser ajustados o definidos de acuerdo con el objetivo del estudio y del problema a evaluar (Machado Vargas et al., 2015).

Las técnicas estadísticas que utilizan análisis multivariante son uno de los enfoques de mayor aplicación para construir tipologías, bajo este enfoque se aplican técnicas de reducción de datos, a partir de la combinación de múltiples variables en un número menor de factores o componentes principales (Alvarez et al., 2018).

La tipificación fundamentada en análisis multivariado permite mayor eficiencia en el diseño de políticas públicas de desarrollo rural y agrícola, al identificar rasgos distintivos que forman grupos de productores con características

similares (Mendoza-Orozco et al., 2019), de esta forma, se pueden implementar programas y estrategias dirigidas a grupos sociales específicos, determinar prioridades acordes a cada tipo de productor, identificar los componentes que se deben considerar al diseñar y aplicar estrategias de planeación en sus unidades productivas y focalizar los esfuerzos de investigación y transferencia de tecnologías hacia los grupos más vulnerables o con necesidades particulares (Marshall et al., 2014; Mendoza-Orozco et al., 2019; Santos Chávez et al., 2014).

La agroindustria es una estructura productiva importante para el desarrollo regional y local, mediante actividades como la producción de alimentos, la generación de empleo e ingresos y la provisión de productos procesados. La literatura es limitada respecto a estudios relacionados con el análisis de la heterogeneidad de agroindustrias familiares. En una agroindustria familiar la transformación de productos agrícolas para el autoconsumo o venta se realiza en pequeñas propiedades rurales. La elección de las agroindustrias para el análisis de tipologías se basa en su importancia dentro del sistema productivo agroalimentario y la mayor participación de la agricultura familiar en los valores agregados de los productos procesados (Kovtun, 2020).

La panela es un azúcar no centrifugado, sin refinar, producido al concentrar el jugo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), el cual se vierte en moldes para obtener bloques sólidos de diferentes formas y tamaños. La panela es considerada como una fuente importante de energía y nutrientes para la población en las áreas urbanas y rurales de los países donde se produce. La agroindustria panelera en Colombia genera alrededor de 236 000 empleos, en 20 000 plantas de procesamiento y produce casi 1,1 millones de toneladas de panela por año (Alarcón et al., 2020). El cultivo de caña de azúcar para la producción de panela es de gran importancia para la economía rural de Colombia (Rodríguez-Borray, Polo-Murcia et al., 2020).

La producción de panela se realiza en empresas rurales de procesamiento denominadas trapiches, el jugo de caña de azúcar se extrae en molinos de rodillos accionados por motores o animales; la evaporación del agua presente en el jugo de la caña y la concentración de sólidos solubles hasta niveles de 88 a 94 °Brix, se realiza en hornos constituidos por una cámara de combustión e intercambiadores de calor. En la literatura se han reportado dos tipos de cámaras de combustión utilizadas de forma tradicional en Colombia: planas y Ward-CIMPA (Rodríguez et al., 2018).

La cámara plana es un diseño de tipo empírico y artesanal que presenta ineficiencias térmicas debido a las bajas temperaturas de combustión (650-850 °C), tiempos de residencia inadecuados (cortos o prolongados), altas tasas de emisión de monóxido de carbono (5 %) y un mayor consumo específico de combustible (Velásquez et al., 2019). En contraste, la tecnología Ward-CIMPA desarrollada por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) genera un aumento significativo en la eficiencia térmica del proceso, al liberar tasas de calor más elevadas, que alcanzan temperaturas de combustión entre 850 y 1200 °C y reduce las emisiones de CO al 1 % (Rodríguez et al., 2018).

La evaporación y concentración del jugo de caña de azúcar se lleva a cabo en una sección transversal de intercambiadores de calor o evaporadores que tienen diferentes configuraciones geométricas, entre las de mayor uso se encuentran los semiesféricos, semicilíndricos, piro-tubulares, ranurados con o sin aletas. La panela es batida y llevada a moldes donde se solidifica, dándole forma cuadrada, redonda o granulada, que varía según los mercados de destino (Rodríguez-Borray, Polo-Murcia et al., 2020).

En Colombia para el período 2010–2019, la inversión promedio en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACT) para el sector agropecuario fue de 0,07 % del PIB nacional, en términos constantes de 2015, la inversión en ACT en el sector alcanzó US \$ 268 554 167 en 2019 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MINAGRICULTURA], s.f.). En la actualidad a nivel nacional se encuentran en ejecución cincuenta proyectos de investigación en el subsector panelero, de los cuales el 36 % se focaliza en manejo cosecha, poscosecha y transformación, el 18 % en material de siembra y mejoramiento genético, el 18 % transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación, el 10 % manejo del sistema productivo y el 18 % restante está relacionado con inocuidad, fisiología vegetal, manejo de suelos y aguas, entre otros (MINAGRICULTURA, s.f.).

Las unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela en Colombia exhiben diversidad dentro y entre agroecologías, también dentro del tipo de explotación agroindustrial. La heterogeneidad en las UPA de panela impide la implementación efectiva de las tecnologías generadas por diferentes grupos de investigación a nivel nacional, lo cual se refleja en las demandas priorizadas por la cadena en el PECTIA: Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario Colombiano (2017-2027) (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2016).

El departamento del Huila se encuentra al sur de Colombia, es atravesado por la cordillera de los Andes y el río Magdalena, tiene como eje de su economía el sector de agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura, con un aporte de 20,2 % al Producto Interno Bruto (PIB) departamental (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2021).

El subsector panelero en el Huila en promedio representa el 3,56 % del PIB agropecuario departamental (cálculo propio con base en cuentas nacionales departamentales), por su relevancia económica, ha recibido inversión pública del orden de 8 mil millones de pesos colombianos durante la última década a través del Fondo de Ciencia, tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías de la nación colombiana para la ejecución de dos proyectos denominados: Innovación tecnológica e investigación participativa en sistemas paneleros del sur del Huila y Fortalecimiento tecnológico para la reconversión de sistemas paneleros del sur del Huila (Sistema General de Regalías, s.f.).

Aunque los programas e iniciativas gubernamentales promueven el uso de innovaciones en el subsector panelero del Huila, se han realizado pocas investigaciones para evaluar su aceptación. Son limitados los estudios que muestran la diversidad de características de la agroindustria de la panela en el Huila, la poca información disponible se encuentra en reportes oficiales sucintos o generados por documentos técnicos de proyectos. Por ejemplo, Rozo Wilches et al. (2017) describieron las UPA de panela del departamento del Huila como unidades de “estructuras sencillas, de baja inversión de capital y tecnología, con baja eficiencia ambiental y económica”.

Al encontrar este vacío en la literatura, resulta interesante caracterizar la heterogeneidad de las UPA de panela en el Huila, mediante el desarrollo de tipologías como un primer paso, pero fundamental, para analizar la adopción de prácticas innovadoras en cuanto al manejo del cultivo de caña de azúcar y al procesamiento para producción de panela. Dichas tipologías podrían ayudar a respaldar intervenciones de políticas y programas de asesoramiento más sólidos para mejorar la adopción de tecnologías. También, pueden utilizarse para derivar estrategias y políticas más adecuadas para este subsector agroalimentario en el departamento.

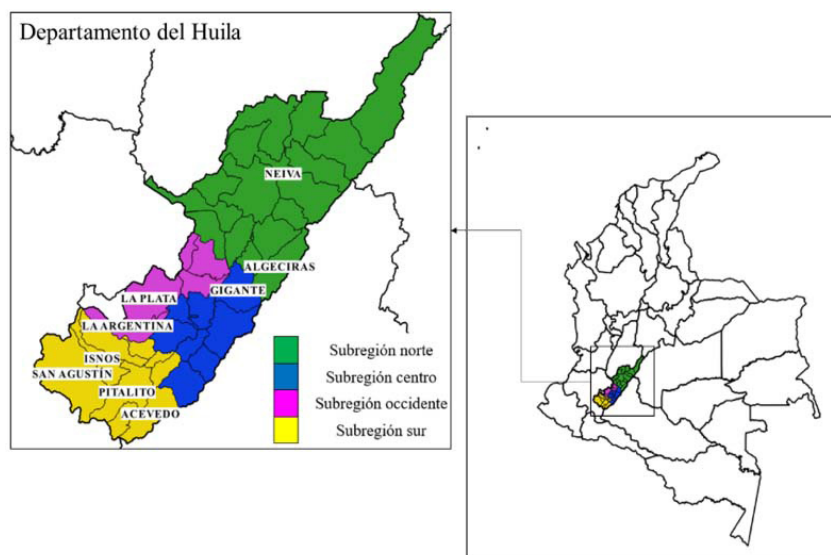
En este contexto, el objetivo de este trabajo fue identificar tipologías de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela con base en características técnicas y socioeconómicas en el departamento de Huila, Colombia.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El departamento del Huila se encuentra localizado en la parte sur occidental de Colombia, con gran variedad de paisajes, tipos de relieve, diversidad de litologías, suelos y unidades morfoestructurales, producto de la fuerte actividad tectónica, evidenciada en la cantidad de fallas, la intensa actividad volcánica y la actividad sísmica (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1994). El departamento se divide en cuatro subregiones: centro, norte, occidente y sur, dentro de las cuales se estudiaron nueve municipios en los que la producción de panela es importante para sus economías (Figura 1).

Huila es el octavo departamento productor de panela a nivel nacional, con cerca de 50 700 toneladas al año; se estima que en este departamento hay 3467 productores vinculados a la agroindustria de la caña de azúcar para



**Figura 1.** Localización del área de estudio para identificar y caracterizar tipologías de productores de caña de azúcar para producción de panela [azúcar moreno no centrifugado, sin refinar, obtenido de la evaporación y concentración del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)]. Huila, Colombia. 2019.

**Figure 1.** Location of the study area to identify and characterize typologies of sugar cane agricultures to produce panela [non centrifugal unrefined brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice]. Huila, Colombia. 2019.

panela, el área sembrada de caña de azúcar es de 8362 hectáreas y se reportan 1139 fábricas de panela (Rodríguez-Borray, Polo-Murcia et al., 2020).

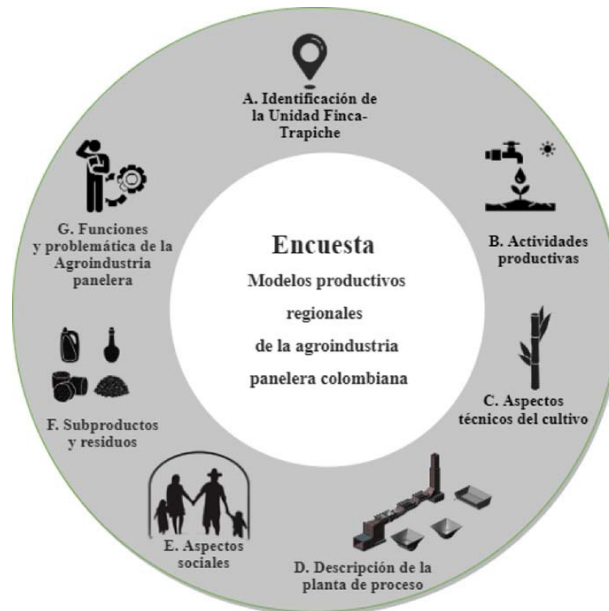
### Diseño y aplicación de encuesta semiestructurada

Se desarrolló un muestreo aleatorio estratificado (Parsons, 2017) y como marco de referencia se utilizó la base de datos de inscripción de trapiches de panela del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) en el año 2012, la cual se encuentra distribuida por departamentos y municipios.

El tamaño de muestra del estudio fue de 94 unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela, estratificado por nueve grupos, distribuidos de la siguiente manera: cinco en el municipio de Algeciras y cuatro en el municipio de Neiva, para un total de nueve encuestas en la subregión norte; dos en el municipio de Gigante, único municipio incluido de la subregión centro; cuatro en el municipio de La Argentina y cuatro en el municipio de La Plata, para un total de ocho encuestas en la subregión occidente; 41 en el municipio de Isnos, dos en el municipio de Acevedo, tres en el municipio de Pitalito y 29 en el municipio de San Agustín, para un total de 75 encuestas en la subregión sur, la cual representa más del 65 % del área sembrada en caña de azúcar en el departamento.

La recopilación de datos primarios se realizó a nivel de UPA durante los meses de febrero y marzo de 2019. Para esto se diseñó una encuesta estructurada de recolección de información con el fin de identificar las características socioeconómicas, técnicas y de manejo de subproductos. El formato contó con 111 preguntas, distribuidas en siete secciones (Figura 2).

En la sección A, se recopilaron el nombre del agricultor responsable de las decisiones en la UPA, teléfonos y contacto, localización del predio (coordenadas geográficas), tipo de tenencia y acceso a servicios públicos. La sección B, permitió recopilar información sobre las demás actividades agrícolas y pecuarias desarrolladas en la



**Figura 2.** Secciones de encuesta estructurada para la caracterización de las unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [azúcar moreno no centrifugado, sin refinar, obtenido de la evaporación y concentración del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)]. Departamento del Huila, Colombia. 2019.

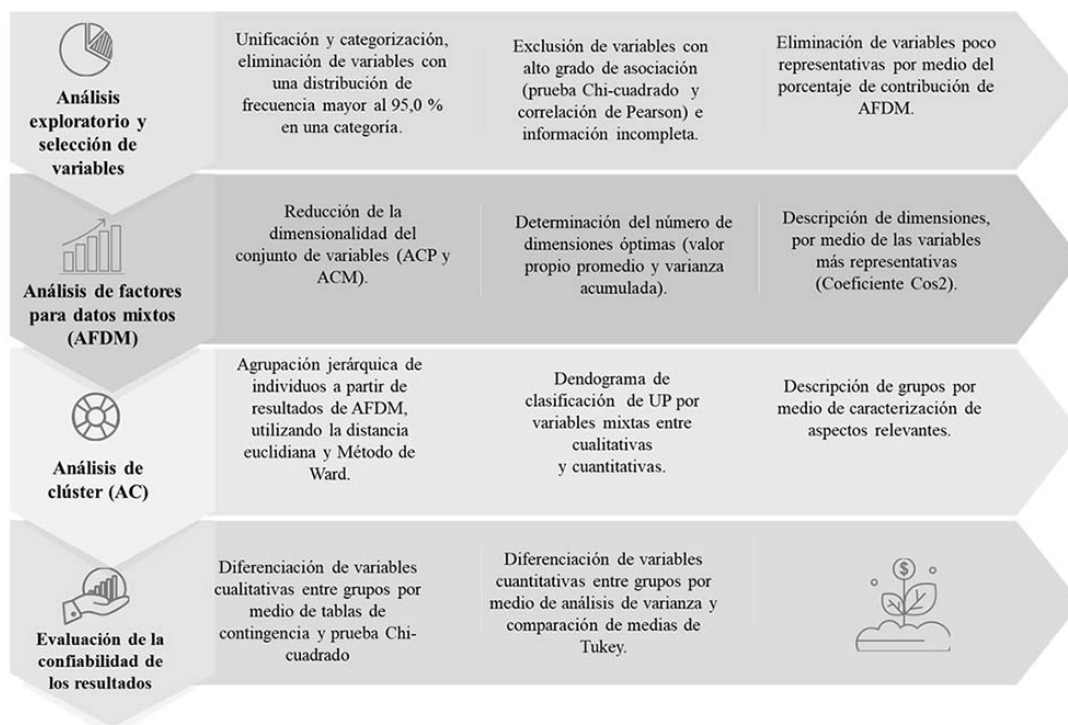
**Figure 2.** Structured survey sections for the characterization of the agro-industrial production units (UPA) of panela [non centrifugal, unrefined brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice]. Huila department, Colombia. 2019.

unidad de producción, esto con el fin de establecer el grado de importancia del cultivo y procesamiento de caña de azúcar dentro del esquema de la UPA.

En la sección C se identificaron los aspectos relevantes de manejo agronómico y cosecha del cultivo de caña de azúcar en las zonas de estudio. Las variables consideradas en esta sección incluyeron la variedad de caña sembrada en la UPA, que fue clasificada en variedad tradicional o variedad mejorada, el tipo de fertilización edáfica, el método de control de malezas y de manejo de plagas y enfermedades. También se indagó sobre el método de cosecha de la caña de azúcar clasificado en dos métodos principales, parejo o entresaque, el primero de ellos asociado a mayores niveles de tecnificación (Tauta Muñoz et al., 2018).

En la sección D, se identificaron aspectos relevantes del proceso de producción de panela, dadas las condiciones locales de tecnología utilizada. Las variables incluidas en esta sección del cuestionario fueron la fuente de energía del motor, el tipo de cámara de combustión, el tipo de transporte de la caña desde el lote hasta la fábrica, la forma de los intercambiadores de calor o evaporadores, el material de los equipos del proceso, el tipo de panela producida, si el área de batido y moldeo y el área de almacenamiento de bagazo se encontraban aisladas del tren de evaporadores, y si el aglutinante para clarificar el jugo de caña, se adquiría de árboles cultivados en la UPA o adquirirían en otras localidades.

En la sección E se indagó por la composición del hogar, las edades, la escolaridad, el servicio de salud, la participación en organizaciones y la cooperación en la comunidad. En la sección F se identificaron variables asociadas con el manejo y el aprovechamiento de materiales generados a partir de los procesos de cosecha, extracción y concentración del jugo de caña de azúcar para producción de panela. En la sección G se realizaron preguntas para identificar la percepción que tienen los productores sobre las dinámicas comerciales y productivas de la agroindustria panelera a nivel local.



**Figura 3.** Metodología de construcción de tipología de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [azúcar moreno no centrifugado, sin refinar, obtenido de la evaporación y concentración del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)], en el departamento del Huila, Colombia. 2019.

**Figure 3.** Methodology applied to typology of agro-industrial production units (UPA) of panela [non centrifugal unrefined brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice], in Huila department, Colombia. 2019.

### Análisis estadístico y definición de tipologías

La definición de tipologías se realizó a través de la implementación de un proceso secuencial (Figura 3), que incluyó las siguientes etapas: (i) análisis exploratorio y selección de variables (análisis de valores atípicos, transformación de variables y análisis de correlación), (ii) análisis factorial para datos mixtos, (iii) análisis clúster y (iv) evaluación de la confiabilidad de los resultados de la agrupación.

Con el propósito de disminuir información redundante y cumplir el supuesto de independencia entre variables, por medio de la correlación de Pearson ( $r$ ) se verificó la posible dependencia entre variables cuantitativas, en este estudio se excluyeron variables cuando  $r > 0,70$ .

#### *Análisis exploratorio de datos*

La información obtenida a partir de las encuestas fue organizada en una matriz de datos, con un total de 94 registros de UPA y 87 variables. Para reducir el número de respuestas de una variable determinada, se procedió a unificar y categorizar aquellas preguntas que contenían información similar, se eliminaron del análisis aquellas variables con un alto grado de asociación mediante pruebas de Pearson ( $r_2 > 0,7$  o  $< -0,7$ ) o aquellas que presentaron una frecuencia relativa mayor al 95 % en una categoría (Mendoza-Orozco et al., 2019; Solís Lucas et al., 2020).

**Cuadro 1.** Variables claves seleccionadas para la construcción de tipologías de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [azúcar moreno no centrifugado, sin refinar, obtenido de la evaporación y concentración del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)]. Departamento del Huila, Colombia. 2019.

**Table 1.** Selected key variables for the construction of typologies of agro-industrial production units (UPA) of panela [non centrifugal unrefined brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice]. Huila department, Colombia. 2019.

Sección	Variable	Tipo	Código
A. Identificación de la Unidad Productiva	Área total sembrada en caña de azúcar para producción de panela (ha)	Cuantitativa	V1
B. Actividades productivas	Relación entre el área sembrada en caña de azúcar para producción de panela y el área total de la UPA (%)	Cuantitativa	V2
C. Aspectos técnicos del cultivo	Variedad caña	Categórica	V3
	Método de cosecha	Categórica	V4
	Tipo de fertilización edáfica	Categórica	V5
	Tipo de control fitosanitario	Categórica	V6
D. Descripción de la planta de proceso	Tipo de transporte de caña desde el cultivo hasta el trapiche	Categórica	V7
	Forma del evaporador	Categórica	V8
	Aislamiento del área de secado y almacenamiento de bagazo de caña	Categórica	V9
	Aislamiento del área de batido, moldeo y empaque de panela	Categórica	V10
	Tiene equipo prelimpiador de jugos	Categórica	V11
	Material del equipo para recolección de sobrenadante de clarificación	Categórica	V12
	Material para retirar el sobrenadante de clarificación	Categórica	V13
	Tiene máquina picapasto	Categórica	V14
	Compra clarificante	Categórica	V15
	Tipo de panela producida	Categórica	V16
	Capacidad de producción por UPA (kg de panela h <sup>-1</sup> )	Cuantitativa	V17
	Producción anual de panela por UPA (t)	Cuantitativa	V18
	Tipo de energía utilizada para la operación del molino	Categórica	V19
E. Aspectos sociales	Dedicación completa del jefe del hogar al trabajo en la UPA	Categórica	V20
	Pertenece a alguna asociación agropecuaria	Categórica	V21
	Participación del núcleo familiar en el trabajo en la UPA	Categórica	V22
	Contratación mano de obra externa para el trabajo en la UP	Categórica	V23
F. Subproductos y residuos	Utilización de la parte apical de los tallos cosechados (palma o cogollo)	Categórica	V24
	Realización de compostaje	Categórica	V25
	Utilización del material recolectado (bagacillo) en el prelimpiador	Categórica	V26
	Utilización del sobrenadante de clarificación de jugos	Categórica	V27
	Utilización de la ceniza producida en la cámara de combustión	Categórica	V28

UPA: unidad productora/ UPA: production unit.



### *Análisis factorial*

Con veintiocho variables seleccionadas en la etapa anterior (Cuadro 1), se realizó un análisis de factores para datos mixtos (AFDM), el cual incluyó una combinación del análisis de componentes principales para las variables cualitativas (ACP) y el análisis de correspondencia múltiple (ACM) para las variables categóricas (Kostov et al., 2015; Shukla et al., 2019), lo que asegura equilibrar la influencia de variables, tanto continuas como categóricas, y estudiar las relaciones entre todas las variables.

### *Análisis clúster*

Se agruparon las UPA con características similares entre ellas y con heterogeneidad significativa entre grupos. El agrupamiento jerárquico se llevó a cabo con el método de Ward (Blazy et al., 2009) y la matriz de distancia euclidiana. Este procedimiento tiene por objeto describir, caracterizar e identificar grupos homogéneos de UPA con base en sus características (Mooi & Sarstedt, 2011; Vega-Dienstmaier & Arévalo-Flores, 2014). Mediante inspección subjetiva del dendrograma y la revisión de estadísticas se determinaron tres conglomerados, cada uno fue descrito al identificar los aspectos relevantes para comprender las diferencias entre sus tecnologías de producción.

### *Evaluación confiabilidad de resultados*

Una vez que se construyeron las tipologías se realizaron pruebas estadísticas que permiten observar diferencias, para las variables cualitativas se realizaron cuadros de contingencia con pruebas para definir diferencias estadísticas entre grupos y para las variables cualitativas se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, para determinar diferencias significativas entre los grupos encontrados (Tuesta Hidalgo et al., 2014).

El procesamiento de datos y el análisis estadístico se realizó con el software RStudio (RStudio Team, 2019) y los paquetes FactomineR (Lê et al., 2008) y Agricolae (Mendiburu, 2015) para calcular los resultados, y Factoextra para la visualización de gráficos (Alboukadel & Fabian, 2017).

## **Resultados**

El área promedio de las unidades de producción agroindustrial (UPA) encuestadas fue de  $10,31 \pm 31,24$  ha. El área cultivada en caña de azúcar para panela fue de  $5,50 \pm 27,59$  ha, con rendimientos promedio en caña cosechada de  $103 \pm 34$  t ha<sup>-1</sup>. El tiempo de procesamiento o molienda en promedio fue de 18,6 horas, los encuestados reportaron con mayor frecuencia (moda estadística) que esta actividad la desarrollan en un día de trabajo. La capacidad de producción de panela en promedio fue de  $94,01 \pm 95,87$  kg h<sup>-1</sup> y la producción anual promedio fue de  $37,5 \pm 45,04$  t.

El 38 % de las UPA declaró estar vinculado a una asociación agrícola. El 80 % de los responsables de las decisiones en la UPA era de género masculino, con edad media de  $56,13 \pm 15,11$  años. El nivel de educación de mayor frecuencia fue de primaria básica.

### **Definición de tipologías de UPA**

Para la definición de tipologías de UPA de panela se utilizaron las funciones AFDM (fviz\_eig, get\_famd\_ind, get\_famd\_var, fviz\_famd\_ind), se inició con la obtención de la proporción de varianzas retenidas por las diferentes dimensiones o ejes. El número de dimensiones óptimas fue de 18 y estas reunieron el 74,80 % de la variabilidad acumulada.

La producción anual de panela (V18), la relación entre el área en caña y el área de la finca (V2), el tipo de control fitosanitario (V6), la forma de transporte de la caña hasta el trapiche (V7), la forma del evaporador (V8) y el uso de diferentes subproductos del proceso (V28, V27 y V26), fueron las variables de mayor contribución a la discriminación de los grupos (Cuadro 2). Esto indica que hubo factores de escala productiva, de cultivo y de proceso, que incidieron en la diferenciación de las tipologías de producción panelera en el departamento de Huila.

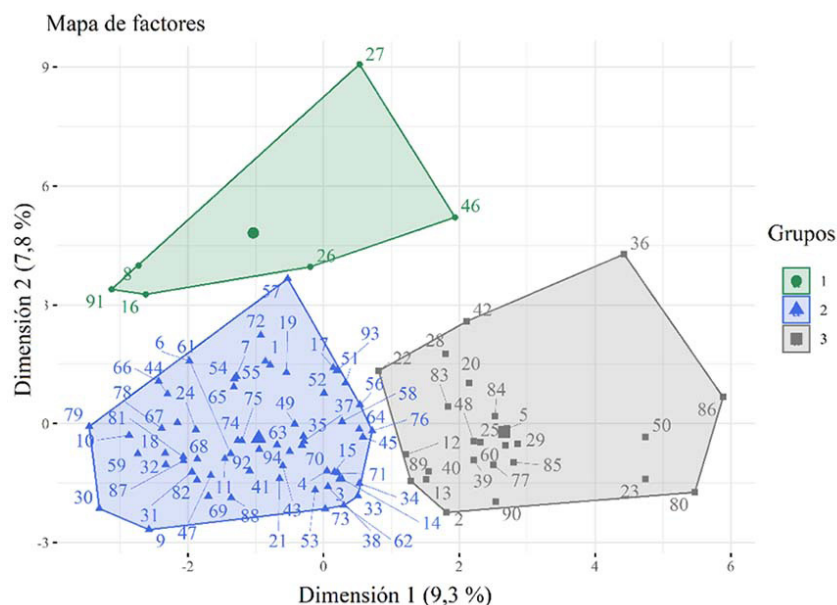
**Cuadro 2.** Contribución de las variables a los cinco primeros componentes del análisis factorial para datos mixtos, para la definición de tipologías de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [azúcar moreno no centrifugado, sin refinar, obtenido de la evaporación y concentración del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)]. Departamento del Huila, Colombia. 2019.

**Table 2.** Contribution of the variables to the first five components of the factorial analysis for mixed data, for the definition of typologies of agro-industrial production units (UPA) of panela [unrefined non centrifugal brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice]. Huila department, Colombia. 2019.

Tipo de variable	Componente	1	2	3	4	5
	Variable	Coeficiente R				
Cuantitativa	V1	0,436***	0,530***	0,042	0,169	0,356***
	V2	0,624***	0,288**	0,214	0,136	0,200
	V17	0,629***	0,047	0,097	0,163	0,197
	V18	0,773***	0,172	0,175	0,064	0,094
Cualitativa		Coeficiente R <sup>2</sup>				
	V3	0,124**	0,029	0,054*	0,001	0,000
	V6	0,069	0,130*	0,326***	0,175***	0,130***
	V7	0,372***	0,112*	0,065	0,006	0,028
	V8	0,028	0,401***	0,072**	0,090**	0,089**
	V9	0,362***	0,016	0,070*	0,613***	0,305***
	V10	0,332***	0,024	0,000	0,400***	0,226***
	V16	0,000	0,135***	0,024	0,039	0,057
	V19	0,040	0,067	0,301***	0,024	0,064*
	V22	0,020	0,007	0,006	0,029	0,017
	V24	0,009	0,282***	0,002	0,001	0,001
	V25	0,031	0,401***	0,003	0,093**	0,089**
	V26	0,023	0,256***	0,269***	0,023	0,032
	V27	0,024	0,318***	0,292***	0,004	0,006
	V28	0,050	0,417***	0,312***	0,003	0,021

Nivel de significancia Valor p: \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05. Valores altos de R y R<sup>2</sup> indican gran representatividad de la variable dentro del componente. / Significance level p-value: \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \* 0.05. High values of R and R<sup>2</sup> indicate great representativeness of the variable within the component.

Los resultados mostraron tres tipos diferenciados de UPA (Figura 4), el grupo Tipo 1 concentró el 6,38 % de la muestra, el Tipo 2 el 67,02 % y el Tipo 3 incorporó el 26,60 % de la muestra.



**Figura 4.** Conformación de los tres grupos de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [azúcar moreno no centrifugado, sin refinar, obtenido de la evaporación y concentración del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)]. Departamento del Huila, Colombia. 2019.

**Figure 4.** Conformation of the three groups of agro-industrial production units (UPA) of panela [non centrifugal unrefined brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice]. Huila department, Colombia. 2019.

#### *Descripción grupo Tipo 1*

El Tipo 1 fue catalogado como un grupo de diversificación productiva y de transición tecnológica, comprendió solo el 6,38 % de las UPA encuestadas, las cuales se localizaron en su mayoría en los municipios de San Agustín y La Argentina, con algunas unidades en los municipios de Isnos y La Plata.

El grupo Tipo 1 representó las UPA con la mayor superficie de tierra, en promedio  $61,9 \pm 7,7$  ha, sus actividades productivas eran diversificadas y orientadas a cultivos de frutales, la importancia relativa del cultivo de caña de azúcar era la menor respecto a los otros dos grupos, solo representó el 30,4 % del área cultivable de la UPA, con una superficie sembrada en caña para panela de  $7,2 \pm 2,5$  ha. En cuanto a las características socioeconómicas, la edad promedio del agricultor responsable de la toma de decisiones en las UPA era de 57 años. El 66,7 % de UPA de este grupo realizaba contratación de mano de obra externa al núcleo familiar.

El cultivo de caña de azúcar se desarrollaba en esquemas que combinaban el manejo tradicional y tecnificado, con predominancia de siembra de cultivares de caña tradicionales (66,7 %), la utilización de fertilizantes orgánicos (33,3 %) y químicos (33,3 %), el control de malezas de forma manual (66,7 %) y bajo control fitosanitario (50,0 %). El 50 % de las UPA del Tipo 1 realizaba la cosecha de caña de azúcar por el método de corte por parejo y el 50 % restante por entresaque. El 66,7 % de las UPA utilizaba animales de carga (mulares) para el transporte de la caña de azúcar desde el lote hasta la planta de proceso.

En la fase de procesamiento, el 100 % de las UPA de panela utilizaba motores diesel para la tracción del molino, el 66,7 % de las UPA realizaba el proceso de evaporación y concentración de jugos de caña en evaporadores semiesféricos tradicionales y cámara de combustión plana tradicional. En el 83,3 % de las UPA que conformaron

el grupo Tipo 1 las áreas de procesamiento no tenían aislamiento para realizar las operaciones de evaporación de jugos, batido, moldeo y empaque final de la panela.

La producción anual de panela era la menor respecto a los otros dos grupos identificados, en promedio las UPA en este grupo producían 19,3 toneladas al año. El 16,7 % de las UPA del grupo 1 reportó la producción de panela granulada, de forma simultánea con la producción de panela en bloque.

En términos de aprovechamiento de subproductos y residuos, el grupo Tipo 1 se caracterizó por la utilización de residuos de cosecha de la caña de azúcar para la alimentación de animales y para complementar la fertilización de los cultivos.

### *Descripción grupo Tipo 2*

El grupo Tipo 2 comprendió el 67,0 % de las UPA evaluadas en este estudio. Se consideró como un grupo tradicional de agroindustria familiar, por el manejo básico del cultivo, el proceso y el uso de subproductos.

En el grupo Tipo 2 en promedio el área de la UPA fue de  $6,8 \pm 1,1$  ha. El 52,7 % del área total la destinaban a la siembra de caña de azúcar para panela. El cultivo de caña de azúcar se caracterizó por el bajo nivel de tecnificación, 92,7 % de las UPA sembraba variedades tradicionales, 41,3 % no realizaba fertilización del cultivo de caña de azúcar, 61,9 % hacía control manual de malezas y cerca del 70 % no realizaba control fitosanitario del barrenador del tallo de la caña de azúcar.

El 74,6 % de las UPA cosechaba la caña de azúcar por el método de entresaque y 65,1 % utilizaba animales para transportar la caña desde el cultivo hasta la planta de procesamiento. En la fase de proceso, el 93,7 % de las UPA utilizaba cámaras planas de combustión. El 98,4 % evaporadores semiesféricos tradicionales y 76,2 % no usaba equipo prelimpiador de jugos. El 93,65 % de las UPA que conformó este grupo se caracterizó por la infraestructura de planta de proceso de tipo artesanal, sin aislamiento de las áreas de proceso. El 10 % de las UPA producía panela en presentación granulada.

El grupo Tipo 2 sobresalió por la limitada utilización de subproductos tales como el cogollo de la caña, el bagacillo, la cachaza y la ceniza, con valores inferiores al que presentaron los otros dos grupos. En este grupo se encontró la mayor participación femenina en la jefatura de las UPA (22,2 %), la mayor participación de trabajo familiar (70,4 %) y la menor participación en asociaciones de productores (30,2 %), respecto a los otros dos grupos.

### *Descripción grupo Tipo 3*

El grupo Tipo 3, representó al 26,6 % de las UPA de la muestra, con alta concentración en el municipio de Isnos (84 %). Se consideró como un grupo de alta especialización en la producción de panela, debido a la mayor tecnificación en cultivo y procesamiento de la caña de azúcar.

En promedio las UPA de este grupo tuvieron una extensión de  $6,7 \pm 1,0$  ha, similar a las Tipo 2, pero con una alta especialización al cultivo de caña para panela, que correspondió al 85 % del área total de la UPA. En el Tipo 3 las UPA se caracterizaron por tener implementadas recomendaciones tecnológicas institucionales, como la utilización de variedades introducidas (32,0 %), la fertilización de suelos (88 %), el control de malezas (100,0 %) y el corte por parejo (52,0 %), sin embargo, en el 76 % de las UPA no realizaban ninguna práctica de control fitosanitario.

El 60 % de las UPA del Tipo 3 hacían el transporte de caña de azúcar en vehículos motorizados. En el procesamiento el 96,0 % de las UPA empleaban evaporadores semiesféricos tradicionales, el 80,0 % tanque prelimpiador de jugos y el 32,0 % disponía de máquina empacadora de panela. El 60,0 % de las UPA contaba con área de secado de bagazo aislada del tren de evaporadores.

En el grupo Tipo 3 los agricultores responsables de las decisiones de la UPA presentaron el menor rango de edad, con  $50,8 \pm 2,9$  años en promedio, el mayor nivel de formación académico, con 20,8 % de los jefes de hogar con bachillerato completo o estudios técnicos, con una propensión más alta a la asociatividad (52,0 % de las UPA) y fue el grupo que presentó la mayor escala, con una producción anual de panela de  $85,0 \pm 12,1$  t/año.

La comparación de grupos en cuanto a variables de la sección C, asociada con aspectos técnicos del cultivo, se presenta en el Cuadro 3 y la comparación de grupo respecto a variables de la sección D, en la que se describe la planta de proceso, se muestra en el Cuadro 4. Las pruebas Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) para las variables V4, V6, V16 y V19 no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre grupos, para las demás variables se observó diferencias claras en cuanto a la adopción y uso de ciertas prácticas y tecnologías ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 3.** Comparación entre los tres grupos identificados por el análisis de conglomerados de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela (azúcar moreno sin refinar, no centrifugado, obtenido de la evaporación y concentración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), respecto a variables de la sección C (aspectos técnicos del cultivo). Huila, Colombia, 2019.

**Table 3.** Comparison between the three groups identified by the cluster analysis of agro-industrial production units (UPA) of panela [unrefined non centrifugal brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice], with respect to variables of section C (technical aspects of the crop). Huila, Colombia, 2019.

Variable	Clase	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Prueba Chi-cuadrado*
		(n=6)	(n=63)	(n=25)	
		%			
V3	La variedad de caña es introducida en la región	33,33	7,94	32,00	0,0102
	La variedad de caña es tradicional en la región	66,67	92,06	68,00	
V4	El método de cosecha es por entresaque	50,00	74,60	48,00	0,0610
	El método de cosecha es por parejo	50,00	11,11	20,00	
	El método de cosecha es por parejo sin renovación	0,00	6,35	16,00	
	Divide sus cosechas en entresaque y parejo	0,00	7,94	16,00	
V5	Se realiza fertilización con productos orgánicos	33,33	4,76	0,00	0,0018
	Se realiza fertilización con productos químicos	33,33	53,97	84,00	
	Fertilización combinada (orgánica y química)	0,00	0,00	4,00	
	No realiza ningún tipo de fertilización	33,33	41,27	12,00	
V6	Se realiza control fitosanitario biológico	16,67	14,29	16,00	0,1270
	Se realiza control fitosanitario cultural	0,00	14,28	8,00	
	Se realiza control fitosanitario químico	33,33	4,76	0,00	
	No realiza ningún tipo de control fitosanitario	50,00	66,67	76,00	

\*  $p < 0,05$  indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos/\*  $p < 0.05$  indicate statistically significant differences between groups.

En el manejo de subproductos y residuos del cultivo y del proceso el grupo Tipo 1 utilizaba las hojas de la caña para la alimentación animal, mientras que los otros dos grupos los distribuían sobre el lote, como cobertura vegetal del suelo; los grupos Tipo 2 y 3 no utilizaban el bagacillo, mientras que el grupo Tipo 1 se caracterizó por utilizarlo para preparar compostaje. En cuanto al sobrenadante de la clarificación de jugos de caña de azúcar los grupos 2 y 3 lo utilizaban para la alimentación animal, mientras el Tipo 1 lo aplicaba en el cultivo.

**Cuadro 4.** Comparación entre los tres grupos identificados por el análisis de conglomerados de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [(azúcar moreno sin refinar, no centrifugado, obtenido de la evaporación y concentración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)], respecto a variables de la sección D (Descripción planta de proceso). Huila, Colombia, 2019.

**Table 4.** Comparison between the three groups identified by the analysis of clusters of agro-industrial production units (UPA) of panela [unrefined non centrifugal brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice], with respect to variables of section D (Description processing plant). Huila, Colombia, 2019.

Variable	Clase	Grupo 1 (n=6)	Grupo 2 (n=63)	Grupo 3 (n=25)	Prueba Chi-cuadrado*
		%			
V7	Transporta la caña en animales	66,67	65,08	40,00	0,0011
	Transporta la caña solo con esfuerzo humano	0,00	14,29	0,00	
	Transporta la caña en vehículo automotor	33,33	15,87	24,00	
	Transporta en animales y en vehículo automotor	0,00	4,76	36,00	
V8	Algún evaporador es piro-tubular - aleteado	33,33	1,59	4,00	0,0011
	Todos los evaporadores son semiesféricos	66,67	98,41	96,00	
V9	El área de secado de bagazo no está aislada	83,33	93,65	40,00	<0,0001
	El área de secado de bagazo está aislada	16,67	6,35	60,00	
V10	El área de preparación de panela no está aislada	83,33	98,41	60,00	<0,0001
	El área de preparación de panela está aislada	16,67	1,59	40,00	
V11	No tiene equipo pre-limpiador de jugos	66,67	76,19	20,00	<0,0001
	Si tiene equipo pre-limpiador de jugos	33,33	23,81	80,00	
V15	Utiliza como aglutinante una corteza de su UPA	100,00	88,89	60,00	0,0032
	Compra aglutinante para clarificación de jugos	0,00	11,11	40,00	
V16	Produce panela granulada y en bloque	16,67	9,52	4,00	0,5356
	Produce panela en bloque (redonda o cuadrada)	83,33	90,48	96,00	
V19	La energía del molino es tracción animal	0,00	1,59	0,00	0,607
	Combustibles de origen fósil	100,00	93,65	100,00	
	La energía del molino es eléctrica	0,00	4,76	0,00	

\*  $p < 0,05$  indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos/ \*  $p < 0.05$  indicate statistically significant differences between groups.

En las UPA de los grupos Tipo 2 y 3 aplicaban ceniza, producto de la combustión de bagazo de caña, como enmienda en el suelo, mientras que las UPA del grupo Tipo 1 utilizaban la ceniza para la preparación de compostaje. La descripción de aspectos sociales y el uso de subproductos se presenta en el Cuadro 5.

El grupo Tipo 1 tenía la mayor área media sembrada en caña de azúcar para producción de panela, sin embargo, la importancia relativa del cultivo de caña dentro del esquema de la UPA era baja, valor ( $p=0,001$ ); en contraste,

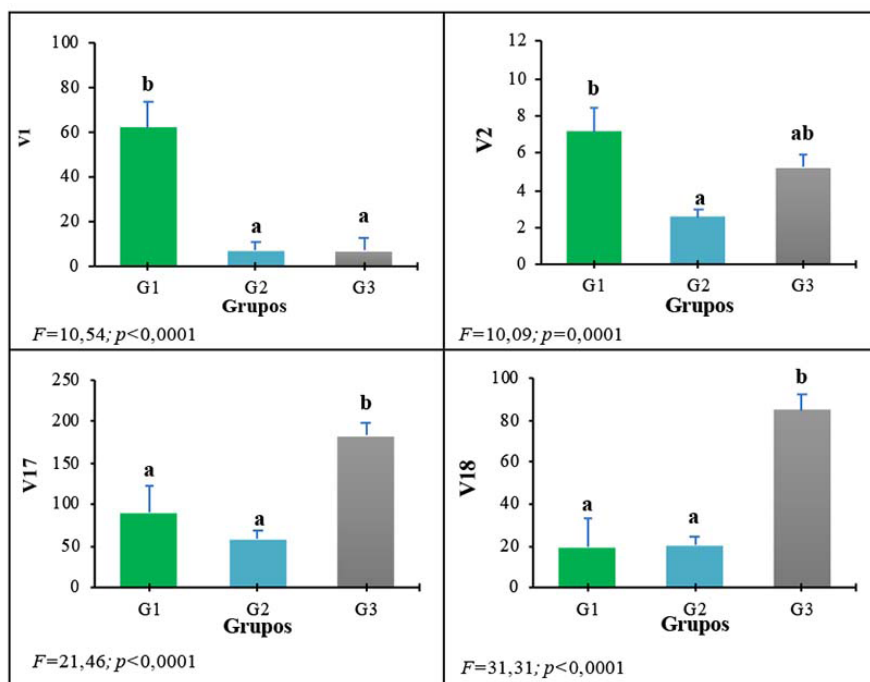
**Cuadro 5.** Comparación entre los tres grupos identificados por el análisis de conglomerados de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [azúcar moreno sin refinar no centrifugado, obtenido de la evaporación y concentración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)], respecto a variables de las secciones E (aspectos sociales) y F (subproductos y residuos). Huila, Colombia, 2019.

**Table 5.** Comparison between the three groups identified by the analysis of clusters of agro-industrial production units (UPA) of panela [unrefined non centrifugal brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice], with respect to variables of section E (social aspects) and F (by-products and waste). Huila, Colombia, 2019.

Sección	Variable	Clase	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Prueba Chi-cuadrado*
			(n=6)	(n=63)	(n=25)	
			%			
E. Aspectos sociales	V20	No trabaja solo en la finca	33,33	28,57	32,00	0,9328
		Solo trabaja en la finca	66,67	71,43	68,00	
	V21	No pertenece a ninguna	66,67	69,84	48,00	0,1556
		Si pertenece a alguna	33,33	30,16	52,00	
	V23	No contrata mano de obra	33,33	63,49	88,00	0,0142
		Si contrata mano de obra	66,67	36,51	12,00	
F. Subproductos y residuos	V24	Alimentación animal	83,33	28,57	28,00	0,0202
		La deja en el lote	16,67	71,43	72,00	
	V26	No utiliza el bagacillo	33,33	73,02	72,00	0,0022
		Prepara compostaje	66,67	7,94	8,00	
		Lo aplica en el cultivo	0,00	14,29	20,00	
		Alimentación animal	0,00	4,76	0,00	
	V27	No lo utiliza	0,00	42,86	28,00	<0,0001
		Lo aplica en el cultivo	66,67	1,59	4,00	
Alimentación animal		33,33	55,56	68,00		
No utiliza la ceniza		0,00	55,56	56,00		
V28	Prepara compostaje	66,67	0,00	0,00	<0,0001	
	La aplica en el cultivo	33,33	44,44	44,00		

\*  $p < 0,05$  indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos /\*  $p < 0,05$  indicate statistically significant differences between groups.

las UPA pertenecientes al grupo Tipo 3, presentaron la mayor importancia relativa del cultivo de caña de azúcar respecto a los otros dos grupos ( $p=0,001$ ). En el grupo Tipo 3 se encontró la mayor capacidad de producción de panela por hora ( $p < 0,001$ ) y también la mayor producción anual ( $p < 0,001$ ). El grupo Tipo 2, presentó los menores niveles medios de capacidad de producción y de producción anual de panela (Figura 5).



**Figura 5.** Comparación de variables V1, V2, V17 y V18 entre los tres grupos identificados por el análisis de conglomerados de unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela [azúcar moreno sin refinar no centrifugado, obtenido de la evaporación y concentración de jugo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)]. Huila, Colombia, 2019.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Figure 5.** Comparison of variables V1, V2, V17, and V18 between the three groups identified by the cluster analysis of agro-industrial production units (UPA) of panela [unrefined non centrifugal brown sugar, obtained from the evaporation and concentration of sugarcane (*Saccharum* spp.) juice]. Huila, Colombia, 2019.

Means with a common letter are not significantly different ( $p > 0.05$ ).

## Discusión

Las unidades de producción agroindustrial (UPA) de panela estudiadas en el departamento del Huila operan dentro de un esquema de pequeña y mediana escala de producción (Castellanos et al., 2010; Rodríguez-Borray, 2000). Las características de escala productiva obtenidas fueron similares a las encontradas en estudios previos para Antioquia y Cundinamarca (Ramírez Gil, 2017; Rodríguez-Borray, Huertas-Carranza et al., 2020), dos de las principales regiones de producción de panela en Colombia, en las que el esquema de producción de panela se considera tradicional en cuanto al manejo del cultivo y la etapa de procesamiento, en este sentido, la escala de producción juega un papel importante en el sistema económico de esta agroindustria.

La evidencia empírica muestra una relación positiva entre la escala de la unidad de producción agrícola y las decisiones de adopción de tecnología (Gao et al., 2019; Ren et al., 2019). La escala de producción de la unidad agrícola conduce a diferencias de costos en la adopción de tecnología, lo que afecta el comportamiento y la intensidad de la adopción (Helfand & Taylor, 2021; Mao et al., 2021).

Los resultados de esta investigación mostraron diferencias clave entre los tres tipos de UPA de panela identificadas. El análisis de tipología proporcionó una comprensión más profunda de la heterogeneidad de las



tecnologías de cultivo y procesamiento de la caña de azúcar para la producción de panela en el Huila. Según sus características, los tres diferentes tipos de UPA permiten focalizar acciones de procesos de transferencia y adopción de tecnologías desarrolladas por instituciones de investigación gubernamentales y organizaciones privadas (Kuivanen et al., 2016; Thar et al., 2021).

La gestión y administración de las UPA fue diferente entre los tipos identificados. Las Tipo 1 mostraron mayor propensión a la diversificación productiva, pero diferían de las Tipo 2 y 3 que se caracterizaron por su especialización en la producción de panela, aunque con niveles de adopción de tecnologías contrastantes.

Los agricultores encargados de las decisiones en las UPA Tipo 2 eran mayores y tenían una amplia experiencia agrícola pero un nivel de educación bajo; se requiere el apoyo de servicios especiales de extensión para ayudarlos a adoptar nuevas tecnologías (Rashid Sarker et al., 2021). Los agricultores con niveles de formación educativa superior son más flexibles en la adopción de nuevas tecnologías (Ahimbisibwe et al., 2020), como se evidenció en las UPA Tipo 3.

De acuerdo con la literatura existente sobre la adopción de tecnologías, las características del jefe del hogar, como el nivel educativo, la edad y la experiencia en la agricultura son determinantes en la toma de las decisiones de adopción (Ainembabazi & Mugisha, 2014; Feyisa, 2020; Lampach et al., 2020). Sin embargo, cuando se trata de agroindustrias tradicionales las barreras para la adopción e innovación de tecnología van más allá de los problemas asociados a niveles educativos, acceso a información y capital. Más bien, las tecnologías e innovaciones propuestas y la forma en que se introducen y presentan a las comunidades objetivo a menudo son incompatibles con los valores, hábitos, instituciones socioculturales y formas de hacer las cosas que pueden hacer que la transferencia de tecnología sea un desafío para los agricultores (Curry et al., 2021).

En los tres tipos de UPA identificadas cerca del 70 % de los agricultores responsables de las decisiones de la UPA se dedicaba a tiempo completo al trabajo dentro de su propia unidad de producción. Al respecto, la literatura postula que los pequeños empresarios agrícolas dedican la mayor parte de su tiempo y trabajo a desarrollar sus empresas agrícolas y, por lo tanto, se constituye en su ocupación principal, en lugar de representar actividades de ingresos adicionales (Kwadzo & Quayson, 2021; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2011).

Las UPA de los grupos Tipo 1 y 2, utilizaban para sus labores productivas de cultivo y procesamiento de la caña para la obtención de panela una combinación de mano de obra familiar y mano de obra contratada (66,6 % en Tipo 1; y 36,5 % en Tipo 2). En el grupo Tipo 3 solo el 12 % de las UPA contrataba mano de obra. El trabajo familiar se basa en lazos de parentesco y se considera la columna vertebral tradicional de la mano de obra rural.

Las condiciones de infraestructura en las UPA del grupo Tipo 3 eran apropiadas para el procesamiento y manipulación de alimentos y cumplen con lo dispuesto en la resolución 779, capítulo 4, artículo 9 del Ministerio de Protección Social (2006). En contraste, en las UPA de los grupos Tipo 1 y 2, las áreas de proceso térmico no se encontraban aisladas y se utilizaban herramientas y utensilios difíciles de limpiar y desinfectar, convirtiéndose en foco de contaminación (Vera-Gutiérrez et al., 2019).

Se encontró que el diseño de cámara plana fue el más utilizado en las UPA del departamento del Huila y en los tres grupos identificados el proceso térmico de evaporación y concentración de jugo de caña de azúcar se realizaba en intercambiadores semiesféricos; al respecto, es importante fortalecer procesos de diseño y transferencia de tecnología de equipos evaporadores, que permitan el control de variables críticas del proceso que inciden de forma directa en la calidad fisicoquímica y sensorial de la panela (Prada Forero et al., 2015; Velásquez et al., 2019).

En el manejo de subproductos y residuos del cultivo y del proceso el grupo Tipo 1 utilizaba las hojas de la caña para la alimentación animal, mientras que en las UPA de los grupos Tipo 2 y Tipo 3 las apilaban sobre el campo de cosecha como cobertura vegetal del suelo. Estudios previos han reportado que el cultivo de caña de azúcar con acolchado de residuos de cosecha devuelve grandes cantidades de carbono al suelo y puede reducir la susceptibilidad de este a los procesos de compactación y erosión (Razafimbelo et al., 2006; Sousa et al., 2012).

En el grupo Tipo 1 la mayoría de las UPA (66,6 %) preparaba compostaje con el bagacillo que es un residuo generado en la etapa de decantación y limpieza de jugos clarificados, esta práctica no era implementada en los otros grupos por falta de conocimiento o por la exigencia de mano de obra adicional.

Este estudio está sujeto a algunas limitaciones, debido al desafío para capturar la totalidad del grado de diversidad existente en las unidades de producción agroindustrial de panela. En primer lugar, se evidenciaron posibles sesgos en las respuestas de los agricultores, dado que tendieron a subestimar las inversiones realizadas o las producciones obtenidas, se mitigó esta situación con la inclusión de preguntas orientadas a conocer el cómo y el por qué se hacían las inversiones, además de hacer un recorrido por las instalaciones, para la inspección directa de la planta de procesamiento. Una segunda limitación, se relaciona con la naturaleza de los datos, que al ser de corte transversal, no permiten analizar la variabilidad interanual en las prácticas de cultivo y proceso. Por lo que no se puede suponer que los agricultores con diferentes características que operan diferentes tipos de UPA siempre responderán de la misma manera. Además, debido a la naturaleza dinámica de la agroindustria, las tipologías solo pueden proporcionar una instantánea estática de los sistemas agrícolas en un período determinado (Hammond et al., 2020; Kuivanen et al., 2016; Thar et al., 2021).

Aunque el presente estudio se llevó a cabo en un departamento de Colombia, los resultados podrían ser relevantes para otros lugares con contextos socioeconómicos y biofísicos similares, o al menos la metodología se podría replicar en otras regiones del país.

## Conclusiones

Se identificaron distintos grupos o tipos heterogéneos de unidades de producción agroindustrial de panela en el departamento de Huila (Colombia). La producción de panela en el departamento del Huila se desarrollaba en un marco operativo de pequeña escala de carácter tradicional.

Las UPA Tipo 1 (compuesto por unidades orientadas a la diversificación productiva y transición tecnológica) tuvieron la menor representatividad en la muestra analizada (6,38 %), sin embargo, en este grupo se gestionaban otras actividades agrícolas para obtener alimentos e ingresos, mediante el establecimiento de cultivos de café y árboles frutales, que generaban un valor económico más allá de la producción de panela. En comparación con los otros grupos, las prácticas incorporadas para el manejo del cultivo de caña de azúcar eran las de mayor tecnificación.

Se necesitan más estudios que exploren las características socioecológicas, los procesos de toma de decisiones y los aspectos estructurales para identificar puntos de apoyo para las intervenciones de diversificación. Para el grupo Tipo 1, se deben diseñar estrategias de vinculación de manera integral para que, mientras los agricultores aprenden sobre prácticas mejoradas en torno a la agroindustria de la panela, también aprendan cómo reducir el riesgo a través de la diversificación.

Entre las características de las UPA de panela del grupo Tipo 2 (compuesto por unidades con manejo tradicional del cultivo, el proceso y el uso de subproductos), se evidenció alto nivel de arraigo social de los sistemas agrícolas tradicionales, condición que ha podido generar en los individuos de este grupo un grado de resistencia a las tecnologías e innovaciones promovidas desde el exterior. Es necesario que los investigadores y extensionistas agrícolas regionales consideren los impactos potenciales en los estilos de vida y valores asociados con los sistemas agrícolas tradicionales de producción de panela. Los esfuerzos para este tipo de UPA, tanto del gobierno como del sector privado, pueden focalizarse en servicios de extensión intensivos, mediante la creación de mecanismos que mejoren la conciencia de los agricultores a través del intercambio de información tanto formal como informal.

En el grupo Tipo 3 (integrado por unidades especializadas en la producción de panela, con mayor tecnificación en cultivo y procesamiento de la caña de azúcar), se encontraron UPA con alta especialización en la producción de panela, en este grupo los productores esperaban maximizar su utilidad mediante la incorporación de tecnologías

y prácticas nuevas o mejoradas, los resultados sugieren inclinación a adoptar tecnologías y prácticas, sujetas a los beneficios relativos y a los costos en la implementación del cambio. Para este grupo, los proyectos de extensión deben crear un entorno de bajo riesgo, que permita a los agricultores introducir innovaciones a bajo o mínimo costo y los resultados de esos ensayos deben ser observables por los agricultores interesados y el personal de extensión.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de la República de Colombia por la financiación de la investigación. Al equipo de trabajo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), centro de investigación Tibaitatá y Sede de Florencia (Caquetá).

## Referencias

- Ahimbisibwe, B. P., Morton, J. F., Feleke, S., Alene, A., Abdoulaye, T., Wellard, K., Mungatana, E., Bua, A., Asfaw, S., & Manyong, V. (2020). Household welfare impacts of an agricultural innovation platform in Uganda. *Food and Energy Security*, 9(3), Article e22. <https://doi.org/10.1002/fes3.225>
- Ainembabazi, J. H., & Mugisha, J. (2014). The role of farming experience on the adoption of agricultural technologies: Evidence from smallholder farmers in Uganda. *The Journal of Development Studies*, 50(5), 666–679. <https://doi.org/10.1080/00220388.2013.874556>
- Alarcón, N. L., Orjuela, A., Narváez, P. C., & Camacho, E. C. (2020). Thermal and rheological properties of juices and syrups during non-centrifugal sugar cane (Jaggery) production. *Food and Bioprocess Processing*, 121, 76–90. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.016>
- Alboukadel, K. & Fabian, M. (2017). *Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses* (R Package Version 1.0.5). R Foundation for Statistical Computing. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Alvarez, S., Timler, C. J., Michalscheck, M., Paas, W., Descheemaeker, K., Tiftonell, P., Andersson, J. A., & Groot, J. C. J. (2018). Capturing farm diversity with hypothesis-based typologies: An innovative methodological framework for farming system typology development. *PLOS ONE*, 13(5), Article e0194757. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194757>
- 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://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.02.004>
- Castellanos, O., Torres, L., & Flórez, D. (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. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12695/81353\\_59328.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12695/81353_59328.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Coaquira Incacari, R., Julca Otiniano, A., Coaquira Lastarria, R. J., & Mendoza Cortez, J. W. (2019). Caracterización de las unidades productoras de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la provincia de Jauja, Junín, Perú. *Idesia (Arica)*, 37(4), 101–108. <http://doi.org/10.4067/S0718-34292019000400101>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2016). *PECTIA: Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario Colombiano (2017-2027)*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12759>

- Curry, G. N., Nake, S., Koczberski, G., Oswald, M., Rafflegeau, S., Lummani, J., Peter, E., & Nailina, R. (2021). Disruptive innovation in agriculture: Socio-cultural factors in technology adoption in the developing world. *Journal of Rural Studies*, 88, 422-431. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.022>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021). *Cuentas nacionales departamentales*. <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/65-espanol/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>.
- Feyisa, B. W. (2020). Determinants of agricultural technology adoption in Ethiopia: A meta-analysis. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), Article 1855817. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1855817>
- Gao, Y., Niu, Z., Yang, H., & Yu, L. (2019). Impact of green control techniques on family farms' welfare. *Ecological Economics*, 161, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.03.015>
- Hammond, J., Rosenblum, N., Breseman, D., Gorman, L., Manners, R., van Wijk, M. T., Sibomana, M., Remans, R., Vanlauwe, B., & Schut, M. (2020). Towards actionable farm typologies: Scaling adoption of agricultural inputs in Rwanda. *Agricultural Systems*, 183, Article 102857. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102857>
- Helfand, S. M., & Taylor, M. P. (2021). The inverse relationship between farm size and productivity: Refocusing the debate. *Food Policy*, 99, Article 101977. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101977>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1994). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Huila*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público.
- 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), Article 109. <http://doi.org/10.32614/rj-2015-010>
- Kovtun, O. V. (2020). Pluriatividade e agroindústrias rurais no Maranhão: uma análise baseada no censo agropecuário de 2006. *Revista Pós Ciências Sociais*, 16(32), Article A189. <https://doi.org/10.18764/2236-9473.v16n32p189-217>
- Kpadonou, R. A. B., Owiyo, T., Barbier, B., Denton, F., Rutabingwa, F., & Kiema, A. (2017). Advancing climate-smart agriculture in developing drylands: Joint analysis of the adoption of multiple on-farm soil and water conservation technologies in West African Sahel. *Land Use Policy*, 61, 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.050>
- Kuivanen, K., Alvarez, S., Michalscheck, M., Adjei-Nsiah, S., Descheemaeker, K., Mellon-Bedi, S., & Groot, J. (2016). Characterising the diversity of smallholder farming systems and their constraints and opportunities for innovation: A case study from the Northern Region, Ghana. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 78(1), 153–166. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.04.003>
- Kwadzo, M., & Quayson, E. (2021). Factors influencing adoption of integrated soil fertility management technologies by smallholder farmers in Ghana. *Heliyon*, 7(7), Article e07589. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07589>
- Lampach, N., to The, N., & Dinh, T. T. (2020). Technical Efficiency and the Adoption of Multiple Agricultural Technologies in the Mountainous areas of northern Vietnam. *SSRN Electronic Journal*, 2020, Article 3421434. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3421434>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: AnRPackage for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Lopez-Ridaura, S., Frelat, R., van Wijk, M. T., Valbuena, D., Krupnik, T. J., & Jat, M. (2018). Climate smart agriculture, farm household typologies and food security. *Agricultural Systems*, 159, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.09.007>

- Machado-Vargas, M. M., Nicholls, C. I., Márquez, S. M., & Turbay, S. (2015). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *Idesia (Arica)*, 33(1), 69–83. <http://doi.org/10.4067/S0718-34292015000100008>
- Makate, C., Makate, M., & Mango, N. (2018). Farm household typology and adoption of climate-smart agriculture practices in smallholder farming systems of southern Africa. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 10(4), 421–439. <https://doi.org/10.1080/20421338.2018.1471027>
- Mao, H., Zhou, L., Ying, R., & Pan, D. (2021). Time Preferences and green agricultural technology adoption: Field evidence from rice farmers in China. *Land Use Policy*, 109, Article 105627. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105627>
- Marshall, N., Stokes, C., Webb, N., Marshall, P., & Lankester, A. (2014). Social vulnerability to climate change in primary producers: A typology approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 186, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.004>
- Mendiburu, F.D. (2015). *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research* (R package version 1.2-3.). R Foundation for Statistical Computing. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Mendoza-Orozco, M. E., Morales-Flores, F. J., & Méndez-Gallego, S. D. J. (2019). Tipología de productores de nopal tunero en Pinos, Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 22, 77–88. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1860>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s.f.). *Total indicadores del sector agropecuario y agroindustrial*. <http://www.siembra.co/Indicadores/Indicador/ReporteLista>
- Ministerio de Protección Social (2006). *Resolución No. 779: Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de la panela para consumo humano y se dictan otras disposiciones*. Recuperado el 26 de junio de 2021, de [http://www.fedepanela.org.co/files/RESOLUCIN\\_779\\_DE\\_2006.pdf](http://www.fedepanela.org.co/files/RESOLUCIN_779_DE_2006.pdf)
- Mooi, E., & Sarstedt, A. (2011). Cluster analysis. In E. Mooi, & A. Sarstedt (Eds.), *A concise guide to market research* (1<sup>st</sup> ed., pp. 237–284). Springer. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-12541-6>
- Musafiri, C. M., Macharia, J. M., Ng’etich, O. K., Kiboi, M. N., Okeyo, J., Shisanya, C. A., Okwuosa, E. A., Mugendi, D. N., & Ngetich, F. K. (2020). Farming systems’ typologies analysis to inform agricultural greenhouse gas emissions potential from smallholder rain-fed farms in Kenya. *Scientific African*, 8, Article e00458. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00458>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Farm business school handbook: Training of farmers programme for South Asia*. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/8bbd1638-d60b-5be5-ba9e-7a5dbe824088/>
- Parsons, V. L. (2017). Stratified sampling. In N. Balakrishnan, T. Colton, B. Everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri, & J. L. Teugels (Eds.), *Wiley StatsRef: Statistics reference online*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat05999.pub2>
- Prada Forero, L. E., García Bernal, H. R., & Chaves Guerrero, A. (2015). Efecto de las variables de evaporación: presión y flujo calórico en la calidad de la panela. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 7–23. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol16\\_num1\\_art:376](https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:376)
- 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), 8045–8055. <https://doi.org/10.15446/rfna.v70n1.61763>

- Razafimbelo, T., Barthès, B., Larré-Larrouy, M. -C., Luca, E. F. D., Laurent, J. -Y., Cerri, C. C., & Feller, C. (2006). Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115(1–4), 285–289. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.12.014>
- Ren, C., Liu, S., van Grinsven, H., Reis, S., Jin, S., Liu, H., & Gu, B. (2019). The impact of farm size on agricultural sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 220, 357–367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.151>
- Rodríguez, J., Velázquez, 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>
- Rodríguez-Borray, G. A. (2000). La Panela en Colombia frente al nuevo milenio: Un análisis de la cadena agroindustrial. En C. J. Mora-Padilla (Ed.), *Manual de caña de azúcar para la producción de panela* (pp. 25–39). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Rodríguez-Borray, G. A., Polo-Murcia, S. M., Buitrago-Ardila, A. M., & Angel-Riveros, M. (2020). *La agroindustria panelera impulsando el desarrollo rural de Colombia* (1<sup>ra</sup> ed., Vol. 1). Federación Nacional de Productores de Panela. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36696>
- Rodríguez-Borray, G. A., Huertas-Carranza, B., Polo-Murcia, S. M., González-Chavarro, C. F., Tauta-Muñoz, J. L., Rodríguez-Cortina, J., Ramírez-Durán, J., Velásquez-Ayala, F. A., Espitia-González, J. J., & López-Zarazá, R. A. (2020). *Modelo productivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) para la producción de panela en Cundinamarca*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Rozo Wilches, L. S., Naranjo Delgado, N. Y., Ariza Motta, F., Bolaños Muñoz, D. L., Rivera, C. A., Muñoz Rodríguez, H., Gaviria, E. F., García Bernal, H. R., & Puentes Lemus, J. P. (2017). *Evaluación de variedades de caña e Innovación en infraestructura para la agroindustria panelera sur Huila*. Produmedios. [https://www.onfandina.com/images/Publicaciones/Panela\\_/Evaluacion%20Variedades%20ca%C3%B1a%20Innovacion%20infraestructura%20panelera\\_Sur%20Huila.pdf](https://www.onfandina.com/images/Publicaciones/Panela_/Evaluacion%20Variedades%20ca%C3%B1a%20Innovacion%20infraestructura%20panelera_Sur%20Huila.pdf)
- RStudio Team. (2019). *RStudio: Integrated development for R*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.rstudio.com/>
- Santistevan Méndez, M., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., & Tuesta Hidalgo, O. (2014). Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada*, 13(1–2), 187–192. <http://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.469>
- Santos Chávez, V. M., Zuñiga Estrada, M., Leos Rodríguez, J. A., & Álvarez Macías, A. (2014). Tipología de productores agropecuarios para la orientación de políticas públicas: aproximación a partir de un estudio de caso en la región Texcoco, Estado de México, México. *Revista Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 14(28), 47–69. <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/268>
- Rashid Sarker, M., Valadares Galdos, M., Challinor, A. J., & Hossain, A. (2021). A farming system typology for the adoption of new technology in Bangladesh. *Food and Energy Security*, 10(3), Article e287. <https://doi.org/10.1002/fes3.287>
- 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), Article 20375. <http://doi.org/10.1038/s41598-019-56931-9>
- Sistema General de Regalías. (s.f.). *Inversión*. <https://www.sgr.gov.co/Inversi%C3%B3n.aspx>
- Solís Lucas, L. A., Lanari, M. R., & Oyarzabal, M. I. (2020). Tipificación integral de sistemas caprinos de la provincia de Santa Elena, Ecuador. *La Granja*, 31(1), 72–85. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.06>

- Sousa, G. B., Martins Filho, M. V., & Matias, S. S. R. (2012). Perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica em uma vertente coberta com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em Guariba - SP. *Engenharia Agrícola*, 32(3), 490–500. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162012000300008>
- Tauta Muñoz, J. L., Camacho Tamayo, J. H., & Rodríguez Borray, G. A. (2018). Estimación de erosión potencial bajo dos sistemas de corte de caña panelera utilizando la ecuación universal de pérdida de suelos. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 405–413. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1074>
- Thar, S. P., Ramilan, T., Farquharson, R. J., & Chen, D. (2021). Identifying potential for decision support tools through farm systems typology analysis coupled with participatory research: A case for smallholder farmers in Myanmar. *Agriculture*, 11(6), Article 516. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060516>
- Tuesta Hidalgo, O., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., Rodríguez Quispe, P., & Santistevan Méndez, M. (2014). Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú). *Ecología Aplicada*, 13(1–2), 71–78. <https://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.457>
- Vega-Dienstmaier, J. M., & Arévalo-Flores, J. M. (2014). Clasificación mediante análisis de conglomerados: un método relevante para la psiquiatría. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 77(1), 31–39. <https://doi.org/10.20453/rnp.v77i1.1161>
- Velásquez, F., Espitia, J., Mendieta, O., Escobar, S., & Rodríguez, J. (2019). Non-centrifugal cane sugar processing: A review on recent advances and the influence of process variables on qualities attributes of final products. *Journal of Food Engineering*, 255, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.009>
- Vera-Gutiérrez, T., García-Muñoz, M. C., Otálvaro-Alvarez, A. M., & Mendieta-Menjura, O. (2019). Effect of processing technology and sugarcane varieties on the quality properties of unrefined non-centrifugal sugar. *Heliyon*, 5(10), Article e02667. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02667>