

Avances de investigación para la agroindustria panelera

Oscar Andrés Mendieta Menjura
Compilador

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Avances de investigación para la agroindustria panelera

Oscar Andrés Mendieta Menjura
Compilador

AGROSAVIA
EDITORIAL



Avances de investigación para la agroindustria panelera. / Oscar Andrés Mendieta Menjura
[y otros cincuenta y seis] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2024.

538 páginas (Colección Estudios Agropecuarios)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN e-Book: 978-958-740-750-1

1. *Saccharum officinarum* 2. Agroindustria 3. Biofertilizantes 4. Enfermedades de las plantas
5. Transporte 6. Eficiencia energética 7. Aspectos socioeconómicos 8. Producción 9. Sostenibilidad.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
(AGROSAVIA)

Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera.
Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación Tibaitatá. Sede Cimpa. Kilómetro 2 vía antigua a Cipe, Barbosa, Santander.
Código postal 051020, Colombia.

Centro de Investigación Nataima. Kilómetro 9, vía Espinal-Chicoral, Tolima.
Código postal 733520, Colombia.

Centro de Investigación La Selva, sede Eje Cafetero

Centro de Investigación La Libertad. Kilómetro 17, Vía Puerto López, Meta.
Código postal 502008, Colombia.

Esta publicación se deriva de los principales resultados de investigación obtenidos en las agendas dinámicas y proyectos transversales de AGROSAVIA, ejecutados en los periodos 2013-2017 y 2018-2021; los cuales fueron financiados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR).

Colección: Estudios Agropecuarios
Tipología: Obras de Investigación

Fecha de recepción: 8 de septiembre de 2022
Fecha de evaluación: 29 de septiembre de 2022
Fecha de aceptación: 8 noviembre 2022

Publicado: septiembre de 2024

Preparación editorial

Editorial Agrosavia
editorial@agrosavia.co
Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Liliana Gaona García
Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo
Diseño: Mónica Cabiativa Daza
Diagramación: Diego Abello Rico

Mendieta Menjura, O. A. (Ed.). (2024). *Avances de investigación para la agroindustria panelera*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7407501>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogida en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13





Contenido



Los autores	19
Prólogo	49
Introducción	51
Componente I Manejo agronómico, corte y transporte de la caña de azúcar para panela	55
Capítulo 1. Avances conceptuales sobre semilla de caña de azúcar para panela	57
Capítulo 2. Biofertilización de caña de azúcar para panela en la Hoya del Río Suárez con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA)	87
Capítulo 3. Barrenadores del tallo asociados al cultivo de caña de azúcar para panela en Colombia	113
Capítulo 4. Enfermedades prevalentes en variedades de caña de azúcar para panela y su relación con factores abióticos en Boyacá y Santander	137
Capítulo 5. Mapeo digital de los suelos de la región de la Hoya del Río Suárez	169
Capítulo 6. Sistema de transporte por cable para caña de azúcar en la producción de panela validado en zona de ladera	195
Capítulo 7. Aptitud de uso de la tierra para el cultivo de caña de azúcar y la producción de panela en Cundinamarca: de la transformación local al mercado regional	213
Componente II. Eficiencia energética, calidad y diversificación del uso de subproductos y derivados del proceso de producción de panela	237
Capítulo 8. Diseño y dimensionamiento de una cámara de combustión tipo Ward-Cimpa mejorada	239
Capítulo 9. Diseño de un intercambiador de calor semicilíndrico con aletas para la producción de azúcar no centrifugada de caña	253
Capítulo 10. Modelo híbrido de evaporación para la producción de azúcar no centrifugada de caña de azúcar	273

Capítulo 11. Sistema experto para el diseño de hornillas térmicamente eficientes (HornillApp)	289
Capítulo 12. Potencial terapéutico de derivados de caña de azúcar en la regeneración de la piel: cultivo 2D	305
Capítulo 13. Revisión del aprovechamiento de los residuos generados en la agroindustria panelera vía digestión anaeróbica	321
Componente III. Importancia socioeconómica y ambiental de la agroindustria panelera	339
Capítulo 14. Costos y beneficios económicos de la agroindustria panelera en Colombia	341
Capítulo 15. Indicadores ambientales del cultivo y procesamiento de la caña de azúcar para la producción de panela en Cundinamarca	363
Capítulo 16. Calidad de vida en el trabajo: análisis de experiencias en la agroindustria panelera	391
Capítulo 17. La agroindustria panelera y su contribución al desarrollo de San José de Pare, Boyacá (Colombia)	409
Capítulo 18. Tipología de unidades de producción de panela en Colombia	427
Capítulo 19. Implementación de un proceso de producción de piloncillo a nivel piloto como estrategia de capacitación de recursos humanos especializados	455
Capítulo 20. Sostenibilidad de la producción de piloncillo en México	473
Capítulo 21. La panela en El Salvador, hacia un emergente sistema sectorial de innovación y producción: estudio de caso Acopanela	491
Capítulo 22. Internacionalización de la gestión del conocimiento en el Convenio de Investigación para el Mejoramiento de la Industria Panelera (Cimpa)	515

Lista de figuras

Figura 1.1. Esquema general de propagación de esquejes de caña de azúcar para panela	64
Figura 1.2. Esquema general de propagación de cogollo de caña de azúcar para panela	65
Figura 1.3. Esquema general de propagación de yemas embolsadas de caña de azúcar para panela	65
Figura 1.4. Esquema general e infraestructura instalada en AGROSAVIA para producir plantas germinadas de caña de azúcar para panela	66
Figura 1.5. Etiqueta modelo para la identificación de semilla seleccionada.	69
Figura 1.6. Plantas germinadas del cultivar de caña de azúcar CC 93-7711, 90 DDS, producidas bajo las condiciones agroecológicas de Barbosa, Santander	70
Figura 1.7. Precipitación promedio (mm) registrada en el periodo 2016-2018 y meses de evaluación y producción de la semilla seleccionada o las plantas germinadas.	71
Figura 1.8. Características de las yemas de la caña para la extracción	76
Figura 1.9. Esquema de producción de semilla de calidad y semilleros 80	
Figura 2.1. Hussain et al., 2017; Mthimkhulu et al., 2016 Municipios de Colombia donde fueron tomadas las muestras de suelo para el aislamiento de HFMA	93
Figura 2.2. Número de esporas de HFMA/g de suelo y riqueza de especies (I) presentes en suelos cultivados con caña de azúcar para panela en diferentes departamentos de Colombia	98
Figura 2.3. Diversidad de esporas de HFMA encontradas en suelos paneleros	100

Figura 2.4. Validación de la fertilización integral en parcelas semicomerciales establecidas en los municipios de Ocamonte, Chitaraque y Oiba sobre la producción de caña y panela (t/ha)	103
Figura 2.5. Costos por tonelada de panela para las variedades y los municipios estudiados con dos tratamientos de fertilización: integral y convencional	105
Figura 3.1. Larvas y adultos de las especies del barrenador halladas	119
Figura 3.2. Plantas arvenses de la familia <i>Asteraceae</i> que proveen refugio y alimento a los parasitoides en cultivos de caña para panela	125
Figura 3.3. Barrenador listado <i>E. insuastii</i>	127
Figura 3.4. Barrenador menor <i>B. graminea</i>	128
Figura 3.5. Estados de desarrollo de <i>M. smerintha</i>	129
Figura 3.6. Parasitoides de barrenadores de caña para panela	130
Figura 4.1. Ubicación geográfica del área de estudio en Santander y Boyacá, y puntos de muestreo de las tres variedades comerciales de caña: CC 01-1940, CC 93-7711 y RD 75-11	141
Figura 4.2. Temperatura media del aire promedio por trimestre en el área de estudio.	148
Figura 4.3. Brillo solar anual en el área de estudio.	149
Figura 4.4. Pústulas generadas por <i>P. melanocephala</i> en la variedad CC 93-7711	150
Figura 4.5. Asociación de la prevalencia de la roya café con las variedades RD 75-11, CC 01-1940 y CC 93-7711 y factores abióticos	151
Figura 4.6. Pústulas generadas por <i>P. kuehnii</i> en dos variedades de caña: lesiones avanzadas coalescentes con esporulación abundante	152

Figura 4.7. Asociación de la prevalencia de la roya naranja con las variedades RD 75-11, CC 01-1940 y CC 93-7711 y factores abióticos	153
Figura 4.8. Lesiones características ocasionadas por <i>L. sacchari</i>	154
Figura 4.9. Asociación de la prevalencia de la mancha de anillo con las variedades RD 75-11, CC 01-1940 y CC 93-7711 y factores abióticos	155
Figura 4.10. Presencia de <i>B. sacchari</i> en caña	155
Figura 4.11. Asociación de la prevalencia de la mancha de ojo con las variedades RD 75-11, CC 01-1940 y CC 93-7711 y factores abióticos	156
Figura 4.12. Lesiones ocasionadas por <i>C. falcatum</i> en la variedad RD 75-11	157
Figura 4.13. Asociación de la prevalencia del muermo rojo con las variedades RD 75-11, CC 01-1940 y CC 93-7711 y factores abióticos	158
Figura 4.14. Asociación de la prevalencia del virus de la hoja amarilla con las variedades RD 75-11, CC 01-1940 y CC 93-7711 y factores abióticos	159
Figura 5.1. Zona de estudio y distribución de los puntos de muestreo	173
Figura 5.2. Triángulo textural de las fracciones de arcilla (Ar), arena (A) y limo (L) de los suelos de la HRS, según la clasificación de la USDA	179
Figura 5.3. Distribución espacial y distribución del error de predicción de las propiedades de suelo en la HRS	184
Figura 5.4. Representación gráfica mediante IDW del comportamiento de las propiedades de suelo en la HRS	185
Figura 6.1. Sistemas de transporte por cable por efecto de la gravedad	198
Figura 6.2. Sistemas de transporte por cable motorizados o autopropulsados	199

Figura 6.3. Condiciones topográficas de la finca El Placer y trazado de la línea del sistema autopulsado con tramos	201
Figura 6.4. Torres intermedias de soporte del cable (color verde), pinzas y gancho de carga (color amarillo); proceso de ubicación de un paquete de caña en el gancho de la pinza	203
Figura 6.5. Descarga del paquete de caña	205
Figura 7.1. Mapa de aptitud para el cultivo de caña panelera en el departamento de Cundinamarca	220
Figura 7.2. Mapa de aptitud del componente físico para el cultivo de caña panelera en el departamento de Cundinamarca	222
Figura 7.3. Mapa de aptitud del componente socioeconómico para el cultivo de caña panelera en el departamento de Cundinamarca	225
Figura 7.4. Mapa de aptitud del componente socioecosistémico para el cultivo de caña panelera en el departamento de Cundinamarca	227
Figura 7.5. Cadena de valor <i>de facto</i> para el cultivo de caña panelera	228
Figura 8.1. Diseño del modelo de cámara de combustión Ward-Cimpa mejorado	243
Figura 8.2. Diseño propuesto para la cámara de combustión Ward-Cimpa mejorada.	245
Figura 8.3. Temperatura y movimiento de los gases en la cámara de combustión Ward-Cimpa mejorada, con superficies radiantes en los arcos inferior y superior	247
Figura 9.1. Módulo de producción de panela	258
Figura 9.2. Perfil de temperatura en el subdominio de gases de combustión	266
Figura 9.3. Perfil de temperatura promedio por plano transversal en PSA y PS	267
Figura 9.4. Contornos de flujo de calor	268

Figura 9.5. Modelo de hornilla construido que incluye la PSA	269
Figura 10.1. Modelo de hornilla utilizado para la implementación del sistema híbrido de evaporación	277
Figura 10.2. Sistema de recuperación y aprovechamiento de calor	278
Figura 10.3. Hornilla con el sistema híbrido de evaporación	283
Figura 10.4. Análisis de sensibilidad del tiempo de recuperación de la inversión de la hornilla con sistema híbrido de evaporación en función del precio de la panela (ANC)	287
Figura 11.1. Funcionamiento de HornillApp	296
Figura 11.2. Análisis económico de la hornilla con y sin recuperador de calor	298
Figura 11.3. Datos demográficos de los usuarios de HornillApp	299
Figura 12.1. Citotoxicidad de los extractos de los derivados de caña de azúcar	314
Figura 12.2. Hemocompatibilidad de los extractos de los derivados de caña de azúcar	315
Figura 12.3. Actividad antibacteriana de los extractos de los derivados de caña de azúcar	316
Figura 12.4. Evaluación de cierre de la herida	317
Figura 13.1. Mapa temático conceptual de la DA en la agroindustria de la panela	329
Figura 14.1. Agrupación <i>k-means</i> de la distribución porcentual de los costos de producción de panela	351
Figura 14.2. Comportamiento de la producción anual de panela y precio pagado al productor en Colombia durante el periodo 1999-2020	357
Figura 14.3. Rentabilidad de la producción panelera en el clúster 1	357
Figura 14.4. Rentabilidad de la producción panelera en el clúster 2	358

Figura 14.5. Rentabilidad de la producción panelera en el clúster 3	359
Figura 15.1. Diagrama de flujo del procedimiento en campo para medir la erosión hídrica superficial	373
Figura 15.2. Huella de carbono por operación en los tres modelos tecnológicos de producción de panela en Cundinamarca	378
Figura 15.3. Pérdida de suelo en distintos momentos de medición asociados al corte	383
Figura 17.1. Tamaño de las fincas paneleras del municipio de San José de Pare, con trapiches adecuados y sin adecuar	415
Figura 17.2. Frecuencia de la molienda en los trapiches paneleros del municipio de San José de Pare	416
Figura 18.1. Departamentos de Colombia seleccionados para la clasificación de las UP de panela	430
Figura 18.2. Distribución de las encuestas	432
Figura 18.3. Uso de subproductos y residuos en el sistema productivo de caña de azúcar para producción de panela	439
Figura 18.4. Importancia de las variables en las dimensiones 1, 2 y 3 del afdm, de acuerdo con el coeficiente Cos^2	440
Figura 18.5. Agrupamiento de los productores de caña panelera de acuerdo con características similares, usando el análisis de conglomerados	441
Figura 19.1. Planeación y proyección de la construcción del horno para producir piloncillo	459
Figura 19.2. Puesta en marcha del horno para producir piloncillo	462
Figura 19.3. Capacitación en elaboración de piloncillo	464
Figura 20.1. Piloncillo mexicano tipo cono grande según la calidad (negro, trigueño, café y blanco)	476

Figura 20.2. Producción de piloncillo en la región Huasteca, San Luis Potosí y Veracruz (México)	478
Figura 20.3. Antigua hacienda piloncillera en Córdoba, Veracruz	479
Figura 21.1. Bases de conocimiento y sectores industriales	494
Figura 21.2. Actores del sistema sectorial de innovación y producción de la agroindustria del azúcar no centrifugada en El Salvador	501
Figura 21.3. Bosquejo del sistema sectorial de innovación y producción de la caña de azúcar en El Salvador como unión de varios sistemas de innovación tecnológicos	503
Figura 22.1. El papel del Cimpa como oic internacional	519

Lista de tablas

Tabla 1.1. Periodo y contribución de AGROSAVIA para consolidar las bases conceptuales y prácticas de la producción de semilla de calidad	62
Tabla 1.2. Relación entre la edad y el número de yemas viables por hectárea de caña de la variedad CC 93-7711 cultivada en dos localidades de Santander	74
Tabla 1.3. Descripción y valores asociados a la I. I. causada por <i>Diatraea</i> spp.	78
Tabla 1.4. Porcentaje de la I. I. de <i>Diatraea</i> spp. registrado en semilleros del cultivar CC 93-7711 en las provincias de Vélez y Guanentá (Santander)	79
Tabla 2.1. Fuentes y dosis de la fertilización recomendada empleada en las parcelas semicomerciales	96
Tabla 2.2. Estructura de costos de producción con el tratamiento del agricultor (T2) y con fertilización integral (T1)	102
Tabla 3.1. Duración y supervivencia de los estados de desarrollo de las cuatro especies del género <i>Diatraea</i> criadas en dieta artificial en condiciones de laboratorio (25 ± 2 °C; 60 ± 10 % de humedad relativa; fotoperiodo: 12/12)	120
Tabla 3.2. Especies de parasitoides y porcentaje de parasitismo sobre larvas de barrenadores del tallo en siete departamentos productores de caña de azúcar para panela	122
Tabla 3.3. Plan de liberación de parasitoides para control de los barrenadores de caña de azúcar para panela según la intensidad de infestación observada en la cosecha anterior (sistema de corte por parejo)	125
Tabla 4.1. Variables categorizadas para el ACM	144
Tabla 4.2. Precipitación promedio acumulada (mm) por trimestre y multianual en el área de estudio	147

Tabla 4.3. Humedad relativa promedio (%) por trimestre en el área de estudio	148
Tabla 5.1. Covariables predictoras según factor de formación	175
Tabla 5.2. Estadísticos descriptivos de las propiedades de los suelos (0-15 cm) de la HRS	178
Tabla 5.3. Importancia de las covariables (<i>top 5</i>) para las propiedades mapeadas	180
Tabla 5.4. Parámetros de bondad de ajuste para cada modelo entrenado en cada propiedad de estudio	181
Tabla 6.1. Ficha técnica del STCA	204
Tabla 6.2. Costos de transporte de caña para la producción de 15 t de panela, mediante el sistema tradicional de transporte en mulas, en la finca El Placer, en Santana, Boyacá	207
Tabla 6.3. Costos de transporte de caña para la producción de 15 t de panela, mediante el sistema combinado de cable y mulas, en la finca El Placer, en Santana, Boyacá	208
Tabla 7.1. Componentes y criterios para la evaluación del TUT	218
Tabla 8.1. Datos de entrada para la simulación de la cámara de combustión Ward-Cimpa mejorada	244
Tabla 8.2. Parámetros de la combustión del bagazo en lecho fijo con la cámara Ward-Cimpa mejorada	248
Tabla 9.1. Geometría, dominios computacionales y calidad de malla	261
Tabla 9.2. Condiciones de frontera por subdominio computacional	262
Tabla 9.3. Propiedades termodinámicas y de transporte en los subdominios	263
Tabla 9.4. Temperatura experimental y simulada	266
Tabla 9.5. Potencia térmica y flujo de calor	268

Tabla 10.1. Datos de entrada para el diseño de una hornilla con sistema híbrido de evaporación	277
Tabla 10.2. Resultados del balance de materia para la hornilla de 90 kg de ANC/h con un molino Apolo 4C	281
Tabla 10.3. Resultados del balance de energía para la hornilla de 90 kg de ANC/h y áreas de transferencia de calor de los intercambiadores	282
Tabla 10.4. Resultados de desempeño energético, productivo y ambiental de una hornilla con y sin SRC	284
Tabla 10.5. Energía aprovechada en los intercambiadores de calor de la hornilla con sistema híbrido de evaporación	284
Tabla 10.6. Resultados de desempeño energético, productivo y ambiental de la hornilla tradicional inicial y con el sistema híbrido de evaporación	286
Tabla 14.1. Estructuras de costos de producción de panela analizadas por departamento, metodología de captura de información y fuente	345
Tabla 14.2. Estructura de costos para la producción de un kilogramo de panela según la tecnología	352
Tabla 14.3. IE del precio de la panela en Colombia: análisis mensual del periodo 1999-2020	355
Tabla 15.1. Características de los tres modelos tecnológicos de producción de panela en Cundinamarca	367
Tabla 15.2. Estimación de las cargas ambientales en los tres modelos tecnológicos de producción de panela en Cundinamarca	376
Tabla 15.3. Características físicas del suelo de los lotes seleccionados para la medición de la erosión hídrica superficial en caña de azúcar para panela en Quebradanegra, Cundinamarca	381
Tabla 15.4. Factores C estimados para los sistemas de corte y los momentos de medición	384
Tabla 16.1. Datos sociodemográficos	397

Tabla 16.2. Aportes de la organización del trabajo a la satisfacción de los trabajadores	399
Tabla 16.3. Caracterización del bienestar laboral	399
Tabla 16.4. Evolución laboral de los trabajadores en los últimos años	401
Tabla 16.5. Efectos colaterales del trabajo	403
Tabla 16.6. Análisis comparativo entre las respuestas dadas por hombres y mujeres a las diferentes variables	404
Tabla 17.1. Resumen de los costos de producción de los trapiches, por categoría, en cop	420
Tabla 17.2. Cálculo de la ganancia en las unidades productoras de panela según el número de moliendas por año	421
Tabla 18.1. Variables cualitativas incluidas en la caracterización y determinación de las tipologías de UP de panela	434
Anexo 18.1. Porcentaje de varianza acumulada en el análisis factorial para datos mixtos (AFDM)	449
Anexo 18.2. Comparación entre los tipos de UP de panela	450
Tabla 19.1. Colores $L^*a^*b^*$ de dos muestras de piloncillo (una por cada variedad utilizada)	467



Los autores

Oscar Andrés Mendieta Menjura

Correo: omendieta@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2517-212X>

Ingeniero químico de la Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia. En 2009 fue joven investigador del Minciencias, en AGROSAVIA. En 2012 obtuvo el título de máster en Ingeniería Química por la misma universidad, y se incorporó a AGROSAVIA como investigador. A partir de ahí, propuso y desarrolló varios proyectos para la agroindustria panelera orientados a mejorar la eficiencia energética del proceso y las buenas prácticas de manufactura. En 2016 fue beneficiario del Minciencias para realizar estudios de posgrado en Colombia, y así, en 2021, obtuvo el título de doctor en Ingeniería Química de la UIS. En su tesis propuso la digestión anaeróbica como una alternativa sostenible para la gestión y valorización de residuos agroindustriales. Actualmente trabaja como investigador PhD en la sede Cimpa, adscrita al Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Julio Ramírez Durán

Correo: jramirezd@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3385-5748>

Ingeniero agrónomo y magíster en Desarrollo Rural de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Cuenta con experiencia en procesos de investigación en varias especies agrícolas de importancia social y económica para Colombia, especialmente en la producción de semilla de calidad; asimismo, tiene experiencia en procesos de transferencia de tecnología y asistencia técnica, además de capacidad y trayectoria en coordinación y liderazgo de equipos técnicos y proyectos de investigación a

nivel nacional. Actualmente es jefe del Departamento de Semillas de AGROSAVIA y líder del Plan Nacional de Semillas.

Jose Luis Tauta-Muñoz

Correo: jtauta@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2837-4931>

Ingeniero agrícola y magíster en Ciencias Agrarias, con énfasis en suelos y aguas, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Trabajó en proyectos de investigación en temas asociados con cambio climático e investigación participativa con la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Está vinculado a AGROSAVIA desde 2015, como profesional de apoyo a la investigación, en la Red de Innovación de Cultivos Transitorios y Agroindustriales, donde ha trabajado en proyectos de investigación sobre indicadores ambientales y de sostenibilidad, servicios ecosistémicos, análisis de cadena de valor y análisis espacial de indicadores de calidad física y química de suelos.

Diego Hernando Flórez Martínez

Correo: dhflorez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1246-6513>

Ingeniero químico, magíster en Ingeniería Industrial y doctor en Ingeniería-Industria y Organizaciones de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como jefe del Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica y Tecnológica de AGROSAVIA, donde lidera las líneas de investigación en inteligencia y vigilancia estratégica para la I + D + i; divulgación pública de la ciencia, y gestión de datos e información científica. Su área de conocimiento y experticia abarca las líneas de gestión del conocimiento, vigilancia e inteligencia competitiva, planeación estratégica, cienciometría, prospectiva estratégica y análisis de cadenas productivas y megatendencias, y diseño de metodologías de planeación estratégica a medida (*tailored methodologies*). Es investigador asociado reconocido por el Minciencias.

Juan Carlos Lesmes SuárezCorreo: jlesmes@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-1322-2783>

Ingeniero agrónomo y magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, con énfasis en desarrollo social y humano, de la Universidad de Manizales. Tiene experiencia en manejo integrado de cultivos de guayaba y caña para las agroindustrias del bocadillo y la panela, en evaluación e implementación de alternativas de transporte y en mecanización de suelos en ladera. Ha participado en la transferencia de ofertas tecnológicas en temas relacionados con maquinaria y equipos para la agroindustria panelera, manejo de plagas y enfermedades en cultivos de guayaba y manejo del sistema de información abierto, con el valor nutricional de recursos forrajeros como alimento. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en la sede Cimpa, del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Douglas Andrés Gómez LatorreCorreo: dagomez@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-6067-7596>

Ingeniero catastral y geodesta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, y magíster en Ciencias-Meteorología de la Universidad Nacional de Colombia. Es investigador máster asociado del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA, donde se desempeña en el área de agroclimatología, enfocando su trabajo en análisis del riesgo agroclimático y en climatología aplicada a la agricultura (procesamiento y análisis de información climática). En la actualidad cuenta con publicaciones sobre análisis biofísicos.

Luz Esperanza Prada Forero

Correo: lprada@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2875-6526>

Magíster en Ingeniería Química. Su desempeño profesional se ha centrado en la caracterización y desarrollo de nuevos productos agroindustriales y tecnologías para el proceso, análisis, mejoramiento e inocuidad de las industrias de la guayaba y la caña de azúcar. Estos desarrollos buscan facilitar el trabajo de producción, mejoramiento y obtención de productos que cumplan con las necesidades de la sociedad en aspectos comerciales, energéticos y ambientales.

Mónica Cuellar Entrena

Correo: m.cuellar11@uniandes.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1617-0816>

Bioquímica de la Universidad Estatal de San Francisco (Estados Unidos) y magíster en Ingeniería Biomédica de la Universidad de los Andes. Actualmente es investigadora asociada de la empresa BioTissue en Miami (Estados Unidos). Tiene experiencia en cultivos celulares, desarrollo de biomateriales a partir de matriz extracelular y evaluación biológica de materiales y compuestos con potencial terapéutico. Estuvo involucrada en el proyecto de evaluación de extractos de caña de azúcar para producción de panela y sus derivados, y su potencial en la regeneración de heridas en modelos *in vitro*. Actualmente trabaja en el área de regeneración a partir de tejidos donados después del nacimiento —como el cordón umbilical y la placenta— en BioTissue, donde se enfoca en la regeneración de heridas oculares y crónicas.

Laura Rueda Gensini

Correo: l.ruedag@uniandes.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0138-7393>

Ingeniera biomédica y magíster en Ingeniería Biomédica de la Universidad de los Andes. Empezó su doctorado en el German Cancer Research Center (DKFZ), que se encuentra afiliado a la

Heidelberg University (Alemania), donde trabaja en la división de ingeniería celular y modelos de enfermedad. Tiene experiencia en cultivos celulares, evaluación de biocompatibilidad y caracterización de biomateriales y biomoléculas, así como en el desarrollo de biotintas para la bioimpresión 3D basada en extrusión. Además, tiene conocimientos y experiencia técnica en la síntesis de grafeno y sus derivados, así como en su bioconjugación con otros biomateriales para aplicaciones de ingeniería de tejidos. Durante su vinculación a la Universidad de los Andes, trabajó en dos proyectos de investigación: 1) desarrollo de biotintas de matriz extracelular descelularizada (dECM) para su uso en bioimpresión 3D basada en extrusión, y 2) extracción, identificación y caracterización de biomoléculas terapéuticas potenciales a partir de caña de azúcar y sus derivados.

Juan Carlos Cruz Jiménez

Correo: jc.cruz@uniandes.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7790-7546>

Ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia y doctor en Ingeniería Química de la Universidad Estatal de Kansas (ksu) por su trabajo en una nueva plataforma para la inmovilización de enzimas para resolver retos de biocatálisis en medios no acuosos. Realizó una estancia posdoctoral en el Departamento de Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Universidad Johns Hopkins. En la actualidad es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Biomédica de la Universidad de los Andes. Ha trabajado en varios proyectos encaminados al uso de técnicas biofísicas de última generación para resolver preguntas en interacciones proteína-lípido. Lleva más de diez años trabajando en los campos de la biotecnología industrial y médica: desarrollo de nanobiocatalizadores, entendimiento fundamental de interacciones proteína-proteína, proteína-superficie y proteína-lípido, desarrollo de nuevos vehículos nanoparticulados para la liberación y guía de moléculas farmacológicas y búsqueda de nuevas moléculas con actividad de membrana. Es miembro del American Institute of

Chemical Engineers (AIChE) y la Biophysical Society. Es revisor de varias revistas indexadas, como *Bioresource Technology*, *Materials Chemistry and Physics*, *Biotechnology Progress*, *Materials Science and Engineering C* y *Journal of Biotechnology*.

Carolina Muñoz Camargo

Correo: c.munoz2016@uniandes.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6238-9021>

Bióloga de la Pontificia Universidad Javeriana, y magíster en Ciencias Biológicas y doctora en Ciencias-Biología de la Universidad de los Andes por su trabajo en la identificación de péptidos antimicrobianos y sus mecanismos de acción derivados de microorganismos de la piel de ranas colombianas. Ha participado en estancias de investigación en la Universidad Hebrea de Jerusalén, en caracterización transcriptómica y proteómica de moléculas con potencial farmacológico, y en la Universidad Autónoma de Barcelona, en caracterización biológica y biofísica de nuevos péptidos antimicrobianos derivados de la piel de rana. En la actualidad es profesora asociada del Departamento de Ingeniería Biomédica de la Universidad de los Andes. Tiene amplia experiencia en la implementación de plataformas *in vitro* celulares 2D y de tecnologías emergentes para el desarrollo de tejidos humanos como bioimpresión 3D. Continúa trabajando en la identificación y aislamiento de moléculas terapéuticas derivadas de la naturaleza. Es revisora de varias revistas indexadas, como *International Journal of Molecular Sciences*, *Frontiers in Oncology*, *Frontiers in Immunology* e *International Journal of Bioprinting*.

María Margarita Ramírez Gómez

Correo: mmramirez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7407-7321>

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Microbiología de Suelos de la University of Wales (Reino Unido) y doctora en Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. Tiene amplia experiencia en el estudio de la simbiosis con rizobios y hongos formadores de micorrizas

arbusculares (HFMA). Sus investigaciones parten del aislamiento, identificación y selección de las mejores interacciones plantami-croorganismos en laboratorio, invernadero y campo; igualmente, ha liderado la formulación, escalamiento, registro y venta de siete bioproductos basados en microorganismos benéficos. Ha participado en numerosos proyectos de investigación y en la conformación, coordinación y puesta en marcha de los programas nacionales de manejo integrado de suelos y aguas, de recursos biofísicos, y en la Colección de Microorganismos con Interés en Biofertilizantes, así como en la Escuela de Pensamiento en Agricultura Tropical. Es la creadora y líder del grupo de investigación Raíces del Futuro. Actualmente se desempeña como investigadora PhD sénior del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Diana Paola Serralde Ordóñez

Correo: dserralde@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6422-5071>

Profesional en Ecología de la Pontificia Universidad Javeriana y máster en Ciencias-Geofísica de la Universidad Nacional de Colombia. Tiene experiencia en la relación planta-microorganismo-ambiente, especialmente en la simbiosis con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) y su respuesta nutricional en diferentes cultivos de interés agrícola y forestal. Ha participado en la evaluación de la capacidad de estos microorganismos como potenciales biocontroladores de enfermedades fitosanitarias, como el ataque por *Fusarium oxysporum* en uchuva, y como biorremediadores, por su capacidad para inmovilizar metales pesados en plantas de cacao y arroz. Adicionalmente, ha participado en la evaluación de la aplicación de métodos geofísicos en la agricultura como alternativas de bajo impacto para la prospección del subsuelo. Actualmente se desempeña como investigadora máster asociada del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Andrea María Peñaranda Rolón

Correo: apenaranda@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1231-646X>

Ingeniera de producción biotecnológica de la Universidad Francisco de Paula Santander y máster en Ciencias Ambientales de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Cuenta con amplia experiencia en el estudio de hongos formadores de micorrizas y rizobios, y en su potencial como biofertilizantes en invernadero, vivero y campo. Ha participado en la formulación y ejecución de varios proyectos de investigación en especies frutícolas, leguminosas, forestales y transitorias, como la caña para producción de panela. Su experiencia profesional está enfocada en la evaluación de microorganismos con potencial biofertilizante y su impacto económico y ambiental en diversos cultivos. Actualmente se desempeña como investigadora máster del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Noé Aguilar Rivera

Correo: naguilar@uv.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7833-6749>

Ingeniero químico con especialidad en celulosa y papel y maestro en Ciencias de Productos Forestales de la Universidad de Guadalajara (México), y doctor en Ciencias Ambientales, en el área de gestión ambiental, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México). Desarrolla la línea de investigación en gestión ambiental, desarrollo sostenible y economía circular en agroindustrias. Es docente investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana (México). Es autor de más de 150 artículos de investigación y divulgación científica, libros y capítulos de libros, y ha dirigido más de 25 tesis de licenciatura, maestría y doctorado.

Jaime Humberto Sierra González

Correo: jhsierra@javeriana.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3227-9635>

Doctor en Negocios y Administración de The University of Manchester (Reino Unido); máster en Economía de la Internacionalización de la Empresa y las Finanzas de la Università di Roma Tor Vergata (Italia); magíster en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana; con diploma en Relaciones Internacionales y Diplomacia de la Academia Diplomática de San Carlos, y licenciado en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es consultor en distintos proyectos para instituciones como el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), Colciencias, ISA, Bancóldex y el Ministerio de Industria de Italia, y cofundador y miembro de la Red GCTI y la Red InnovaMeso LatAm. Fue miembro de la Junta Directiva de la Fundación Escritores. Actualmente es profesor asociado del Departamento de Administración de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Pontificia Universidad Javeriana. Cuenta con publicaciones científicas en varios libros y revistas, como *European Journal of Innovation Management*, *Journal of Banking and Finance*, *Latin American Business Review*, *Journal of Macromarketing*, *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, *Revista de Gestão Social e Ambiental*, *Cuadernos de Administración* (PUJ) y *Revista Contaduría* (Universidad de Antioquia).

Ruy Edeymar Vargas Díaz

Correo: rvargas@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2609-4087>

Ingeniero agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, con maestría en Bioestadística de la Facultad de Ciencias de la misma universidad. Cuenta con más de diez años de experiencia en diferentes proyectos de investigación y transferencia de tecnología en temas referentes a manejo de aguas y suelos,

implementación y desarrollo de agricultura limpia y evaluación de cultivos como hortalizas, papa y tomate. Cuenta con conocimientos en análisis de datos con enfoque en estadística espacial. Tiene habilidades en el manejo de programas tradicionales como Word y Excel, en el sistema de composición de textos LaTeX y en el programa estadístico R. Ha contribuido en la escritura de artículos científicos publicados en revistas científicas internacionales en temáticas de geoestadística, rotación de cultivos y manejo fitosanitario del cultivo de papa. Actualmente es investigador máster del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Gilberto Alonso Murcia Contreras

Correo: gilbertomurcia@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1381-839X>

Ingeniero agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, con maestría y doctorado en Ingeniería Agrícola, con enfoque en mecanización agrícola, de la Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Trabajó durante veintiún años en AGROSAVIA como investigador en las áreas de conservación de suelos, manejo integrado de suelos y aguas, y mecanización agrícola, especialmente en el diseño, construcción y evaluación de máquinas e implementos agrícolas para la agroindustria. Trabajó durante cuatro años en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en proyectos de mecanización agrícola.

Elías Humberto Peraza Castaneda

Correo: elias.peraza@mined.gob.sv

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1900-0513>

Licenciado en Administración de Empresas de la Universidad de El Salvador (UES), donde obtuvo el Premio a la Excelencia Académica Rubén Darío en 2009; magíster en Dirección Empresarial desde la Innovación e Internacionalización de la Universidad del País Vasco (España), y doctor en Economía con sobresaliente *cum laude* de las universidades de Burgos (UBU), Valladolid (UVA) y

Salamanca (USAL) (España). Su tesis doctoral se titula *La dinámica del sistema sectorial de innovación de la industria agroalimentaria en El Salvador desde una perspectiva evolucionista* (2019), y en ese periodo realizó una estancia de investigación en Ingenio (CSIC-UPV) y asistió a una *summer school* en The Association for Social Economics. También en 2019 realizó el curso Planning and Development of Science and Technology Parks (STP) Policy, and Technology Transfer and Commercialization, en el Science & Technology Policy Institute (Stepi) en Daejeon, Corea del Sur. En 2022 fue admitido como joven miembro afiliado a la Academia Mundial de Ciencias en el campo de ciencias sociales y económicas, y tomó parte como miembro del Consejo Editorial de la *Revista Colegiada de Ciencia*, de la Universidad de Panamá. Actualmente se desempeña como gerente de Prospectiva Tecnológica Educativa en el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de El Salvador. Académicamente, está interesado en el enfoque de sistemas de innovación (nacional, regional y sectorial) para los países en vías de desarrollo y en las políticas de ciencia, tecnología e innovación, para promover el desarrollo económico en estas áreas.

Ayda Fernanda Barona Rodríguez

Correo: abarona@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8487-2727>

Ingeniera agrónoma y especialista en Educación Ambiental y Desarrollo de la Comunidad de la Universidad de Cundinamarca y máster en Ciencias Agrarias, con énfasis en suelos y aguas, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Vinculada a AGROSAVIA con su tesis de pregrado en el año 2010 y como profesional desde el año 2013. Cuenta con experiencia en manejo agronómico, nutrición, plagas y enfermedades de importancia económica y evaluación de nuevos materiales de caña para producción de panela.

Javier Jiménez Vargas

Correo: jjimenezv@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2563-7473>

Agrónomo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Es tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias del SENA. Está vinculado a AGROSAVIA desde 1995. Cuenta con amplia experiencia en el manejo del cultivo de la caña de azúcar para panela y la guayaba y en su agroindustria.

Alfonso Cubillos Varela

Correo: acubillos@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1063-9789>

Ingeniero mecánico, magíster en Ingeniería de Control Industrial y doctor en Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Tiene experiencia en el diseño y fabricación de equipos para alimentos y poscosecha: productos cárnicos, frutas y almidones. Cuenta con investigaciones en modelación, simulación y control de procesos de secado para productos agrícolas. Tiene experiencia de más de diez años en docencia universitaria en el área de diseño mecánico: simulación por elementos finitos, dinámica de fluidos computacional (CFD) y modelación y simulación de procesos. Ha participado en eventos de divulgación científica, y cuenta con publicaciones científicas y técnicas, así como con dos patentes de invención otorgadas.

Jader Rodríguez Cortina

Correo: jrodriguezc@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5346-092X>

Ingeniero agroindustrial de la Universidad del Atlántico, con maestrías en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos y en Gestión y Seguridad Alimentaria, y doctor en Ciencia, Tecnología y Gestión Alimentaria de la Universitat Politècnica de València (UPV), con énfasis en ingeniería de procesos agroalimentarios. Cuenta con experiencia en el desarrollo y análisis de procesos agroalimentarios, con el objetivo de abordar su optimización energética, ambiental y productiva. Tiene experiencia en

simulación y control de procesos agroalimentarios, procesos de secado y calidad de alimentos deshidratados, extracción con fluidos supercríticos, aplicación de ultrasonidos de potencia en procesos agroalimentarios, análisis nutricional y funcional en matrices alimentarias y sus cambios asociados con diferentes etapas del procesamiento industrial. Es investigador PhD sénior del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Jorge Enrique Wong Paz

Correo: jorge.wong@uaslp.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5866-2678>

Bioquímico de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México), y maestro y doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila (México). Cuenta con experiencia en el estudio de compuestos bioactivos de plantas, con énfasis en purificación y bioquímica de procianidinas. En la actualidad estudia el aprovechamiento de residuos agroindustriales, como la pulpa de café y el lichi, para la obtención de bioproductos de valor agregado. También ha trabajado en la solución a problemáticas regionales a través de la transferencia de tecnologías en los temas de estandarización de procesos, conservación de productos y buenas prácticas de manufactura. Hoy en día es profesor investigador de tiempo completo nivel VI de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, y pertenece al Sistema Nacional y Estatal de Investigadores en México.

Heriberto Ramírez Cathí

Correo: heriberto.ramirez@tecvalles.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3280-0558>

Ingeniero en Agronomía, con especialidad en zootecnia, del Instituto Tecnológico Agropecuario N.º 22 de Ciudad Valles, en San Luis Potosí (México), con maestría en Ciencias, Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (México). Tiene experiencia en la producción de alimentos balanceados para animales de interés pecuario. También ha trabajado en la producción de miel de abeja *Apis*

mellifera y *Apis melipona*, en la cosecha, extracción, envasado y comercialización, así como en todo el proceso de producción de piloncillo granulado. Ha participado en algunos congresos relacionados con productos agropecuarios y de la industria alimentaria, así como en proyectos de investigación relacionados con el aprovechamiento de subproductos de la industria azucarera. Actualmente es profesor de tiempo completo del Tecnológico Nacional de México, campus Ciudad Valles.

Carlos Felipe González Chavarro

Correo: cfgonzalez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1720-5067>

Ingeniero agrónomo y magíster en Fisiología Vegetal, con diplomado en Extensión Rural, de la Universidad Nacional de Colombia. Cuenta con experiencia en la red de permanentes y frutales, ejecutando proyectos con énfasis en fisiología de cultivos, fitotecnica, multiplicación de semilla, requerimientos nutricionales, recomendación de nutrición integrada, aplicaciones de microorganismos y caracterización genotípica-fenotípica con marcadores moleculares. Ha trabajado en vinculación tecnológica y evaluación de impacto (balance social) en cultivos como caña de azúcar para panela, palma de aceite, guayaba, marañón, cítricos, mangostino y rambután. Es investigador máster del Centro de Investigación La Libertad de AGROSAVIA.

Nancy del Carmen Barreto-Triana

Correo: nbarreto@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7516-4761>

Ingeniera agrónoma de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC); magíster en Ciencias Agrarias, con énfasis en fitoprotección integrada, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y doctora en Ciencias-Entomología, con énfasis en ecología química y comportamiento de insectos, de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), de la Universidad de São Paulo (Brasil). Tiene veintiocho años de experiencia en

el ajuste y la validación de estrategias para el manejo integrado de plagas en diferentes agroecosistemas: pastos de clima frío, papa, caña de azúcar para panela y durazno, y en transferencia de tecnología con productores y asistentes técnicos. Actualmente lidera proyectos de investigación en fitosanidad de la caña de azúcar para panela, con énfasis en manejo de barrenadores del tallo, control biológico por conservación y estudios epidemiológicos de enfermedades. Ha publicado artículos científicos en revistas indexadas y ha participado en otras publicaciones técnicas sobre diferentes temas relacionados con el manejo integrado de plagas. Se desempeña como investigadora PhD asociada en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Gonzalo Alfredo Rodríguez-Borray

Correo: grodriguez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6261-7418>

Economista agrario e ingeniero agrónomo, máster en Economía, con experiencia en estudios de agroeconomía y agroindustria, con énfasis en análisis de sistemas de agricultura familiar y de agroindustria rural que involucran la valorización de productos agropecuarios a través de procesos de acondicionamiento y transformación. En alianza con grupos de investigación latinoamericanos y europeos, ha contribuido a desarrollar el concepto y enfoque de “sistemas agroalimentarios localizados”, como una estrategia viable para el desarrollo rural, en áreas de economías campesinas de los países de menor desarrollo relativo. Actualmente trabaja en el desarrollo de opciones tecnológicas ecoeficientes de prevención y adaptación para que los pequeños productores agropecuarios puedan enfrentar la variabilidad y el cambio climático; además, en AGROSAVIA trabaja en la estructuración de una estrategia de evaluación de la adopción y análisis de impacto de las tecnologías para el sector agropecuario.

Eduar Yovany Antolinez Sandoval

Correo: eantolinez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0145-6002>

Ingeniero agrónomo y magíster en Fisiología Vegetal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), con experiencia en el estudio de las interacciones genotipo-ambiente en cultivos de interés, la evaluación en campo de genotipos promisorios (alto rendimiento) y su capacidad de adaptación al cambio climático, sistemas agroforestales con cacao, manejo agronómico de cultivos como cacao y caña de azúcar para panela, evaluación de la adopción e impacto de tecnologías y producción de semilla de calidad. Es coinvestigador en el desarrollo de las variedades de cacao TCS 13 y TCS 19. Tiene interés en la investigación de las respuestas de las plantas al estrés biótico y abiótico, en la relación suelo-planta-ambiente, en la adaptación de los cultivos como respuesta al cambio climático y en el área de bioestadística. Actualmente se desempeña como investigador máster de la sede Cimpa de AGROSAVIA.

Diana Beatriz Muñiz Márquez

Correo: diana.marquez@uaslp.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8070-1194>

Licenciada en Bioquímica, con énfasis en alimentos, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México), con maestría y doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila (México). Tiene experiencia en la extracción de fitoquímicos a partir de especias y plantas regionales, utilizando tecnologías alternativas. También ha trabajado en la aplicación de bioprocesos líquidos y sólidos para la producción o extracción de compuestos bioactivos como polifenoles y prebióticos, así como en la formulación de alimentos y bebidas con potencial funcional. Ha participado en diversos congresos relacionados con productos naturales y biotecnología, y en proyectos de investigación enfocados en el aprovechamiento de plantas y residuos agroindustriales para la obtención de compuestos de interés, así como en el uso de jugo de caña y aguamiel como medios de cultivo.

alternativos para la producción de prebióticos empleando hongos filamentosos. Actualmente es profesora investigadora de tiempo completo de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca.

Henry Alberto Hernández Martínez

Correo: hahernandez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2323-0242>

Estudiante del doctorado, ingeniero en control y magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones. Tiene experiencia en el desarrollo de aplicaciones web y dispositivos móviles, en construcción de bases de datos y en análisis de datos usando técnicas de aprendizaje computacional, *big data* o inteligencia artificial. Actualmente está vinculado a AGROSAVIA como investigador máster, apoyando el diseño y desarrollo de prototipos agroindustriales en proyectos de valorización de la poscosecha de variedades promisorias como la guayaba, ajuste de tecnologías para el manejo de suelos, transporte aéreo de caña y extracción de jugo de caña para la industria panelera, tecnologías para mejorar el producto y la inocuidad del proceso panelero, un estudio piloto de desarrollo de una panela con mayor valor agregado y el desarrollo del proceso agroindustrial de productos derivados de la caña.

Abigail Reyes Munguía

Correo: abigail.reyes@uaslp.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2151-7979>

Licenciada en Químico Clínico Biólogo de la Universidad de Morelos, con maestría en Ciencias Alimentarias de la Universidad Veracruzana y doctorado en Biotecnología, con énfasis en alimentos, de la Universidad Autónoma Metropolitana (México). Tiene experiencia de más de diez años en la industria de alimentos como gerente de control de calidad y en el desarrollo de productos alimentarios de productos cárnicos, productos derivados de la soya, panificación y leche; además, durante cuatro años fue eslabón de investigación y desarrollo tecnológico del Comité Estatal del Sistema Producto Tilapia del estado de San Luis

Potosí, y ha participado como asesora de desarrollo y estabilidad de productos alimentarios de pequeños productores y empresas de la región. Actualmente es profesora investigadora de tiempo completo de la carrera de Bioquímica en la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México); líder del Cuerpo Académico Consolidado de Bioquímica Aplicada, y coordinadora de la Maestría en Ciencias Bioquímicas. La línea de investigación que trabaja es la obtención de compuestos bioactivos y el desarrollo y estabilidad de nuevos productos (alimentos funcionales).

Yuly Paola Sandoval Cáceres

Correo: ysandoval@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4529-4068>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Cundinamarca y máster en Ciencias Agrarias, con línea de investigación en entomología, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Tiene experiencia en el campo de la investigación agropecuaria, especialmente en el área de entomología, con énfasis en el barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea* spp). Cuenta con experticia en la cría de insectos en laboratorio, y en identificación y curaduría de insectos. Tiene conocimientos en ecología química y sistemas de información geográfica. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Yuli Marcela Ordóñez Castañeda

Correo: ymordonezc@unal.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8660-9869>

Bacterióloga, magíster en Ciencias con énfasis en microbiología y doctora en Biotecnología. Su trabajo ha estado enfocado en el estudio de la diversidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) asociados a cultivos de interés agronómico. Utilizando técnicas tradicionales y metagenómica, evaluó el impacto de la aplicación de biofertilizantes sobre las comunidades nativas de HFMA asociados a plantas de yuca en la Orinoquía colombiana. Apoyó la caracterización de las accesiones de HFMA en la

Colección de Microorganismos con Interés en Biofertilizantes de AGROSAVIA. Tiene experiencia en el cultivo *in vitro* de HFMA, sistema que ha utilizado para evaluar la interacción de HFMA con microorganismos solubilizadores de fosfato, como *Pseudomonas* sp., y hongos fitopatógenos, como *Rhizoctonia* sp. Ha participado en transferencia de conocimiento en biología molecular aplicada y en la supervisión de proyectos de I + D + i a nivel nacional.

Carlos Eduardo Ospina Parra

Correo: ceospina@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3155-663X>

Ingeniero agrónomo y magíster en Sociedades Rurales de la Universidad de Caldas, con experiencia amplia y certificada en formulación, implementación y gestión de proyectos de I + D + i de carácter nacional, especialmente con comunidades rurales vulnerables. Ha realizado análisis de factores sociales y económicos de los sistemas productivos agropecuarios y de las cadenas de valor, ha liderado procesos de transferencia y vinculación de tecnologías para pequeños y medianos productores agropecuarios y ha desarrollado herramientas para mejorar los servicios de extensión y asistencia técnica. Actualmente es investigador máster de la sede Eje Cafetero de AGROSAVIA.

Francisco Eladio Restrepo Escobar

Correo: ferestrepo@elpoli.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7280-6132>

Administrador de empresas de la Universidad de Antioquia, especialista en Gestión del Talento Humano y la Productividad de la Universidad de Medellín, especialista en Alta Gerencia de la Fundación Universitaria María Cano y magíster en Gerencia del Talento Humano de la Universidad de Manizales. Tiene experiencia en gerencia de empresas del sector solidario. Ha participado en proyectos de extensión e investigación relacionados con el fortalecimiento empresarial de productores, la producción y comercialización de bioinsumos, la calidad de vida laboral, las prácticas de gestión humana y las condiciones de trabajo en el

sector agropecuario. Es investigador del grupo de investigación en Sistemas Agrarios Sostenibles (SAS), de la Facultad de Ciencias Agrarias del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Medellín, Colombia).

Wilmar Alexander Wilches Ortiz

Correo: wwilches@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2905-3347>

Ingeniero agrónomo, magíster en Cambio Climático de la Universidad Internacional Iberoamericana de Puerto Rico, magíster en Seguridad Alimentaria con énfasis en desarrollo regional y local de la Universidad Abierta y a Distancia de México y magíster en Biotecnología Alimentaria con énfasis en ingeniería de bioprocesos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia. Tiene experiencia en manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa, y ha participado en investigaciones sobre fuentes microbiológicas de tolerancia a enfermedades en el cultivo de uchuva; inmovilización de cadmio en cacao y de cadmio y arsénico en arroz, y biofertilización con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) en cultivos de caña para panela, cebolla, cacao, tomate, mango, forestales, uchuva, mora y caucho. Actualmente está encargado de la custodia, curaduría y escalamiento de las accesiones de HFMA de la Colección de Microorganismos con Interés en Biofertilizantes del Banco de Germoplasma de Microorganismos de AGROSAVIA, donde también ejerce como investigador máster en el Centro de Investigación Tibaitatá.

Ximena López González

Correo: xlopez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5260-2025>

Ingeniera agrónoma del Instituto Universitario de la Paz. Cuenta con experiencia en programas de asistencia técnica enfocados en el sector panelero y en seguridad alimentaria. Actualmente se desempeña como profesional de transferencia de tecnología de la sede Cimpa, adscrita al Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA, donde participa en la vinculación de tecnologías desarrolladas

para los sistemas productivos de guayaba regional, caña de azúcar para producción de panela y ganadería.

Leidy Yibeth Deantonio Florido

Correo: ldeantonio@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8520-1340>

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia y magíster en Fisiología Vegetal de la Universidade Federal de Viçosa (Brasil). Es investigadora máster de la sede Cimpa, adscrita al Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA. Ha participado en y liderado proyectos de investigación y transferencia de tecnología en temas relacionados con agricultura climáticamente inteligente y manejo sostenible e integrado de cultivos; entre estos, se destacan los proyectos que abordaron la zonificación de riesgos agroclimáticos en los sistemas agrícolas de Colombia; la optimización de la producción de semilla seleccionada para caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) destinada a panela y el fortalecimiento de sus organizaciones de productores; el estudio ecofisiológico de los cultivares regionales de guayaba (*Psidium guajava* L.) roja y blanca en interacción con agentes bióticos y abióticos en la Hoya del Río Suárez (Colombia), y, recientemente, la construcción de un sistema de trazabilidad fitosanitaria e inocuidad de la cadena de la guayaba.

Angela María Vargas Berdugo

Correo: avargas@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0671-3055>

Microbióloga y máster en Ciencias Agrarias en el área de profundización en fitopatología. Tiene experiencia en diagnóstico de enfermedades y en estandarización de metodologías de detección causadas por patógenos obligados en cultivos de cítricos, maíz, caña y ornamentales. Trabajó en el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario (LNDF) del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), como docente en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá) y como investigadora de la Universidad Estatal de Míchigan, la Universidad Nacional de

Colombia (sede Bogotá) y la Universidad de los Andes, en investigaciones relacionadas con estudios poblacionales de patógenos de plantas. Actualmente es investigadora máster de la Red de Innovación de Cultivos Transitorios y Agroindustriales del Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA.

Luciano Ramírez

Correo: luramirez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0963-6737>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Caldas. Tiene experiencia en cultivos de importancia económica, como café, cacao, caña y plátano. Ha participado en proyectos en temas relacionados con el manejo integrado de suelos con aplicación de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA). Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Pablo Andrés Osorio Mejía

Correo: posorio@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7672-9285>

Licenciado en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional; ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y magíster en Ciencias Agrarias, con énfasis en entomología, de la misma universidad. En 2013 se vinculó a AGROSAVIA como profesional de investigación, y desde 2019 es investigador máster en la misma corporación. Tiene experiencia en manejo integrado de insectos plaga, taxonomía, biología y comportamiento, así como en reconocimiento, caracterización y cría de organismos benéficos destinados al control biológico. Se ha desempeñado laboralmente en los agroecosistemas de papa, pastos de clima frío, hortalizas, caña para panela y durazno. Ha publicado documentos acerca de controladores de la polilla guatemalteca de la papa, chinches de los pastos, barrenadores y parasitoides de la caña para panela y la mosca del Mediterráneo en durazno.

Zaida Xiomara Sarmiento Naizaque

Correo: zsarmiento@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0478-0601>

Bióloga de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y magíster en Ciencias Agrarias, con énfasis en entomología, de la Universidad Nacional de Colombia. Tiene experiencia en determinación de parasitoides asociados a los barrenadores del tallo en caña para panela y en la implementación de estrategias para el manejo de *Diatraea* spp. mediante métodos biológicos y etológicos. También ha apoyado el estudio de barrenadores del tallo en cultivos de guayaba, la evaluación de métodos para la prevención y control de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) en durazno y el análisis de factibilidad para la implementación de la técnica del insecto estéril de *C. capitata* en Colombia. Ha participado en publicaciones relacionadas con la biología, el daño y el manejo integrado de plagas en los cultivos trabajados. Actualmente es investigadora máster en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Jhon Mauricio Estupiñán Casallas

Correo: jmestupinan@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8782-7291>

Ingeniero agrícola y magíster en Ingeniería de Recursos Hidráulicos, con experiencia en investigación aplicada a la planificación agrícola basada en análisis agroclimáticos, con énfasis en el manejo del agua en el contexto de la variabilidad y el cambio climático. Tiene habilidades en el manejo de herramientas y en el desarrollo de metodologías enfocadas en la modelación espacial de variables agroclimáticas, modelación hidrológica, determinación de requerimientos hídricos para cultivos, modelación de la distribución potencial de especies y zonificación agrícola. Además, cuenta con experiencia profesional como docente universitario y en el diseño de sistemas de riego y drenaje en el sector privado.

Juan Carlos Martínez Medrano

Correo: jcmartinezm@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0506-3660>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira; magíster en Estudios de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de la Universidad de Salamanca (España), y PhD de la misma universidad. Durante diez años trabajó en proyectos de desarrollo en el ámbito de la cooperación internacional, en países de Centroamérica, el Caribe y el norte de África. Desde 2013 trabaja en AGROSAVIA, en el Departamento de Transferencia de Tecnología, donde ha liderado diversos proyectos sobre la adaptación de la agricultura al cambio climático. En la actualidad dirige el grupo de investigación Cambios Sociotécnicos para el Desarrollo de la Innovación en el Sector Agropecuario, en el que se enfoca principalmente en la comprensión de las dinámicas asociadas a la gestión del conocimiento y los procesos de cambio técnico relacionados con la innovación bajo un enfoque geográfico. También forma parte del Sistema de Información Agroclimática para el Cultivo de Papa.

Liliana del Pilar Castro Molano

Correo: licasmol@saber.uis.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8893-6310>

Doctora en Ingeniería Química. Es integrante del grupo de investigación en Tecnologías de Valorización de Residuos y Fuentes Agrícolas e Industriales para la Sustentabilidad Energética (Interfase) y profesora de la Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia. Ha trabajado durante más de doce años en procesos anaeróbicos, específicamente en el área de codigestión, diseño y monitoreo de digestores tubulares rurales a gran escala, caracterización y postratamientos de digeridos y potencial energético de la tecnología. Actualmente hace parte del Concejo Directivo de la RedBioLAC en Colombia.

Humberto Escalante Hernández

Correo: escala@uis.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6257-8110>

Magíster en Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y PhD en Ingeniería Química de la Universidad de Cantabria (España). Es profesor titular de la Escuela de Ingeniería Química de la UIS. Es investigador sénior del Minciencias y miembro de los grupos de investigación en Tecnologías de Valorización de Residuos y Fuentes Agrícolas e Industriales para la Sustentabilidad Energética (Interfase) y Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales (Ceiam), de la UIS. Su carrera se ha desarrollado en la línea de investigación para la gestión y valorización de residuos agroindustriales mediante la tecnología de digestión anaeróbica.

Sonia Mercedes Polo-Murcia

Correo: spolo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9362-4717>

Ingeniera química de la Universidad de América y máster en Economía de la Universidad de los Andes. Es investigadora en economía ambiental para apoyar el desarrollo sostenible y la gestión de los recursos naturales para la agricultura. Tiene interés en la economía y la valoración de los recursos hídricos para la producción agrícola. Cuenta con experiencia en modelación de cultivos en escenarios de variabilidad y cambio climático, análisis de ciclo de vida y captura de carbono, análisis y modelado micro-económico de tecnologías agrícolas, eficiencia técnica, costos de producción, análisis de precios y estudios de cadena de valor de la agroindustria panelera. En la actualidad trabaja en modelamiento espacial de cultivos e implementación de procesos de optimización agroeconómica en áreas de interés regional, con inclusión de modelos hidroeconómicos. Es integrante de dos grupos de investigación reconocidos por el Minciencias: Ecología y Agricultura Inteligente para la Sostenibilidad y Competitividad de los Sistemas de Producción en el Trópico (categoría A), e Innovación Tecnológica de Procesos Agroindustriales para el Desarrollo Rural (categoría A1). Es investigadora máster de AGROSAVIA.

Ginna Natalia Cruz-Castiblanco

Correo: gcruz@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2355-4914>

Ingeniera agrónoma y magíster en Estadística Aplicada de la Universidad Santo Tomas. Su línea de investigación se encuentra enfocada en la aplicación de modelos de predicción de rendimiento, modelos de crecimiento en frutos, caracterización y tipificación de sistemas productivos, análisis para evaluar el efecto de los pesticidas en las abejas melíferas e interacción de plagas y enfermedades respecto a los factores bióticos y abióticos que favorecen su prevalencia. Durante su trayectoria ha diseñado y validado métodos de control de plagas y enfermedades en diferentes sistemas productivos. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en AGROSAVIA.

Andrea Onelia Rodríguez Roa

Correo: arodriguezr@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9279-3607>

Licenciada en Física, magíster en Ciencias-Meteorología y especialista en Geomática. Sus áreas de investigación pertenecen al campo de las ciencias de la tierra, específicamente a la climatología y agroclimatología, con más de diez años de experiencia. Su principal interés está en el entendimiento de las causas y los impactos de la variabilidad y el cambio climático. Ha trabajado en evaluación de modelos climáticos globales, generación de escenarios de cambio climático, construcción de sistemas expertos y alertas tempranas, modelación espacial de plagas y enfermedades, análisis de riesgo agroclimático y zonificaciones. Igualmente, ha participado en proyectos de investigación de agricultura protegida. Tiene alta capacidad en el manejo, procesamiento y análisis de información climática y agroclimática. Es investigadora máster del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Viviana Marcela Varón-Ramírez

Correo: vvaron@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4479-5795>

Ingeniera agrícola y magíster en Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia. Su ejercicio profesional se ha basado en el análisis espacial de propiedades y procesos del suelo. Ha implementado metodologías de mapeo tradicionales, a través de la elaboración de modelos evolutivos de suelos, y digitales, a través del análisis geoestadístico y el uso de algoritmos de aprendizaje asistido por computadora. Actualmente se encuentra realizando sus estudios de doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Fabián Andrés Velásquez Ayala

Correo: favelasquez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1535-3549>

Ingeniero agroindustrial de la Universidad del Tolima. Actualmente está vinculado a AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Tibaitatá, donde ha desarrollado proyectos de investigación en el área de ingeniería de procesos. Tiene experiencia de siete años en investigaciones relacionadas con modelación matemática y simulación de procesos, combustión de biomasa, manejo de energía y manejo poscosecha de alimentos. De igual manera, ha participado en proyectos que incluyen el diseño y evaluación de equipos para módulos de producción de azúcar no centrifugada de caña. Es profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Cultivos Transitorios y Agroindustriales de AGROSAVIA.

Paula Helena Reyes Herrera

Correo: phreyes@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0502-4266>

Ingeniera electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana, con maestría en Ingeniería Electrónica y con doctorado en Ingeniería de Sistemas en Bioinformática del Politecnico di Torino (Italia).

Tiene un profundo interés en ciencias de la vida. Ha trabajado en el desarrollo de herramientas computacionales para predecir asociaciones en datos genómicos. Ha trabajado en algoritmos de regulación génica postranscripcional, genotipado y detección de variantes y asociación de genotipo y fenotipo para tetraploides. Desde que se unió a AGROSAVIA, ha estado trabajando en el Banco de Germoplasma Vegetal colombiano, en el sistema de información y en una plataforma de genotipificación del banco. Aunque sus principales intereses están en bioinformática aplicada a la agri-genómica y al estudio de la diversidad colombiana, también le interesa la integración de las tecnologías de la información (incluyendo la inteligencia artificial) en el sector agrícola colombiano.

Bellanid Huertas-Carranza

Correo: bhuertas@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1034-4072>

Administradora ambiental, magíster en Estudios y Gestión del Desarrollo y estudiante doctoral en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad, con amplia experiencia en proyectos de investigación, transferencia, asistencia técnica, ordenamiento social de la propiedad, gestión de información y gestión de conocimiento en el sector agropecuario y su planificación rural. Desarrolla temas relacionados con el sistema productivo de caña panelera, referentes a la visibilización de la importancia que presta la agricultura de conservación y sus productores a través del manejo adecuado de los sistemas agrícolas; la determinación y evaluación de servicios ecosistémicos de provisión, soporte y regulación en diferentes unidades del paisaje agrícola del país, y la evaluación de herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático.

John Javier Espitia González

Correo: jjespitia@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2684-655X>

Ingeniero mecánico y máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética, con experiencia en diseño, tecnificación y mantenimiento de plantas de producción, así como en

desarrollo de maquinaria agrícola, industrial y agroindustrial. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Cacao de AGROSAVIA, desarrollando proyectos de investigación en el área de ingeniería de procesos.

Luis Alberto Olvera Vargas

Correo: lolvera@ciatej.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8771-6575>

Licenciado en Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, con maestría y doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México). Tiene experiencia en sistemas de información geográfica, análisis espacial, teledetección, ordenamiento territorial, agricultura de precisión, modelado biológico y cartografía participativa. Ha participado en el desarrollo y ejecución del primer Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria del Senasica, México. Actualmente es investigador por México (Cátedra Conacyt) asignado al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C.

Andrew Roberts Cummings

Correo: andrewrobertscummings@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3445-4636>

Magíster en Planificación Internacional de Tecnología y PhD en Planificación y Desarrollo de la Universidad de Aalborg (Dinamarca). Es investigador, antropólogo sociocultural de formación inicial y crítico del “desarrollo” como fenómeno complejo y problemático. Tiene amplia experiencia académica abordando problemáticas del desarrollo territorial: capacidades estatales para la transformación productiva y el desarrollo económico territorial; planificación del desarrollo territorial, y configuración y caracterización de territorios urbano-rurales. Investiga la emergencia de capacidades de innovación en empresas de la economía social, iniciativas de la pequeña agroindustria rural y la emergencia de sistemas territoriales de innovación en cuanto a las dinámicas del desarrollo económico territorial. Es miembro activo de redes



académicas internacionales y revisor para revistas académicas especializadas. Diseña y realiza investigaciones aplicadas para evaluar programas de desarrollo; para analizar el potencial de desarrollo de iniciativas económicas territoriales y dinámicas de mercado laboral relacionadas con el empleo juvenil para evaluar factibilidad, y para diseñar programas y analizar operaciones de empresas internacionales grandes en relación con las dinámicas de sus cadenas de valor, los territorios de localización y el bienestar de las personas. Tiene extensa experiencia como practicante y agente facilitador de procesos de desarrollo territorial.



Prólogo

Conservo un dulce recuerdo de cuando vivía fuera del país y, por casualidad, encontré panela en un supermercado de productos latinos, en una presentación y nombre común de México: piloncillo. Esto me llenó de mucha nostalgia, y aunque no era comprador de panela cuando vivía en Colombia, lejos de mi país, y después de este hallazgo, me volví consumidor habitual para la preparación de la limonada que nunca faltó en nuestra casa y con la que sorprendía a las visitas en múltiples reuniones sociales. Lo más grato de todo fue ver que, a pesar de estar la panela orientada al mercado mexicano, su origen era colombiano, de excelente calidad y a un precio muy asequible. Recuerdo que era común en el supermercado que las personas que registraban los productos para su pago se sorprendieran y me preguntaran de qué se trataba ese producto. La panela se convirtió en un alimento esencial de la dieta de mi familia. Debo reconocer que la nostalgia me embargaba cada vez que refrescaba los calurosos veranos con limonada o calentaba los fríos inviernos con agua de panela caliente de la tierrita.

La panela se ha caracterizado por surgir de una agroindustria rural alentada por pequeños productores, con bajos niveles de tecnificación para el cultivo y transformación de la caña de azúcar, y constituida en países en vías de desarrollo. Sin embargo, dicha agroindustria tiene la responsabilidad de atender de manera constante la demanda de la población, que en gran parte es vecina de los llamados “trapiches paneleros” y en otros casos hace parte de la comunidad latinoamericana que vive en otras ciudades o incluso en el exterior. Debido a la importancia social y económica

de las actividades que rodean la producción de panela, es pertinente contribuir al cierre de brechas tecnológicas, para garantizar el éxito y la permanencia de la agroindustria panelera en un entorno cada vez más complejo y competitivo.

La historia personal compartida sobre el redescubrimiento de la panela como parte de la vida cotidiana en un entorno lejano evoca la poderosa conexión emocional que esta tradicional y humilde fuente de dulzura puede despertar. Este relato refleja no solo la universalidad de su atractivo, sino también su arraigada presencia en la cultura y la identidad colombiana. Más allá de las fronteras, la panela ha trascendido como un vínculo tangible con la tierra y las tradiciones, sirviendo como un recordatorio dulce de hogar para muchos. En este contexto, el impulso hacia una mayor tecnificación y desarrollo de la agroindustria panelera se convierte en una tarea esencial, no solo para satisfacer la demanda local y global, sino también para preservar y enriquecer esta parte fundamental de la herencia cultural latinoamericana.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a los editores de este libro, a sus dedicados autores y a todos aquellos que contribuyeron en el proceso editorial. Asimismo, extendiendo mi reconocimiento a las directivas de AGROSAVIA, cuyo apoyo y compromiso hicieron posible la realización de esta obra. Espero que este libro sea de gran utilidad para que sigamos contando dulces historias de la panela.

Juan Diego Palacio Mejía



Introducción

La panela, también conocida como chancaca, rapadura, piloncillo, entre otros, es un edulcorante y alimento arraigado a las costumbres culturales en varios países, que se destaca por su proceso de producción artesanal y de bajo nivel tecnológico, tradicionalmente llevado a cabo por pequeños productores en zonas rurales. El proceso implica la extracción y evaporación del jugo de la caña de azúcar para obtener el producto final. Sin embargo, esta tradición ha limitado su potencial de desarrollo y modernización en la industria alimentaria. A pesar de su popularidad y demanda en muchos mercados, la falta de tecnificación en todo el proceso, desde la adquisición de la materia prima hasta la transformación de la caña en panela, ha resultado en una calidad variable del producto final y en una menor eficiencia en términos de rendimiento y costos de producción. Para lograr un avance significativo en la agroindustria panelera, es necesario implementar mejoras en los procesos de producción, promover la adopción de tecnologías modernas y desarrollar estrategias de comercialización que agreguen valor al producto final. De esta manera, la panela podría posicionarse como un producto de alta calidad y competitividad en el mercado nacional e internacional. En este sentido, se ha preparado la presente obra titulada *Avances de investigación para la agroindustria panelera*. Este libro se plantea como una herramienta destinada a fomentar el desarrollo y la innovación en el sector, así como a inspirar acciones concretas que impulsen el avance y la consolidación de la agroindustria panelera.

El propósito fundamental de este libro es recopilar, por primera vez y en una obra integral, los resultados más destacados de la investigación en diversas áreas del conocimiento con el fin de fortalecer la agroindustria panelera. Este proyecto editorial no solo engloba los trabajos desarrollados por AGROSAVIA, sino también por otras entidades pertenecientes al SNCT (Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación) de Colombia, así como por redes de conocimiento internacionales. Estos aportes constituyen una valiosa fuente de referencia para el sector de la agroindustria de la panela en Latinoamérica. Asimismo, esta iniciativa promueve la colaboración entre distintas instituciones, facilitando la difusión de sus avances técnicos y tecnológicos alrededor de la agroindustria panelera. Gran parte de los resultados incluidos en este libro son fruto del trabajo realizado en la sede Cimpa del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA, ubicada en el municipio de Barbosa, Santander (Colombia). Desde 1986, esta sede ha sido un epicentro de investigaciones dedicadas al desarrollo de la agroindustria panelera. No obstante, para la elaboración de esta obra, se extendió la invitación a otros investigadores tanto nacionales como internacionales que han contribuido de manera significativa al campo de la agroindustria panelera. De esta manera se consolidaron los avances más recientes y se estableció una base sólida para la continuidad y el futuro direccionamiento de la investigación.

Mediante este libro, AGROSAVIA proporciona información procesada y analizada a la agroindustria panelera, específicamente a aquellos actores involucrados en investigación, desarrollo e innovación, y a los responsables de la toma de decisiones. Se presentan resultados significativos de investigación que tienen el potencial de contribuir a la actualización y apropiación del conocimiento, así como a la promoción del uso de tecnologías desarrolladas tanto por AGROSAVIA como por otras instituciones. El libro está organizado en tres grandes componentes: 1) cultivo y manejo agronómico; 2) transformación, industrialización y diversificación de uso de la panela, y 3) análisis socioeconómico y ambiental de la agroindustria

panelera. Cada componente contiene capítulos con una estructura similar a un artículo científico (resumen, introducción, metodología, resultados y discusión, conclusiones y referencias bibliográficas). La obra ofrece valiosos insumos para la agroindustria panelera al proporcionar información fiable, rigurosa y de calidad. Este libro es una muestra del compromiso de AGROSAVIA con la excelencia y la colaboración, y estamos seguros de que será una herramienta invaluable para aquellos dedicados al desarrollo y la innovación en la agroindustria panelera.

