



Los autores

Edwin Andrés Villagrán Munar

Investigador máster sénior • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

evillagran@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1860-5932>

Ingeniero agrícola. Magíster en Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia y candidato a doctor en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad. Actualmente, se desempeña como investigador máster sénior de AGROSAVIA y cuenta con diez años de experiencia en investigación en sistemas de producción hortícola y ornamental bajo estructuras de agricultura protegida. También cumple el papel de coordinador técnico de estructuras de agricultura protegida de AGROSAVIA.

Linda Gómez Arias

Investigadora máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

lygomez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2351-5424>

Ingeniera de Producción Biotecnológica de la Universidad Francisco de Paula Santander, con maestría en Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Javeriana, con énfasis en Biotecnología Vegetal. Investigadora máster con experiencia en genética molecular vegetal, cultivo de tejidos vegetales, formulación y participación en proyectos de investigación, estandarización de protocolos de micropropagación vegetal, limpieza de virus y producción de material de siembra *in vitro*. Actualmente, se desempeña como coordinadora técnica de la Red de Laboratorios de Producción Vegetal de AGROSAVIA.

Douglas Andrés Gómez Latorre

Investigador máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

dagomez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6067-7596>

Ingeniero catastral y geodesta, y magíster en Ciencias-Meteorología. Investigador en el área de Agroclimatología del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA. Su trabajo se ha focalizado en el modelamiento espacial y el análisis del riesgo agroclimático, así como en el área de climatología aplicada a la agricultura. En la actualidad, se enfoca en el desarrollo de sistemas de soporte a la toma de decisiones (SSTD), integrando el uso de predicciones climáticas, modelos de simulación de cultivo y opciones de manejo cultural resilientes.

Yeni Rodríguez Giraldo

Investigadora máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

yrodriguezg@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2024-8153>

Química industrial, especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales, magíster en Ciencias Agronómicas con énfasis en Ciencias del Suelo y Recursos Naturales, con experiencia en análisis instrumental en el área de suelos, tejido vegetal, aguas, abonos orgánicos y alimentos. Cuenta con formación y experiencia en la implementación de pruebas de validación y desarrollo de técnicas analíticas, y con la capacidad para implementar un sistema de gestión de calidad bajo las normas ISO 9001 e ISO/IEC 17025 en laboratorios lácteos, ambientales y agropecuarios. Línea de investigación enfocada en análisis e interpretación de las propiedades fisicoquímicas del suelo y en el estudio de metales pesados en suelos, tejido vegetal, aguas, abonos orgánicos y alimentos.

Iván Edilberto Chacón Garzón

Profesional de apoyo a la investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

ichacon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1644-5541>

Ingeniero mecánico con experiencia en ejecución de proyectos de investigación, con capacidad para planear, diseñar, dirigir, tecnificar y mantener proyectos o plantas de producción. Durante sus cinco años de carrera profesional se ha desempeñado como profesional de apoyo a la investigación en AGROSAVIA en proyecto de mecanización agrícola y agroindustrial.

Stephanie Johana Numa Vergel

Investigadora Máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

snuma@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0071-6458>

Bióloga con especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales. Magíster en Biología Aplicada, con experiencia en formulación y ejecución de proyectos de investigación. Actualmente, se encuentra vinculada como investigadora máster, desempeñando el papel de coordinadora de la Red de Laboratorios de Entomología de AGROSAVIA, con experiencia en la evaluación del comportamiento de abejas en laboratorio, manejo integrado de plagas (MIPE) en cultivos de flores, formulación y control de calidad de dietas artificiales para insectos, crías de artrópodos en laboratorio e invernadero, y modelamiento de sistemas biológicos con el fin de desarrollar programas de manejo integrado de plagas, para ofrecer a los productores recomendaciones aplicables en sus sistemas productivos.

Fabián Andrés Velásquez Ayala

Profesional de apoyo a la investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

favelasquez@agrosavia.co

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

Ingeniero agroindustrial de la Universidad del Tolima, candidato a magíster en la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). Actualmente, vinculado a AGROSAVIA en el Centro de Investigación Tibaitatá, donde ha desarrollado proyectos de investigación en el área de ingeniería de procesos. Cuenta con cinco años de experiencia en investigaciones relacionadas con modelación matemática y simulación de procesos, combustión de biomasa, manejo de energía y manejo poscosecha de alimentos. 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 cultivos transitorios de AGROSAVIA.

John Javier Espitia González

Profesional de Apoyo a la Investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

jjespitia@agrosavia.co

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

Ingeniero mecánico, magíster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética, e investigador júnior (IJ). Ha desarrollado diseño, tecnificación y mantenimiento de plantas de producción. Se ha desempeñado en AGROSAVIA en proyectos relacionados con diseño de maquinaria agrícola, industrial y agroindustrial. Actualmente, es profesional de apoyo a la investigación, adscrito a la Red de Innovación de Cacao, desarrollando proyectos de investigación en el área de ingeniería de procesos.

Diego Alejandro Salinas Velandia

Profesional de apoyo a la investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

dsalinas@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9108-6791>

Magíster en Estudios Interdisciplinarios del Desarrollo, con título de ingeniero agrónomo, y experiencia en gestión y ejecución de proyectos de investigación con participación interinstitucional en el sector agropecuario. Miembro de la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas en AGROSAVIA, actualmente desarrolla tres líneas de investigación: competitividad en el sector agropecuario, sistemas agroalimentarios y desarrollo sostenible.

Julio Ricardo Galindo Pacheco

Investigador PhD • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

jgalindo@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-8240-6957>

Ingeniero agrónomo, especialista en Estadística y doctorado en Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia. Perteneciente a la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas de AGROSAVIA. Se desempeña en las líneas de investigación en agricultura vertical, nutrición vegetal, inocuidad y horticultura, con experiencia en implementación de buenas prácticas agrícolas. Asimismo, posee habilidades en análisis estadístico aplicado en agricultura, programación y análisis en Python, R y S.A.S.

Adriana Marcela Santos-Díaz

Investigadora máster sénior • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

asantos@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3248-7322>

Magíster en Ciencias Bioquímicas de la Universidad Nacional de Colombia y microbióloga industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Investigadora máster sénior de AGROSAVIA, donde se desempeña desde 2014 como coordinadora técnica de la Red de Laboratorios de Microbiología Agrícola. Cuenta con más de diez años de experiencia liderando procesos de registro de laboratorios de control de calidad de bioinsumos agrícolas (bioplaguicidas e inoculantes biológicos). Ha participado en diferentes proyectos de investigación enfocados en la búsqueda, la selección y el desarrollo de productos biológicos a base de bacterias, hongos y virus.

Sandra Valbuena Aguilar

Profesional de apoyo de laboratorio • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

svalbuena@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1851-781X>

Bióloga con conocimiento en manejo y aplicación de técnicas *in vitro* en el campo de la biotecnología vegetal, enfocada en el estudio y manejo de recursos genéticos vegetales, agrosilvestres y de importancia ecológica. Cuenta con formación académica con énfasis en el manejo de recursos naturales, su preservación y sostenibilidad. Experiencia en técnicas de producción de material vegetal *in vitro* de especies agronómicas, exóticas y nativas.

Tatiana Miranda Salas

Profesional de apoyo a la investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

tmiranda@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4324-3662>

Ingeniera agrónoma, especialista en Gestión de Proyectos de la Universidad de los Llanos. Ha trabajado en investigación en el área sanitaria de sistemas productivos de maracuyá, plátano y cacao; asimismo, en manejo agronómico del sistema productivo del plátano, métodos de multiplicación de semilla, caracterización del sistema productivo y desarrollo rural. Se ha desempeñado como asistente técnico en los cultivos de maracuyá y guayaba-pera. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación del Departamento de Agrobiodiversidad adscrita a la Red de Frutales de AGROSAVIA.

Gabriela Toro-Tobón

Profesional de apoyo a la investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

gtorot@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7208-1028>

Bióloga y magíster en Ciencias Biología de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA. Tiene experiencia en fisiología vegetal y evaluación de estrés abiótico en plantas, especialmente en especies forrajeras y frutales.

Carolina Pachón-Venegas

Tesista de maestría • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

cpachon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1560-1410>

Bióloga y candidata a magíster en Ciencias-Biología de la Universidad Nacional de Colombia. Beneficiaria de la beca Auxiliar Docente 2021-II. Miembro del grupo de investigación en Sistemas Agropecuarios Sostenibles de AGROSAVIA, donde desarrolla su tesis de maestría. Ha trabajado como asesora técnica en el proyecto "Trazas, oficios y territorios", y fue coautora de la publicación homónima.

Daniel Torres-Cuesta

Profesional de apoyo a la investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

dtorres@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9101-0543>

Magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en suelos y aguas de la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero en Agroecología de la Universidad Minuto de Dios. Profesional de apoyo a la investigación en AGROSAVIA, con experiencia en evaluación agronómica de pastos y forrajes, recuperación de suelos y praderas degradadas, establecimiento y manejo agronómico de cultivos forrajeros, manejo de la fertilización integral en cultivos forrajeros con el uso de bacterias solubilizadoras de fósforo y fuentes de fósforo de baja solubilidad.

Germán Estrada-Bonilla

Investigador PhD • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

gaestrada@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8742-5957>

Doctor en Agronomía (Suelos y Nutrición de Plantas) de la Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, de la Universidad de São Paulo. Máster en Ciencias Agropecuarias (Fitotecnia) de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro y microbiólogo de la Pontificia Universidad Javeriana. Investigador en el área de microbiología de suelos en AGROSAVIA y presidente de la Asociación Latinoamericana de Rizobiología (ALAR) en Colombia. Desarrolla proyectos en el área de suelo-microorganismo-planta-ambiente, buscando, específicamente, mejorar la eficiencia de la fertilización y modular la respuesta de los cultivos al estrés abiótico. Tiene experiencia en el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por su sigla en inglés) y de residuos orgánicos en cultivos agroindustriales. Su objetivo es mejorar la competitividad de la agricultura en Colombia, utilizando la microbiología del suelo como eje de innovación.

Fagua Álvarez-Flórez

Bióloga PhD • Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal,

Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá

falvarez@unal.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8897-2047>

Bióloga de la Universidad Nacional de Colombia con Maestría en Bioquímica Experimental y Doctorado en Biología Vegetal de la Universidad de Barcelona, y Postdoctorado en el Center for Research in Agrigenomic (CRAG). Profesora de la Universidad de Barcelona y de la Universidad de Vic (Barcelona, España). Coordinadora del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales en el Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia.

255

Valerin A. Aguirre-Franco

Tesista • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

aaguirre@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-8382-363X>

Estudiante de Biología con énfasis en Gestión y Conservación Ambiental de la Universidad El Bosque. Certificada en estudio de biología del suelo centrado en la dinámica de poblaciones microbianas y faunísticas. Tiene experiencia en monitoreo ecosistémico sustentable e implementación de técnicas moleculares para el estudio de interacciones bacteria-planta.

Juan S. Garcerá-Riaño

Practicante • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

juanhjkhjk@hotmail.com

Estudiante de Microbiología Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá. Cuenta con experiencia en análisis microbiológicos y metagenómicos encaminados al estudio de la diversidad bacteriana y tipificación de estos microorganismos según su afinidad por distintos sustratos esenciales para el desarrollo celular.

Jonathan A. Mendoza-Labrador

Investigador máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

jamendoza@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5863-6365>

Máster en Ciencias con énfasis en Microbiología de la Universidad Nacional de Colombia e ingeniero en Biotecnología de la Universidad Francisco de Paula Santander. Actualmente es investigador máster en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA. Cuenta con experiencia en la caracterización fenotípica y la formulación de bioproductos inmovilizados en microesferas de alginato a base de bacterias promotoras de crecimiento vegetal.

Paola J. Criollo-Campos

Investigadora máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

pcriollo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8623-2536>

Máster en Ciencias Ambientales de la Universidad Jorge Tadeo Lozano y bióloga de la Universidad del Tolima. Actualmente, se desempeña como investigadora máster en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA. Cuenta con amplia experiencia en aislamiento, conservación y descripción de bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno tipo rizobios y en la determinación enzimática de parámetros de calidad del suelo. Está capacitada en formulación y ejecución de proyectos de investigación, enfocados en mejorar las condiciones del agro colombiano.

Sergio Pardo-Díaz

Investigador máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

spardo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3873-1891>

Máster en Ciencias Biológicas y microbiólogo agrícola y veterinario de la Pontificia Universidad Javeriana. Sus principales áreas de experiencia están enfocadas en microbiología de suelos, biorremediación y biología molecular relacionada con ecología microbiana. Actualmente, se desempeña como investigador máster en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA, donde desarrolla un trabajo en diversidad microbiana en suelos de cultivos de interés agrícola y en producción de enmiendas orgánicas para disminuir el impacto generado por la aplicación de fertilizantes de síntesis química.

Daniel F. Rojas-Tapias

Investigador PhD • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

dfrojas@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4051-7907>

Doctor en Microbiología Molecular de la Cornell University, máster en Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes y microbiólogo industrial y matemático de la Pontificia Universidad Javeriana. Realizó su entrenamiento posdoctoral en el Programa de Enfermedades Infecciosas y Microbioma del Broad Institute of MIT and Harvard. Sus principales áreas de experticia son la microbiología, la interacción huésped-hospedero y la biología molecular. Actualmente, se desempeña como investigador PhD en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA, donde enfoca su investigación en los aspectos moleculares de la interacción planta-microorganismo y en la bioprospección y aprovechamiento de la diversidad microbiológica del suelo para la recuperación de suelos agrícolas impactados por estreses abióticos.

Andrés E. Moreno-Galván

Investigador máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

aemoreno@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9264-6663>

Máster en Ciencias con énfasis en microbiología de la Universidad Nacional de Colombia y microbiólogo industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Cuenta con experiencia en investigación enfocada en la mitigación de estreses abióticos en plantas mediante bioestimulación bacteriana. Dentro de sus áreas de experiencia se encuentran la microbiología, la bioprospección de diversidad microbiana y la fisiología vegetal de la interacción planta-microorganismo. En la actualidad, se desempeña como investigador máster en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA, adelantando proyectos enfocados en la mitigación de efectos del cambio climático en la agricultura mediante el estudio de la interacción suelo-planta-microorganismo-ambiente.

Mauricio Camelo-Rusique

Investigador Máster • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

mcamelor@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8733-6655>

Máster en Biología Aplicada de la Universidad Militar y microbiólogo industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Se desempeña como investigador máster en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA. Cuenta con catorce años de experiencia en investigación y desarrollo de bioproductos a base de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. También posee amplia y reconocida experiencia en la formulación y ejecución de proyectos de investigación nacionales e internacionales que han tenido como objetivo demostrar la eficiencia y eficacia de los biofertilizantes en diferentes cultivos de interés agroindustrial.

Lady R. Molano-Chávez

Profesional de apoyo a la investigación • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

lmolano@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8640-4051?lang=en>

Administradora de empresas de la Universidad Minuto de Dios y técnica en Producción Agropecuaria del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en AGROSAVIA. Cuenta con experiencia en el seguimiento administrativo y ejecución presupuestal de proyectos de investigación a nivel nacional y de cooperación técnica internacional asociados al uso de herramientas biotecnológicas para el desarrollo de biofertilizantes. Tiene conocimientos en redacción científica, elaboración de inventarios de colecciones bacterianas, montajes experimentales en laboratorio-invernadero-campo, revisión de artículos sobre bacterias promotoras de crecimiento vegetal y en procesos de obtención de registros ante el ICA.

Ruth R. Bonilla-Buitrago

Investigadora PhD sénior • Centro de Investigación Tibaitatá - AGROSAVIA

rbonilla@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2542-0194>

Doctora en Ciencias Agrícolas y máster en Química Agrícola de la Universidad de Agricultura de Varsovia. Licenciada en Química y Biología de la Universidad de La Salle. Actualmente es investigadora PhD sénior de AGROSAVIA, donde es líder del grupo de investigación Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Ha formulado y desarrollado proyectos de investigación y transferencia nacionales e internacionales en el área de biofertilización. Posee más de 60 publicaciones en revistas de alto impacto y ha generado productos para el sector agropecuario: Monibac y el Álbum Élite de microorganismos caracterizados fenotípicamente y genotípicamente. Ha contribuido con la formación de recursos humanos a nivel de pregrado, maestría y doctorado. Es revisora de revistas científicas de Springer y Frontiers. Es integrante del Comité Científico de Porkcolombia.

Este libro aborda algunos conceptos técnicos sobre estrategias productivas existentes para mejorar la adaptación y mitigación al cambio climático en cultivos de interés y que pueden ser aplicadas en cultivos establecidos en el trópico alto colombiano. Primero, se presentan algunas generalidades de la relación entre agricultura y cambio climático, destacando los desafíos y las oportunidades que enfrenta el sector agrícola en este contexto. Luego, se profundiza en las características y los usos de los invernaderos en Colombia, así como su importancia y aplicaciones en la producción agrícola, y se establecen criterios para la selección y el diseño de invernaderos, que permiten maximizar su eficiencia, adaptabilidad y funcionalidad a las condiciones climáticas del trópico alto. Asimismo, se brinda información esencial sobre sistemas de climatización activa y pasiva, destacando su relevancia y eficiencia en el control y la gestión microclimática en el interior de los invernaderos. Además, se muestran resultados de un modelo de producción de agricultura vertical que se plantea como una alternativa innovadora para optimizar e intensificar la producción hortícola. De otro lado, se mencionan algunos conceptos de interés para el uso de invernaderos en prácticas como el endurecimiento de especies vegetales y la cría de insectos, resaltando su importancia en la producción agrícola sostenible. Por último, se dan a conocer técnicas biotecnológicas para enfrentar las condiciones de sequía, que ofrecen soluciones innovadoras y prometedoras para diferentes tipos de cultivos en áreas que pueden verse afectadas por la escasez de agua debido a los efectos adversos generados por el cambio climático.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

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

Línea de atención al cliente: 018000121515 atencionalcliente@agrosavia.co
<http://www.agrosavia.co/>