

Reconversión productiva en el municipio de La Cruz

Nariño, Colombia

Sostenibilidad y adaptación a la variabilidad y cambio climático en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel

AGROSAVIA
EDITORIAL

Reconversión productiva en el municipio de La Cruz

Nariño, Colombia

Sostenibilidad y adaptación a la variabilidad y cambio
climático en la zona de amortiguamiento del
Parque Nacional Natural Complejo Volcánico
Doña Juana - Cascabel

Diego Hernán Meneses Buitrago
Martha Marina Bolaños Benavides
Diego Leonardo Cortés Delgadillo
Wilfrand Ferney Bejarano Herrera
David Rodríguez Puertas
Pedro Pablo Bacca Acosta
Lina Marcela Ríos Peña
Housseman Steven Ramos Zambrano

Juan Fernando López Rendón
Jhon James Borja Tintinago
María Camila Ortega Cepeda
Lizeth Tatiana Luna Mancilla
Carmen Lorena Chavarro Rodríguez
Estefanía Bohórquez Andrade
Darío Camilo Pantoja Espinosa
Fabián Enrique Martínez Camelo

Colección Alianzas AGROSAVIA
2024

Reconversión productiva en el municipio de La Cruz Nariño, Colombia: sostenibilidad y adaptación a la variabilidad y cambio climático en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel. / Diego Hernán Meneses Buitrago [y otros quince] - Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2024.

219 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN e-Book: 978-958-740-731-0

1. Páramo 2. Gestión ambiental 3. Adaptación al cambio climático 4. Hidrología del suelo 5. Aspecto político 6. Aspecto socioeconómico 7. Ajuste agrario 8. Nariño (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura - Agrovoc

Catalogación en la publicación - Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Sede Central, Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, Cundinamarca. Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación Obonuco, Kilómetro 5, vía Pasto-Obonuco, Nariño. Código postal 520038, Colombia.

Esta publicación forma parte de los resultados del proyecto “Diseño de un plan de reconversión productiva en la zona de amortiguamiento del Complejo de Páramos Doña Juana, departamento de Nariño, en el marco de políticas públicas nacionales”, desarrollado por AGROSAVIA en el marco del programa DRET II y financiado por la Unión Europea (UE), la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Colección: Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Obras de Reflexión y Análisis

Fecha de recepción: 12 de enero de 2024

Fecha de evaluación: 1 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 22 de julio de 2024

Primera edición: diciembre de 2024

Autores

Diego Hernán Meneses Buitrago
Martha Marina Bolaños Benavides
Diego Leonardo Cortés Delgadillo
Wilfrand Ferney Bejarano Herrera
David Rodríguez Puertas
Pedro Pablo Bacca Acosta
Lina Marcela Ríos Peña
Housseman Steven Ramos Zambrano
Juan Fernando López Rendón
Jhon James Borja Tintinago
María Camila Ortega Cepeda
Lizeth Tatiana Luna Mancilla
Carmen Lorena Chavarro Rodríguez
Estefanía Bohórquez Andrade
Darío Camilo Pantoja Espinosa
Fabián Enrique Martínez Camelo

Coautores: Unión Europea en Colombia (UE), Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA / editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Verónica Barreto Riveros

Corrección de estilo: Sebastián Montero Vallejo

Diseño y diagramación: Jaime Wilches Cañón

Foto de portada: Diego Leonardo Cortés

Citación sugerida: Meneses-Buitrago, D. H., Bolanos-Benavides, M. M., Cortés-Delgadillo, D. L., Bejarano-Herrera, W. F., Rodríguez-Puertas, D., Bacca-Acosta, P. P., Ríos-Pena, L. M., Ramos-Zambrano, H. S., López-Rendón, J. F., Borja-Tintinago, J. J., Ortega-Cepeda, M. C., Luna-Mancilla, L. T., Chavarro-Rodríguez, C. L., Bohórquez-Andrade, E., Pantoja-Espinosa, D. C., & Martínez-Camelo, F. E. (2024). *Reconversión productiva en el municipio de La Cruz, Nariño, Colombia. Sostenibilidad y adaptación a la variabilidad y cambio climático en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7407310>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Unión Europea en Colombia (UE), la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS) o la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o el nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la UE, AICS o la FAO los aprueben o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los puntos de vista ni de las políticas de la UE, la AICS o de la FAO.

©UE, ©AICS y ©FAO, 2024

La UE, la AICS y la FAO fomentan el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a

la UE, la AICS y la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la UE, la AICS y la FAO aprueban los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios. Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación, así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org. Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications.es) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran 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 hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

**DELEGACIÓN DE LA UNIÓN
EUROPEA EN COLOMBIA**

Embajador de la Unión Europea en Colombia
Gilles Bertrand

Jefe de Cooperación
Alberto Menghini

Oficial de Cooperación - Desarrollo
Rural y Medio Ambiente
Johny Ariza

**AGENCIA ITALIANA DE COOPERACIÓN
PARA EL DESARROLLO**

Director sede AICS Bogotá
Mario Beccia

Coordinador Técnico sede AICS Bogotá
Luca de Paoli

Coordinador Programa DRET II
Furio Massolino

**MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL**

Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural
Martha Carvajalino

Viceministra de Asuntos Agropecuarios
Geidy Xiomara Ortega Trujillo

Director de Innovación, Desarrollo Tecnológico
y Protección Sanitaria
Santos Alonso Beltrán

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA**

Representante en Colombia
Agustín Zimmermann

Especialista Senior en Desarrollo Rural,
Sistemas Alimentarios y Mercados Inclusivos
Marcos Rodríguez Fazzone

Coordinador Políticas de Desarrollo Rural FAO
y Experto en Agricultura y Desarrollo Rural
Asistencia Técnica UE – FAO – AICS
Carlos Fernando Martínez Chacón



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

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

Contenido

Siglas y abreviaturas	8
Agradecimientos	11
Presentación	12
Introducción	14
Capítulo I. Generalidades del Complejo de Páramos Doña Juana en el municipio de La Cruz, Nariño	21
Introducción	21
Análisis ambiental	24
Autoridades ambientales con jurisdicción en el CPDJ	25
Hidrografía del CPDJ	27
Zona de amortiguamiento en el municipio de La Cruz, Nariño	28
Análisis político	33
Análisis social	37
Demografía	37
Educación y salud	39
Niveles de pobreza multidimensional	39
Organizaciones de base y asociatividad	40
Análisis económico	44

Análisis tecnológico	50
Análisis de retos y oportunidades de la producción para la reconversión productiva	51
Referencias	56
Capítulo II. La reconversión productiva: una alternativa para la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C en el municipio de La Cruz, Nariño	63
Introducción	63
Enfoques de la reconversión productiva agropecuaria	65
Transformación e innovación tecnológica	66
Agregación de valor	67
Diversificación agropecuaria	68
Cambio de los sistemas productivos agropecuarios	69
Producción agropecuaria en áreas condicionadas de la frontera agrícola ..	70
Recuperación y rehabilitación de la capacidad productiva agropecuaria ...	71
Escenarios para la implementación de estrategias de reconversión productiva agropecuaria	72
Herramientas para la transición hacia la reconversión productiva en áreas condicionadas de la frontera agrícola	74
Prácticas de referencia de producción de bajo impacto	75

Modelos de producción agroecológica	78
Modelos de economía circular	81
Agricultura limpia, orgánica, ecológica, biológica o sintrópica	84
Implementación de herramientas de manejo del paisaje	87
Producción tradicional y artesanal certificada	90
Agregación de valor	91
Paso a paso para la implementación de la reconversión productiva	99
Casos exitosos liderados por AGROSAVIA	101
Referencias	107

Capítulo III. Recomendaciones para la reconversión productiva en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C en el municipio de La Cruz, Nariño	115
Introducción	115
Manejo integrado de suelos y agua	118
Preparación de suelo en la zona	121
Rotación y asociación de cultivos	128
Coberturas vegetales	131
Siembra de árboles en sistemas ganaderos	134

Uso de bebederos automatizados en sistemas ganaderos	135
Manejo de sistemas de riego	136
Manejo integrado de la nutrición	138
Nutrición en sistemas agrícolas	140
Nutrición en sistemas pecuarios	149
Manejo integrado de plagas y enfermedades	163
Manejo integral socioeconómico	170
Economía solidaria	172
Costos de producción, comercialización y mercadeo para la reconversión productiva	173
Agregación de valor de productos agroalimentarios en campo	178
Referencias	186
Anexos	200
Anexo A. Proceso detallado del compostaje	200
Anexo B. Proceso de elaboración de un compost	201
Anexo C. Paso a paso del manejo poscosecha por sistemas productivos	203
Anexo D. Elaboración de bloques multinutricionales	206
Autoría	214

Siglas y abreviaturas

ACFEC	Agricultura campesina familiar étnica y comunitaria
AGROSAVIA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AH	áreas hidrográficas
AICS	Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo
AP	áreas protegidas
Asoapec	Asociación de Productores Lácteos de La Cruz
Asolomalarga	Asociación Café de Altura con Aroma de Mujer
BPA	buenas prácticas agrícolas
BR	biomasa residual
C. I.	Centro de Investigación
CAR	Corporación Autónoma Regional
CPChC	Complejo de Páramos Chiles-Cumbal
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CPLCP	Complejo de Páramos La Cocha-Patascoy
Conpes	Consejo Nacional de Política Económica y Social
Corpoamazonia	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia
Corponariño	Corporación Autónoma Regional de Nariño
CPDJ	Complejo de Páramos Doña Juana
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
CTeI	Ciencia Tecnología e Innovación
CVDJ	Complejo Volcánico Doña Juana
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI	gases de efecto invernadero
GPS	sistema de posicionamiento global



HMP	herramientas de manejo de paisaje
IAvH	Instituto Alexander von Humboldt
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
OAT	ordenación ambiental del territorio
ONG	organización no gubernamental
OPA	ordenamiento predial ambiental
OT	oferta tecnológica
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNN	Parques Nacionales Naturales de Colombia
PNNCVDJ-C	Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel
PPR	Política Pública Distrital de Ruralidad
PSA	pago por servicios ambientales
PTI	proyecto temático integral
RPA	reconversión productiva agropecuaria
RUNAP	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SAF	sistemas agroforestales
SINAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SPNN	Sistema de Parques Nacionales Naturales
SZH	subzonas hidrográficas
UE	Unión Europea
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
ZA	zonas amortiguadoras
ZH	zonas hidrográficas





Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento al “Programa de Asistencia Técnica a las Políticas públicas del Sector Agropecuario en Colombia - DRET II”, de la Agencia Italiana de Cooperación para el desarrollo (AICS), en convenio con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Unión Europea (UE), por promover el desarrollo rural con enfoque territorial en Colombia. En especial, por fortalecer las capacidades técnicas y humanas de AGROSAVIA mediante el cofinanciamiento del proyecto “Diseño de un plan de reconversión productiva en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel, departamento de Nariño, en el marco de políticas públicas nacionales”, proyecto ejecutado a partir del convenio de contribución LA/2020/416-581.

Así mismo, los autores expresan su gratitud a los productores de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, del municipio de La Cruz, Nariño, por su disposición y cooperación: sin su apoyo no habría sido posible el desarrollo del presente libro de reflexiones.





Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Presentación

Los páramos son sistemas socioecológicos que juegan un papel fundamental en la prestación de servicios ecosistémicos, principalmente en la provisión y regulación hídrica, el almacenamiento de carbono en los suelos y la extraordinaria biodiversidad que albergan. Una de las interacciones fundamentales que existen entre el páramo y su entorno es la relación que entabla con los seres humanos que ocupan, transforman y disputan este ecosistema, principalmente en la zona de transición bosque-páramo. Así, esta obra es producto del trabajo que se desarrolló en un rincón especial sobre el ramal centro-oriental de los Andes colombianos, en el sur del Macizo Colombiano: el Complejo de Páramos Doña Juana (CPDJ), en el municipio de La Cruz, Nariño, un territorio caracterizado por la riqueza de sus paisajes, cuyos habitantes reconocen la importancia de su relación con el entorno y buscan fortalecer sus capacidades y conocimientos para superar los conflictos socioecológicos, y promover el cuidado y la gobernanza del páramo.

El presente libro de reflexiones surge como testimonio del proyecto “Diseño de un plan de reconversión productiva en la zona de amortiguamiento del Complejo de Páramos Doña Juana, departamento de Nariño, en el marco de políticas públicas nacionales”. A partir del trabajo colectivo desarrollado en el municipio de La Cruz entre AGROSAVIA, productores locales y actores del territorio, el libro explora los desafíos y oportunidades ante los que se encuentran el CPDJ y las comunidades que habitan en su zona de amortiguamiento.

El documento se estructura en tres capítulos. El primero aborda el contexto general del CPDJ, presentando un análisis de sus elementos ambientales, políticos, sociales, económicos y tecnológicos, así como de temas puntuales para la reconversión productiva. El segundo capítulo aborda los enfoques, escenarios y herramientas de la reconversión productiva aplicables a la zona de estudio, los pasos para su implementación y algunos casos de éxito liderados por AGROSAVIA. Finalmente, el tercer capítulo se centra en un conjunto de recomendaciones para promover la reconversión productiva, las cuales incluyen el manejo sostenible de suelos y aguas, el manejo integrado de la fertilización en sistemas agrícolas y pecuarios, el manejo integrado de plagas y enfermedades, y el manejo integral socioeconómico en el contexto de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.

Esta obra pretende inspirar a investigadores, tomadores de decisiones y comunidades a unirse en un esfuerzo común para abordar la reconversión productiva como un mecanismo de concertación local para facilitar la transición hacia una producción más sostenible en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C. Así mismo, resalta la importancia de la implementación de acciones colaborativas que integren conocimientos científicos y sabiduría local para lograr un equilibrio entre el progreso humano y la preservación de este tesoro natural.



Introducción

Los páramos son ecosistemas de alta montaña considerados estratégicos porque proveen y regulan agua, almacenan carbono atmosférico en sus suelos y albergan especies endémicas (Burbano et al., 2020; Estupiñán et al., 2009); se encuentran en el trópico húmedo de Colombia, Venezuela, Ecuador y Costa Rica, principalmente, y, en menor medida, en Asia (Indonesia), África y Oceanía (Papúa Nueva Guinea) (Garavito-Rincón, 2015); están ubicados entre los 2.700 y 4.200 m s. n. m., por encima del bosque altoandino y debajo de las nieves perpetuas, y se caracterizan por la presencia de vegetación abierta, con la que interactúan el suelo, el clima, la biota y el hombre (Hofstede et al., 2014).

Colombia posee el 50 % de los páramos del mundo, distribuidos en 37 complejos, que en total abarcan un área de aproximadamente 2.906.136 ha (PNUD, 2022). Los complejos se agrupan en cinco sectores: Cordillera Oriental (18 complejos), Cordillera Central (8 complejos), Cordillera Occidental (7 complejos), Nariño-Putumayo (3 complejos) y Sierra Nevada de Santa Marta (1 complejo) (Vásquez & Buitrago, 2011). En el sector Nariño-Putumayo se encuentra el Complejo de Páramos Doña Juana (CPDJ), que ocupa un área de 60.186 ha, distribuidas entre los departamentos de Cauca, Putumayo y Nariño. En Nariño el complejo abarca un área de 16.013 ha, distribuidas en cinco municipios: El Tablón, La Cruz, Buesaco, San Bernardo y San Pablo (IGAC, 2014). En el país, 51 % de los páramos están bajo alguna figura de protección. En algunos complejos, como los del sector de Putumayo-Nariño, prevalecen figuras de conservación que posibilitan la utilización sostenible de los recursos (Burbano et al., 2020).



Entre los factores que amenazan hoy en día los ecosistemas del CPDJ se encuentran el cambio climático y las prácticas agropecuarias inadecuadas. La tala de bosques, la expansión de la frontera agrícola, el uso excesivo de productos químicos y la ganadería extensiva son algunas de las prácticas que contribuyen a la deforestación, y a la pérdida de la biodiversidad y de la fertilidad del suelo. Además, la falta de actualización en tecnologías y nuevas prácticas por parte de los agricultores agrava la situación.

Los factores mencionados amenazan la sostenibilidad del CPDJ; afectan la biodiversidad y el hábitat de especies en peligro de extinción, como el oso andino y la danta (Instituto Alexander von Humboldt [IAvH], 2017); influyen en la regulación de las cuencas hidrográficas que abastecen los acueductos veredales de los municipios del norte de Nariño, como las cuencas del río Patía (que se beneficia de los ríos Mayo y Juanambú) y la cuenca del río Putumayo (conformada por los afluentes del río San Miguel), y afectan el suministro de energía de la población, que se beneficia de la microcentral hidroeléctrica del municipio de San Pablo.



La Cruz tiene un alto porcentaje de su área en la zona de páramo (21 %) y es uno de los municipios de la zona de amortiguamiento que ha generado una mayor presión sobre los recursos naturales y servicios ambientales que presta a la sociedad. Lo anterior se ve reflejado en el aumento de procesos de tala y quema acelerados que buscan habilitar nuevas áreas para el establecimiento de cultivos y pastos. Esta problemática se acentúa por la presencia de cultivos ilícitos y de grupos armados al margen de la ley (IAvH, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, el proyecto “Diseño de un plan de reconversión productiva en la zona de amortiguamiento del Complejo de Páramos Doña Juana, departamento de Nariño, en el marco de políticas públicas nacionales”, liderado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en alianza con Parques Nacionales Naturales y cofinanciado por la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS), con recursos del programa de la Unión Europea “Asistencia técnica para mejorar la eficiencia en la implementación de las políticas de desarrollo rural territorial y de medio ambiente en Colombia”, desarrolló un plan de reconversión productiva sostenible en agroecosistemas afectados por la producción convencional y el cambio climático, para la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, del municipio de La Cruz (Nariño), en línea con políticas públicas nacionales.

Cabe señalar que, en los acercamientos previos a la formulación del proyecto, así como en la estructuración de la propuesta, se contó con la participación de actores clave del territorio, como asociaciones de productores, la Alcaldía Municipal de La Cruz y la Cámara de Comercio de Pasto, lo que representa una estrategia efectiva de participación social.

Este proyecto se alinea con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) “Colombia Potencia Mundial de la Vida 2022-2026”, específicamente con los ejes 1) ordenamiento del territorio alrededor del agua y justicia ambiental, 3) derecho humano a la alimentación y 4) internacionalización, transformación productiva para la vida y acción climática.





Foto: Lina Marcela Ríos Peña

El eje 1 se aborda a través del tema de salud y gestión del suelo; al eje 3 se contribuye con labores sobre seguridad alimentaria y nutricional, calidad de alimentos, y reducción de pérdidas y desperdicios, y el eje 4 se trabaja por medio de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático. El proyecto desarrolló actividades contempladas dentro del PND de forma transversal, como transferencia de conocimiento, diálogo de saberes, e inclusión de mujeres y jóvenes. Igualmente, la iniciativa se articuló con las bases conceptuales y metodológicas, y con los lineamientos de reconversión productiva agropecuaria definidos por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), trabajo en el cual AGROSAVIA participó activamente (Flórez, et al., 2021). Así mismo, se atendió a lo estipulado en sentencias de la Corte Constitucional de Colombia y otros pronunciamientos que se refieren a actividades de bajo impacto en zonas de páramo delimitadas, tales como la Sentencia C-369 de 2019; la Resolución 1294 de 2021, que define lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos, y la Resolución 249 de 2022, que define lineamientos para orientar el diseño, capacitación y puesta en marcha de los programas, planes y proyectos de reconversión y sustitución de las actividades agropecuarias en páramos delimitados. Del mismo modo, se atiende a la Ley 1930 de 2018, la cual regula la gestión integral de páramos en Colombia, y se proponen actividades alineadas con la Política de Crecimiento Verde (Conpes 3934, 2018), la Política Nacional de Seguridad Alimentaria (Conpes 113, 2008), la Política Nacional de Desarrollo Productivo (Conpes 3866, 2016), la Política de Economía Circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales (Conpes 4004, 2020), la Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de Bosques (Conpes 4021, 2020) y el entre otros instrumentos.), entre otros instrumentos.

El propósito de este libro es presentar elementos sobre reconversión productiva y reflexiones para propender al manejo sostenible y resiliente de los sistemas productivos de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C. El contenido de la obra se distribuye en los siguientes apartados: en el capítulo I, “Generalidades del Complejo de Páramos Doña Juana en el municipio de La Cruz, Nariño”, se lleva a cabo un análisis de factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales (PESTEL), y que proporciona información base para diseñar estrategias que fomenten la sostenibilidad y guíen una reconversión productiva eficaz. El capítulo II, “La reconversión productiva: una alternativa para la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C en el municipio de La Cruz, Nariño”, presenta una revisión de literatura que describe el concepto de reconversión productiva, sus enfoques, escenarios, los pasos a seguir para su implementación y algunos casos de éxito liderados por AGROSAVIA. Por último, en el capítulo III, “Recomendaciones para la reconversión productiva en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C en el municipio de La Cruz, Nariño”, se describen prácticas de manejo sostenible de suelo y de reconversión productiva, teniendo en cuenta las condiciones particulares del área de estudio.



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

Referencias

- Burbano, J., Molina, M. A., Gutiérrez, C., Benítez, A., Cruz Rodríguez, C., & Ochoa, J. M. (2020). Estado de conservación de los páramos en Colombia. En *Biodiversidad 2020: estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap1/101/#seccion3>
- Conpes 113 de 2008. “Política nacional de seguridad alimentaria y nutricional (PSAN)” Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Conpes/Conpes%20113%20de%202008.pdf>
- Conpes 3866 de 2016. “Política nacional de desarrollo productivo”. Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3866.pdf>
- Conpes 3934 de 2018. “Política de crecimiento verde”. Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3934.pdf>
- Conpes 4004 de 2020. “Política de Economía Circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales”. Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4004.pdf>
- Conpes 4021 de 2020. “Política nacional para el control de la deforestación y la gestión sostenible de bosques”. Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4021.pdf>
- Estupiñán L., Gómez J., Barrantes, V., & Limas L. (2009). Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo El Granizo (Cundinamarca-Colombia). *Revista UDCA. Actualidad & Divulgación Científica* 12(2), 79-89. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/694>
- Flórez Zambrano, A. N., Londoño Stipanovic, F. A., Gamboa Galeano, I. E., Guerrero Ruiz, G. A., Aguilar Corrales, D. A., Neva Díaz, N. J., Higuera Mejía, D. C., Reina Burgos, D. M., Molina Portuquez, A. L., Sandoval Sáenz, L. F., Uribe Martínez, A. R., & Cañón Cubides, P. J. (2021). *Bases conceptuales, metodológicas y lineamientos de la reconversión productiva agropecuaria*. Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA). https://upra.gov.co/en/Documents/01_Proyectos_Normativos/202204_Documento_tecnico.pdf

- Garavito-Rincón, L. (2015). Los páramos en Colombia: un ecosistema en riesgo. *Ingeniare*, 11(19), 127-136.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., & Cerra, M. (2014). *Los páramos andinos: ¿qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN. <https://portals.iucn.org/library/node/44760>
- Instituto Alexander von Humboldt [IAvH]. (2017). *Recomendación para la delimitación, por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, del Complejo de Páramos Doña Juana-Juanoy a escala 1:25.000*. IAvH - Fondo Adaptación.
- Ley 1930 de 2018. “Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia”. Congreso de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS] (2021). *Resolución 1294 de 2021. “Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones”*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1294-de-2021-1.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS] (2022). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2022. *Estrategia para la Gestión Integral de los Complejos de Páramos de la Región Central de Colombia*. Bogotá D.C. 2022.
- Resolución 249 de 2022. “Por la cual se adoptan los lineamientos para orientar el diseño, capacitación y puesta en marcha de los programas, planes y proyectos de reconversión y sustitución de las actividades agropecuarias en páramos delimitados y se adoptan otras disposiciones”. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=127109>
- Vásquez, A., & Buitrago, A. C. (Eds.) (2011). *El gran libro de los páramos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/1dd4e8ef-e61e-4382-8484-5fa6e93cb461>

Generalidades del Complejo de Páramos Doña Juana en el municipio de La Cruz, Nariño

Introducción

En el suroccidente de Colombia, específicamente en la región denominada Nudo de los Pastos, donde la Cordillera de los Andes se ramifica en tres, se identifican así mismo tres complejos de páramos:

- » Chiles-Cumbal, que incluye los cerros Charambud, Colimba, Gualcalá, Hondón y Negro, así como las lagunas Nuevo Mundo y Verde, además de las lomas Larga y Quitasol y los páramos Azufra, Chiltazón, Cumbal, Tambo, Utanquer y Yacuanquer.
- » La Cocha-Patascoy, en donde están el volcán Galeras, las lagunas Negra y La Cocha, y los páramos Azonales de Santa Teresita, Santa Lucía y Santa Isabel, ubicados en el corregimiento de El Encano, municipio de Pasto.
- » Doña Juana, que incluye localidades de páramo como los cerros Potosí y Chimayoy, el volcán Doña Juana y los páramos de Tajumbina, Petacas y Achupallas (; Morales et al., 2007; Sarmiento et al., 2013, Solarte et al., 2007).

El Complejo de Páramos Doña Juana (CPDJ) se extiende sobre un área total de 60.186 ha, abarcando 12 municipios de tres departamentos: Santa Rosa, Bolívar y San Sebastián, del departamento del Cauca (52,08 % del área del páramo); Buesaco, El Tablón, La Cruz, San Bernardo y San Pablo, en el departamento de Nariño (26,61 % del área de páramo), y Colón, Mocoa, San Francisco y Sibundoy, en el departamento de Putumayo (21,32 % del área del páramo). Los municipios con mayor área del páramo Doña Juana son Santa Rosa (27.708 ha, 46 %), Mocoa (8.277 ha, 13,8 %), El Tablón (8.139 ha, 13,5 %) y La Cruz (7.156 ha, 12 %). Por otro lado, los municipios con mayor parte de su área dentro del páramo son La Cruz (30 %), El Tablón (26,5 %) y Sibundoy (23,6 %) (IAvH, 2017).



La delimitación del área del CPDJ se reglamentó con la Resolución 342 de marzo de 2018, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), tomando como base la cartografía generada en el año 2017 por el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) a escala 1:25.000, conforme a la directriz establecida en el artículo 173 de la Ley 1753 (2015).

En julio de 2018, la Ley 1930 (2018) impuso restricciones en el complejo, incluyendo la prohibición del uso de maquinaria pesada para actividades agropecuarias y de la aplicación de químicos mediante fumigación y aspersión, entre otras prácticas. Esta ley orienta a las comunidades que históricamente han habitado estas áreas con el fin de adoptar procedimientos alternativos de bajo impacto ambiental, promoviendo la sostenibilidad.



El propósito principal de estas medidas es asegurar un mínimo vital para la subsistencia de dichas comunidades, preservar la biodiversidad y conservar los ecosistemas de páramo. Todo esto se realiza en el contexto de un proceso de reconversión y sustitución de actividades agropecuarias, en línea con el plan vigente de manejo del páramo.

Para llevar a cabo las acciones mencionadas y facilitar la transición de las comunidades, es esencial considerar las características específicas del territorio que habitan. Por esta razón, con el propósito de caracterizar y analizar el contexto en el que se encuentra el municipio de La Cruz, se lleva a cabo en este capítulo un análisis de factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales (PESTEL).

En cuanto al ámbito político, se explora el marco regulatorio y su influencia en la adopción de prácticas de reconversión productiva. En el aspecto económico, se evalúa la productividad y la economía local. El componente social aborda aspectos culturales y demográficos, entre otros, que resultan relevantes para la comunidad. Se consideran también los factores tecnológicos, que incluyen limitaciones y requisitos que pueden afectar la adopción de prácticas de reconversión productiva. En el ámbito ecológico-ambiental, se analizan las características ambientales del territorio. Por último, el componente legal se centra en los aspectos contractuales y normativos pertinentes para esta transición.

La información presentada en este capítulo tiene como origen las entrevistas realizadas a 97 productores de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C y representa un insumo valioso para diseñar un plan de reconversión productiva sostenible en los agroecosistemas del municipio de La Cruz, Nariño, ubicados en dicha zona. Estos agroecosistemas han enfrentado impactos significativos derivados tanto de prácticas de producción convencional como de la variabilidad climática.

La comprensión detallada de los componentes que integran este análisis proporciona una base sólida para diseñar estrategias que fomenten la sostenibilidad y conduzcan a una reconversión productiva eficaz, alineada con la conservación del entorno.

Análisis ambiental

El Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ), ubicado en el sur de la Cordillera Central, alcanza una altitud máxima de 4.250 m s. n. m. y se extiende por tres departamentos (Nariño, Cauca y Putumayo) (Navarro et al., 2009). El complejo consta de tres edificios volcánicos centrales (Santa Helena, Doña Juana Ancestral y Doña Juana vieja) y tres domos de lava del Holoceno (Doña Juana Joven, El Filo y Totoral) (Pardo et al., 2021); así mismo, integra los volcanes Doña Juana, Ánimas y Petacas, los cuales se encuentran geográficamente muy cercanos entre sí.

El perfil topográfico del CVDJ es abrupto, lo que permite el desarrollo de ecosistemas dependientes de la altitud, como las cumbres volcánicas (> 4.000 m s. n. m.), ecosistemas de páramo (> 3.500 m s. n. m.), bosque bajo denso u orobioma altoandino (3.000 a 3.500 m s. n. m.), bosque medio denso u orobioma andino (2.200 a 3.000 m s. n. m.), y bosque alto denso u orobioma subandino (1.200 a 2.200 m s. n. m.) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel [PNNCVDJ-C], 2008; Pardo et al., 2021; Rodríguez et al., 2006).

Dentro del CVDJ se encuentra el CPDJ, el cual está incluido entre los 37 complejos de páramos de Colombia y hace parte del sector de páramos de Nariño-Putumayo, junto con los complejos Chiles-Cumbal y La Cocha-Patascoy (figura 1). La delimitación del CPDJ, llevada a cabo por medio de la Resolución 342 del 7 de marzo de 2018¹, se basó en la recomendación cartográfica a escala 1:25.000 realizada por el IAvH al MADS. De acuerdo con dicha resolución, el complejo comprende un corredor de páramos que, de norte a sur, se identifican localmente como Granadillo-La Victoria, El Banco-El Horno, Ánimas-Petacas, volcán Doña Juana, cerro Machete de Doña Juana y cerro Juanoy.

¹ <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0342-de-2018/>

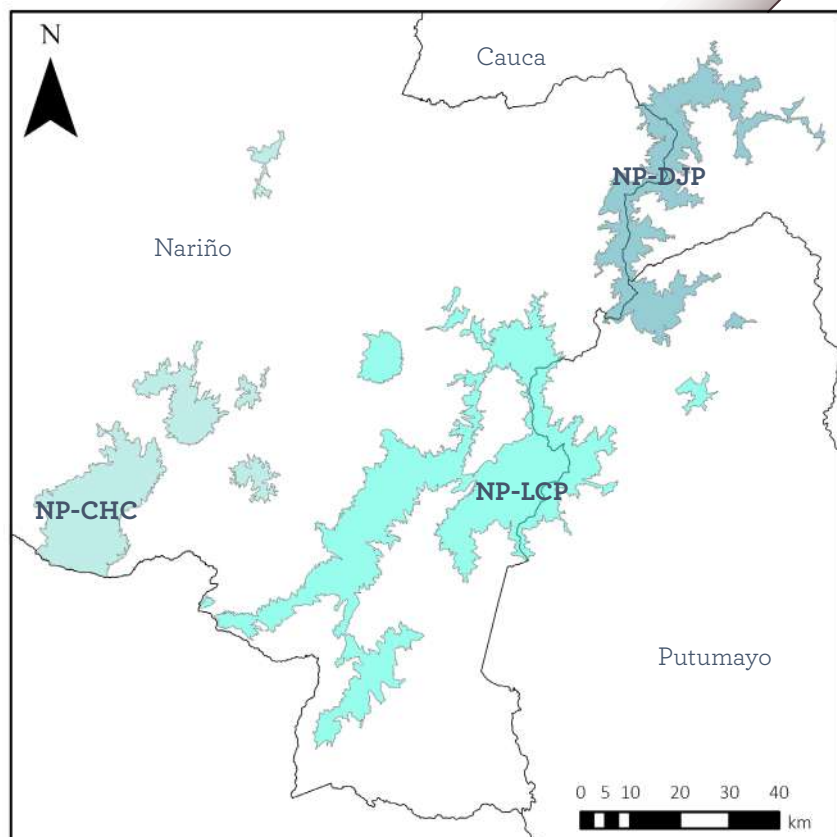


Figura 1. Sector de páramos Nariño-Putumayo (N-P), conformado por los complejos de páramos (CP): Chiles- Cumbal (ChC), La Cocha- Patascoy (LCP) y Doña Juana (DJ). Fuente: Elaboración propia con base en Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) (2020)

Autoridades ambientales con jurisdicción en el CPDJ

Las autoridades ambientales con jurisdicción en el CPDJ son el PNNC-VDJ-C, con un área de 21.590 ha (36 %); la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), con 16.111 ha (27 %); la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (Corpoamazonia), con 12.875 ha (21 %), y la Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño), con 9.610 ha (16 %) (figura 2) (IAvH, 2017).

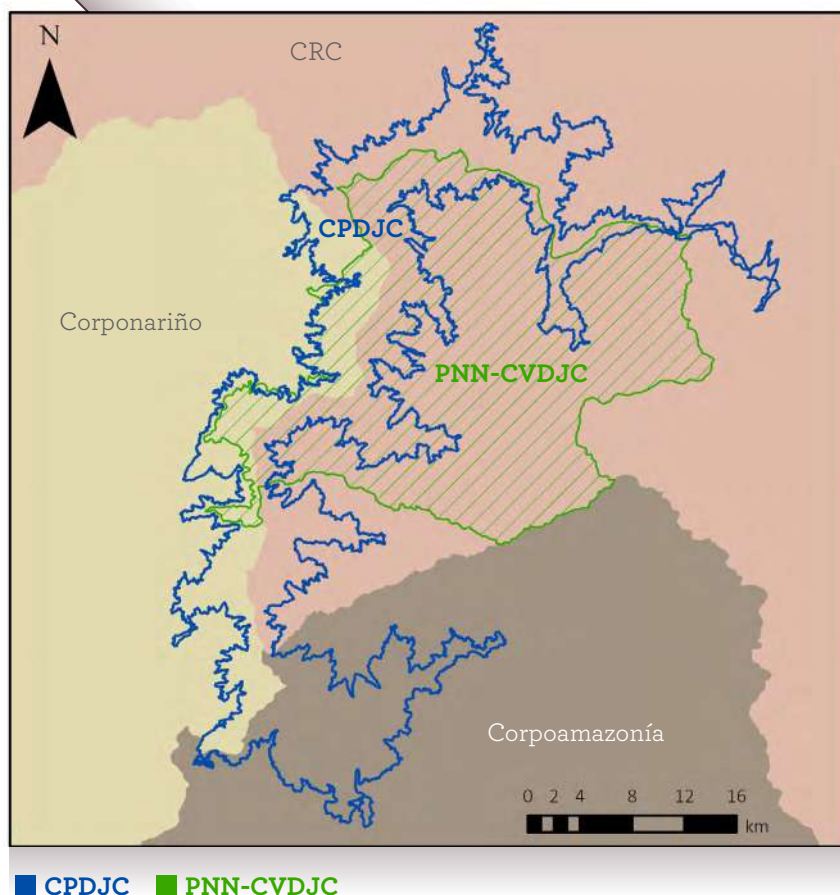


Figura 2. Localización y división administrativa Complejo de Páramos Doña Juana (CPDJ). Fuente: Elaboración propia con base en Registro Único de Áreas Protegidas (RUNAP) (2024) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (2024)

En el CDPJ existen dos áreas naturales protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): a) el PNNCVDJ-C, creado por el Gobierno colombiano en 2007, con un área total de 66.005 ha, de las cuales 21.590 están dentro del CDPJ, y b) la Reserva Forestal Protectora Nacional (RFPN) Cuenca Alta del Río Mocoa, con un área total de 30.033 ha, de las cuales 3.232 ha están dentro del complejo. Así, en total, el 41 % del área del CDPJ se traslapa con el PNNCVDJ-C y la RFPN Cuenca Alta del Río Mocoa (MADS, 2018; MAVDT & PNNCVDJ-C, 2008).



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

Hidrografía del CPDJ

La zonificación hidrográfica oficial de Colombia se estructura en tres niveles jerárquicos: a) áreas hidrográficas (AH): amplias vertientes o regiones hidrográficas, las cuales son cinco: Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoco, Amazonas y Pacífico; b) zonas hidrográficas (ZH): las cuales drenan agua hacia las corrientes principales de las áreas hidrográficas, y c) subzonas hidrográficas (SZH): área de aguas superficiales o subterráneas que tributan sus aguas a las zonas hidrográficas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], 2013).

El CPDJ se relaciona con dos AH, tres ZH y cinco SZH: a) SZH río Guachicono, b) SZH río Mayo y c) SZH río Juanambú, dentro de la ZH del Patía y el AH del Pacífico; d) SZH Alto Río Putumayo, en la ZH del Putumayo, y e) SZH Alto Caquetá, en la ZH de Caquetá, estas dos últimas SZH se encuentran en el AH del Amazonas (Benavides-Bolaños, 2017; MADS, 2018) (figura 3). El CPDJ es relevante debido a su aporte a la regulación de cuencas hidrográficas que abastecen acueductos de municipios de los departamentos de Nariño y Cauca, y que alimentan la microcentral hidroeléctrica (específicamente la SZH río Mayo), lo que contribuye al desarrollo social y económico de las poblaciones aledañas (Corponariño, 2015; MAVDT & PNNCVDJ-C, 2008).



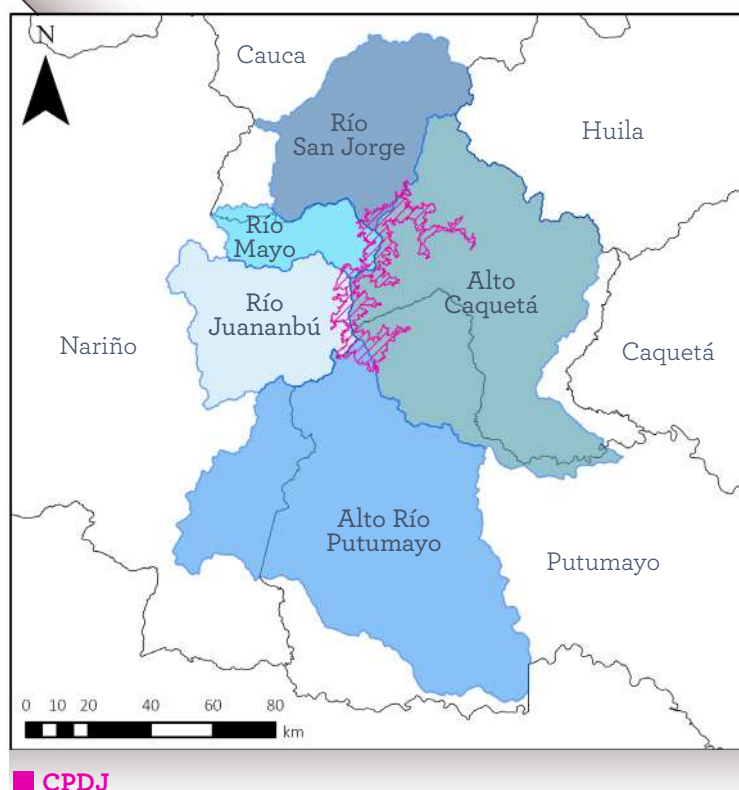


Figura 3. Subzonas hidrográficas con área en el Complejo de Páramos Doña Juana (CPDJ).
Fuente: Elaboración propia con base en Ideam (2024)

Zona de amortiguamiento en el municipio de La Cruz, Nariño

Las zonas de amortiguamiento se introducen en la legislación colombiana con el artículo 330 del Decreto 2811 (1974). Allí se indica que “de acuerdo con las condiciones de las áreas del Sistema de Parques Nacionales, se determinarán zonas amortiguadoras en la periferia para que atenúen las perturbaciones que pueda causar la acción humana” (PNN, 2014). Posteriormente, el numeral 8º del artículo 5º del Decreto 622 (1977) define la zona de amortiguamiento como aquella “en la cual se atenúan las perturbaciones causadas por la actividad humana en las zonas circunvecinas a las distintas áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), con el fin de impedir que llegue a causar disturbios o alteraciones en la ecología o en la vida silvestre de estas áreas”.

Por otra parte, el Decreto 1076 (2015) establece que es responsabilidad del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) delimitar las zonas de amortiguamiento para las áreas que conforman el SPNN. A su vez, el numeral 11 del artículo 2º del Decreto 3572 (2011) establece que Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN) debe “proponer conjuntamente, con las dependencias del MADS, las políticas, regulaciones y estrategias en materia de zonas de amortiguamiento de las áreas del SPNN”.

Aunque la normatividad vigente solo contempla la delimitación de zonas de amortiguamiento para el SPNN, el Decreto 2372 (2010) también hace un llamado a la protección de las zonas circunvecinas de las demás categorías de áreas protegidas (AP) que conforman el SINAP, al introducir en el artículo 31 el concepto de “función amortiguadora”, en el que se señala que “el ordenamiento territorial de la superficie de territorio circunvecina y colindante a las AP deberá cumplir una función amortiguadora que permita mitigar los impactos negativos que las acciones humanas puedan causar sobre dichas áreas”. De acuerdo con el artículo 10 del decreto en mención, las categorías de AP del SINAP son las siguientes: sistemas de parques nacionales naturales, reservas forestales protectoras, parques naturales regionales, distritos de manejo integrado, distritos de conservación de suelos, áreas de recreación, y reservas naturales de la sociedad civil.

Pese a lo anterior, hasta la fecha no se han establecido pautas específicas en cuanto a los plazos para realizar las delimitaciones, la necesidad de georreferenciación, los roles en la declaratoria y las disposiciones relativas al manejo del territorio correspondiente. Además, la delimitación de las zonas de amortiguamiento no cuenta con un instrumento normativo que reglamente los criterios que se deben considerar para establecer su extensión. No obstante, existen documentos técnicos que ofrecen recomendaciones útiles para dicha delimitación, los cuales no están vinculados a un territorio en particular.

El documento *Lineamientos técnicos para la declaratoria y gestión en zonas amortiguadoras* (Camargo & Guerrero, 2005) establece tres grandes objetivos de las zonas de amortiguamiento: a) amortiguación, b) consolidación del SINAP y c) desarrollo regional. Así mismo, se indica que entre

los elementos que definen una zona de amortiguamiento se encuentra que a) son externas, periféricas y adyacentes al AP; b) están destinadas a la atenuación de perturbaciones y a la prevención de alteraciones sobre el AP; c) no tienen usos genéricos, pues estos se reglamentan en cada caso, en armonía con las determinaciones de las autoridades ambientales (CAR y PNN) y con los planes de ordenamiento territorial dictados por los concejos municipales, y d) se les pueden imponer limitaciones o restricciones de uso, aunque menos severas que aquellas de las AP. En este documento también se propone una guía metodológica en tres fases para abordar las zonas de amortiguamiento: a) estudio preliminar (preparación, diagnóstico, definición de objetivos); b) determinación de la zona de amortiguamiento (delimitación, declaración), y c) regulación de la zona de amortiguamiento (zonificación y reglamentación).



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

Por otra parte, el *Manual para la delimitación y zonificación de zonas amortiguadoras* (Ospina, 2008) complementa la guía elaborada por Camargo & Guerrero (2005), y establece 3 principios, 11 criterios y 23 indicadores para la delimitación, zonificación y manejo de las zonas de amortiguamiento en las AP. Los tres principios son: a) prevenir, mitigar y corregir las perturbaciones sobre las AP y compensar los efectos de las presiones y los problemas de configuración de estas; b) armonizar la ocupación y transformación del territorio con los objetivos del AP, articulando los diferentes procesos de ordenamiento y promoviendo modelos sostenibles de uso, y c) aportar a la conservación de los elementos biofísicos, los valores culturales, los servicios ambientales y los procesos ecológicos que conectan el AP con los complejos regionales de ecosistemas.

De los 43 parques nacionales naturales declarados, 41 no tienen una definición clara respecto a cuáles son sus zonas de amortiguamiento. Los parques que cuentan con una declaración formal de la zona de amortiguamiento son el Parque Nacional Natural Gorgona (Resolución 1265, 1995, modificada por la Resolución 0232, 1996) y el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon (Resolución 1021, 1995, modificada por la Resolución 013, 1996).

En cuanto al PNNCVDJ-C, creado mediante la Resolución 0485 de 2007, el Plan de Manejo 2008-2013 sugiere que en la zona de amortiguamiento se deben potenciar actividades agrícolas en terrenos cuyas condiciones permitan su desarrollo, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y fomentar la conservación en las zonas altas y con pendientes pronunciadas (MAVDT & PNNCVDJ-C, 2008). Por su parte, Corponariño (2015) indica que la zona con función amortiguadora del PNNCVDJ-C en el departamento de Nariño se ubica en un 50 % en el municipio de El Tablón, en un 44 % en La Cruz, en un 5 % en San Bernardo y en el 1 % en San Pablo.

Desde AGROSAVIA se ha propuesto una delimitación para la zona de amortiguamiento en el municipio de La Cruz, la cual se muestra en la figura 4. Esta delimitación se realizó considerando la información generada por Cerón (2022), la cual integra las valoraciones biofísica, económica y social, así como las áreas prioritarias para la conservación de los servicios ecosistémicos. Estas áreas, en su mayoría, están comprendidas entre altitudes de 2.800 m s. n. m. y el límite inferior del PNNCVDJ-C.



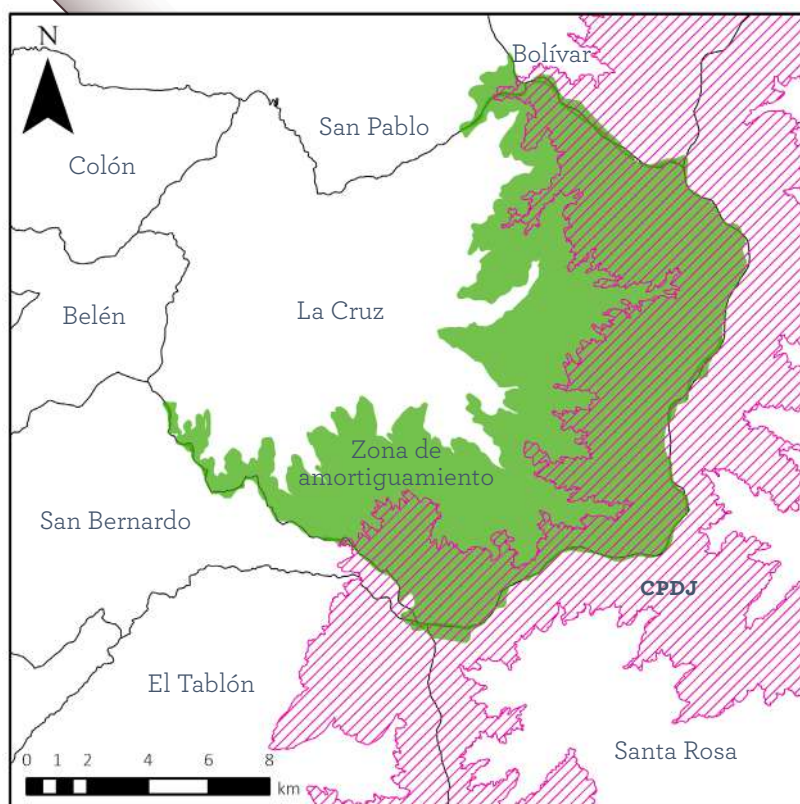


Figura 4. Propuesta de zona de amortiguamiento en el PNNCVDJ-C municipio de La Cruz (Nariño).

Fuente: Elaboración propia

Según esta propuesta, el área de amortiguamiento abarca un total de 6.317 ha que representan el 26,4 % del área total del municipio de La Cruz. Esta área tiene influencia de las veredas Aposento, El Tabor, Alto Sano, Loma Larga, Paramito, Alto de Ledezma, La Palma, La Ciénaga, Las Ánimas, El Troje, Moncayo, Escandoy, El Palmal, El Carmen y Valdivia.

Esta propuesta de delimitación favorece el desarrollo de prácticas productivas basadas en estrategias de conservación y uso sostenible del territorio, considerando la importancia de preservar los servicios ecosistémicos en la región.

Análisis político

Los instrumentos normativos y de planificación que rigen la legislación colombiana tienen un orden jerárquico determinado en la Constitución Política de Colombia. Una ley es discutida en la rama legislativa, sancionada por la rama ejecutiva y revisada por la rama judicial, por lo tanto, es el instrumento de mayor importancia. Por su parte, los decretos son instrumentos administrativos con alcances específicos. Finalmente, las resoluciones son acciones concretas que refuerzan la aplicación de una determinada ley en un contexto particular. Por otro lado, los documentos del Consejo de Política Económica y Social (Conpes) son instrumentos de planificación y prospectiva en torno a un ecosistema o temática particular (figura 5).



Figura 5. Definición de los instrumentos normativos.
Fuente: Elaboración propia

Conforme a lo establecido en la Ley 99 (1993), los páramos son reconocidos como áreas de gran importancia ecológica y son objeto de especial protección por parte del Estado. Las actividades agropecuarias en los ecosistemas de páramos fueron prohibidas por la Ley 1450 (2011). No obstante, algunos alimentos cruciales, como el 50 % de la papa (*Solanum tuberosum*), el 40 % de la leche y el 90 % de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*), se producen en estos ecosistemas (Rojas et al., 2024). Por este motivo, hubo una intensa presión ciudadana para que se permitieran las actividades agropecuarias fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). En respuesta, la Ley 1753 (2015) estableció que fuera del área del páramo delimitada no se permitiría el desarrollo de nuevas actividades agropecuarias. Además, dispuso que este espacio deberá ser gestionado integralmente por las entidades territoriales, siguiendo las directrices de las Corporaciones Autónomas Regionales, con el fin de mitigar y prevenir impactos en el páramo.

Debido a los aspectos que en la norma permanecían tácitos, su implementación en campo generaba algunas incertidumbres. Ante esto, el IAvH inició un proceso de delimitación de páramos que consideraba criterios geográficos, ambientales y sociales. Sin embargo, los resultados de ese trabajo no recibieron la aprobación de todos los actores del territorio y, en 2017, la Corte Constitucional, mediante la Sentencia T-361 (2017), reconoció los derechos de participación ambiental de los ciudadanos y el acceso a la información pública, y conminó al MADS a llevar a cabo una nueva delimitación considerando la participación de la comunidad.

En 2018, el MADR emitió la Resolución 261 (2018), la cual precisó la definición de la frontera agrícola nacional. Esta se establece como el límite de las áreas dedicadas a la producción agropecuaria y excluye aquellas que forman parte de las áreas protegidas a nivel nacional o regional, de especial importancia ecológica y de exclusión para la producción de alimentos. Posteriormente, el MADS emitió la Resolución 886 (2018), para adoptar lineamientos de zonificación y regímenes de uso en páramos delimitados, así como las directrices

para la sustitución y reconversión de actividades productivas. Inmediatamente después se promulgó la Ley 1930 (2018), que proporciona pautas sobre la gestión integral de páramos. Esta ley prohíbe algunas actividades en estos ecosistemas, como la minería, la expansión urbana, la construcción de nuevas vías, el uso de maquinaria pesada en labores agropecuarias, la disposición de residuos sólidos, la introducción de organismos genéticamente modificados y de especies invasoras, la talas, la fumigación con químicos, entre otras. Estas deben ser sustituidas gradualmente mediante actividades de reconversión productiva.

Con dichos antecedentes normativos y la necesidad perentoria de armonizar la conservación de los servicios ecosistémicos de los páramos con la producción de alimentos y los derechos de las comunidades que históricamente los han habitado, en 2019 se conformó el Grupo Interinstitucional e Intersectorial de Páramos. Como resultado del trabajo conjunto de este grupo y el MADR, se expidieron las resoluciones 1294 (2021) y 249 (2022). La primera de ellas establece los lineamientos para el desarrollo de actividades productivas sostenibles y de bajo impacto en páramos, mientras que la segunda adopta los lineamientos para el diseño, capacitación y puesta en marcha de programas de reconversión productiva y sustitución de actividades agropecuarias en páramos delimitados.

A pesar de estos avances, aún persisten algunos vacíos jurídicos y técnicos, que seguramente se irán solucionando mediante la aplicación del artículo 64 de la Constitución Política —que reconoce al campesino como sujeto de derechos— y mediante la ejecución de proyectos, junto con la suma de experiencias y lecciones aprendidas en torno a la reconversión productiva y la gestión integral de páramos.

Además de lo expuesto anteriormente, en la figura 6 se condensan las normas e instrumentos de planificación de diversas jerarquías que se deben considerar relevantes para la reconversión productiva sostenible en los agroecosistemas del municipio de La Cruz (Nariño), ubicados en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.

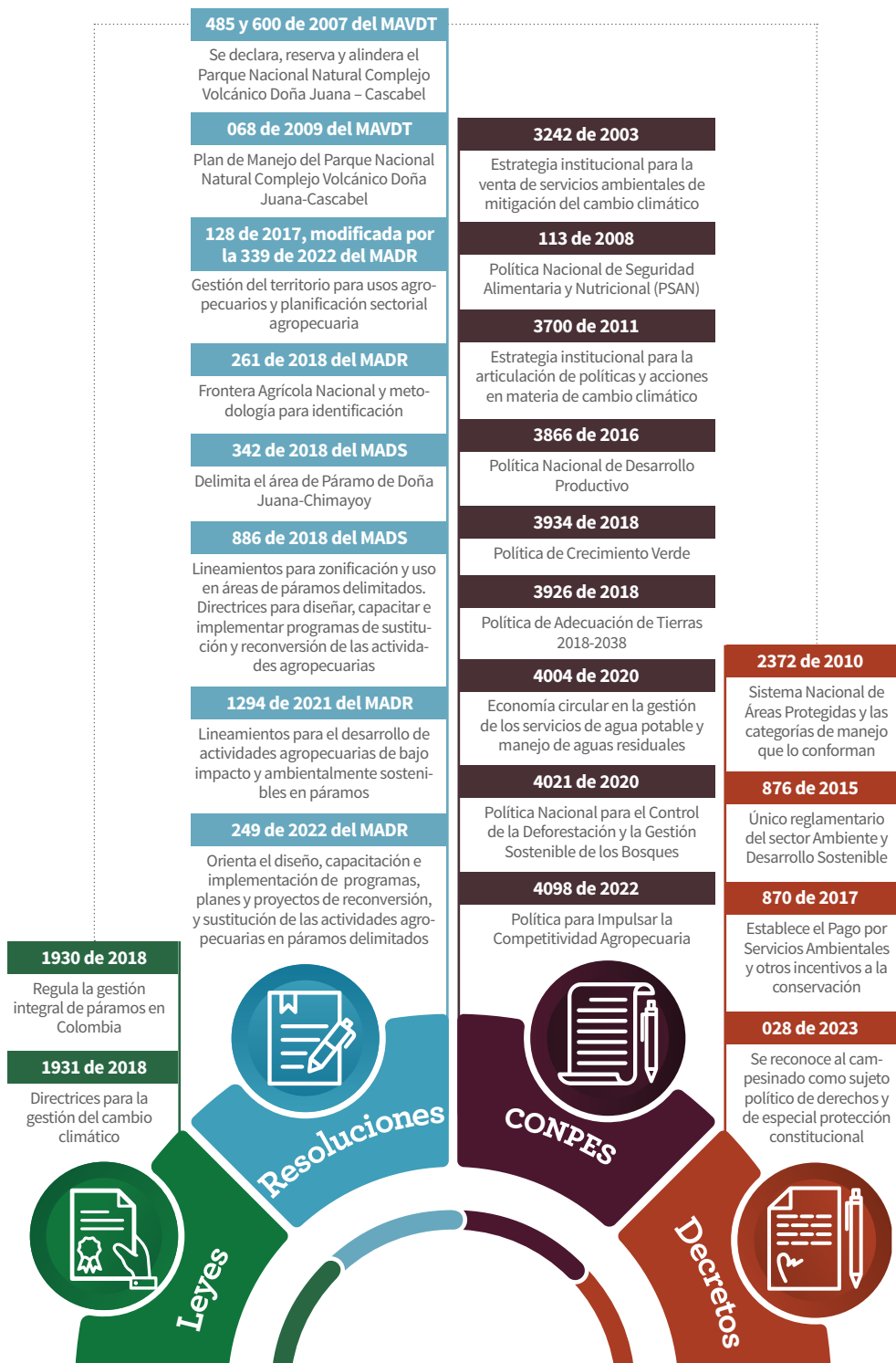


Figura 6. Normatividad vigente a nivel nacional y local, relevante para la reconversión productiva.
Fuente: Elaboración propia

Análisis social

Demografía

Según las estimaciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2023), la población total de los 12 municipios del CPDJ para 2024 es de 245.366 habitantes. Por su parte, en la zona de influencia del departamento de Nariño habitan 94.172 personas. En lo que respecta al municipio de La Cruz (Nariño), su población total es de 19.528 individuos. De este grupo, 57 % (11.131 personas) reside en centros poblados y áreas rurales dispersas, mientras que el 43 % (8.397) vive en la cabecera municipal. En cuanto a la distribución por género, 51 % (9.959) son mujeres y 49 % (9.569) son hombres (figura 7) (DANE, 2023).

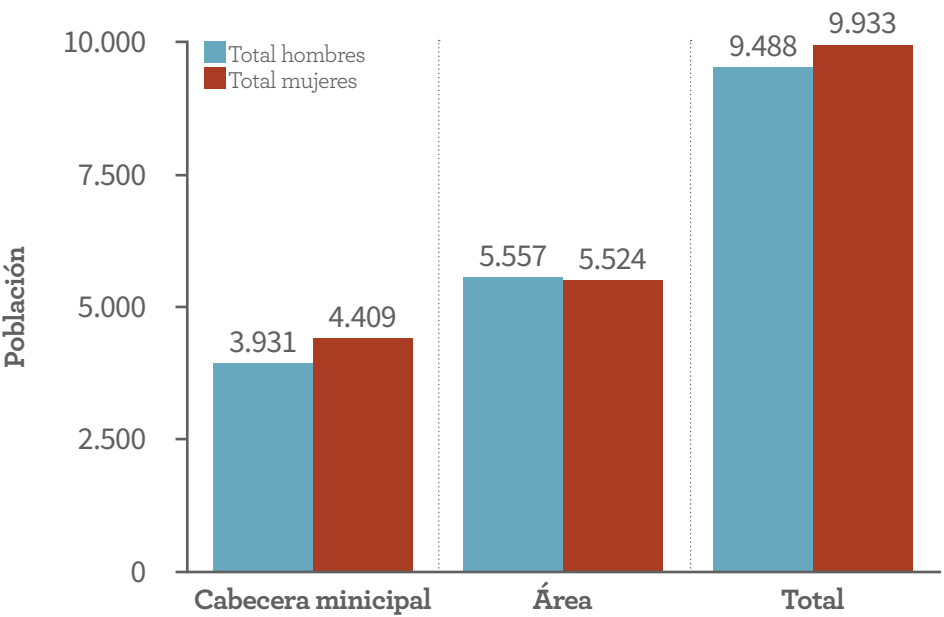


Figura 7. Distribución poblacional por género y zona de la población del municipio de La Cruz (Nariño), 2023.

Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2023).

El grupo etario más numeroso corresponde a las personas de 25 a 29 años, con un total de 1.576 individuos (DANE, 2023). Según el índice de juventud (IJ), que para Dámaso et al. (2011) indica la proporción de personas de 0 a 19 años (población joven), se observa que el municipio de La Cruz presenta un indicador de 23,9% sobre la población total (19,421 habitantes). Es importante destacar que, en una población bien estructurada, el IJ debe estar por encima del 33%. El valor observado en La Cruz, inferior a dicho umbral, evidencia una composición poblacional con una representación juvenil menor a la óptima. Este panorama indica que la población está experimentando un proceso de envejecimiento, compuesto por un segmento de población mayoritariamente madura (figura 8).

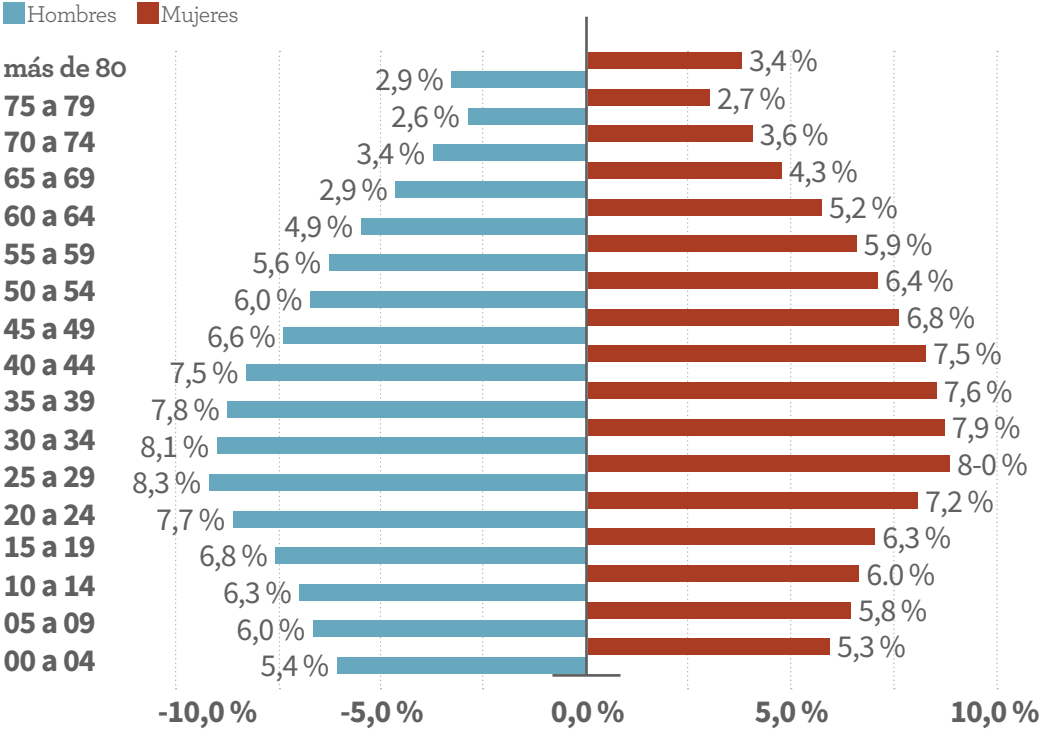


Figura 8. Pirámide poblacional, municipio de La Cruz (Nariño), 2023.

Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2023)

Educación y salud

A nivel educativo, según los datos recopilados por el DANE (2018), en el municipio de La Cruz, el 18,1 % del total de la población presenta analfabetismo —y un marcado 23,6 % de la población que se encuentra en centros poblados rurales y dispersos lo presenta—. Otro estudio realizado por el DANE (2005) mostró que el 59,5 % de la población residente completó la educación primaria, mientras que el 16,4 % alcanzó la educación secundaria. Solo el 1,4 % ha obtenido títulos profesionales y un escaso 0,2 % ha cursado estudios de especialización, maestría o doctorado. Por otro lado, el 16,4 % de la población residente no ha alcanzado ningún nivel educativo.

En cuanto a la oferta académica, para 2020 el municipio cuenta con seis instituciones educativas que ofrecen servicios desde preescolar hasta básica primaria y media. Estas instituciones tienen adscritos 30 centros educativos, que atienden a 2.852 estudiantes. El 7,1 % de estos centros se localiza en el casco urbano, mientras que el 92,9 % restante se encuentra en la zona rural (Alcaldía Municipal de La Cruz, 2020). La población estudiantil de estos centros educativos representa un segmento clave para promover la conciencia ambiental.

En cuanto a la dimensión de salud, 92,9 % de la población del municipio de La Cruz (Nariño) se encuentra afiliada al régimen subsidiado, mientras que solo el 7,1 % tiene afiliación al régimen contributivo. Entre las entidades promotoras de salud presentes en el territorio se encuentran Nueva EPS, Emssanar, Sanitas y S.O.S. (Adres, 2022).

Niveles de pobreza multidimensional

En La Cruz, el 18,2 % de los habitantes de la cabecera municipal y el 35,7 % de los habitantes en los centros poblados rurales y dispersos presentan pobreza multidimensional (DANE, 2023), lo que resalta desigualdades entre las áreas urbana y rural.

En el centro poblado rural y disperso, se destacan el empleo informal (95,6 %), el bajo nivel educativo (85,5 %) y una alta tasa de dependencia económica (38,9 %). Esto coincide con los hallazgos de Otero-Cortés y

Acosta-Ariza (2022), que mencionan tasas de informalidad más altas en áreas rurales y baja cobertura de seguridad social. Por su parte, el DNP (2015) señala que los programas de protección social no consideran las particularidades de las zonas rurales, lo que resulta en vulnerabilidad económica y afectación en los ingresos de los productores.

Organizaciones de base y asociatividad

La información presentada en esta sección tiene como insumo las entrevistas realizadas a 97 productores de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C. Para obtener una muestra representativa de productores agropecuarios de la zona de estudio, se construyó un marco muestral utilizando registros unificados provenientes de la Secretaría de Agricultura Municipal y de Parques Nacionales Naturales de Colombia, con lo que se identificaron 129 productores que constituyeron el universo muestral del estudio. Dadas las limitaciones de tiempo y recursos, así como la complejidad derivada de los conflictos armados en la zona, se optó por emplear un muestreo probabilístico estratificado, en lugar de realizar un censo completo (figura 9), atendiendo la metodología descrita por Romero-Martínez et al. (2019).

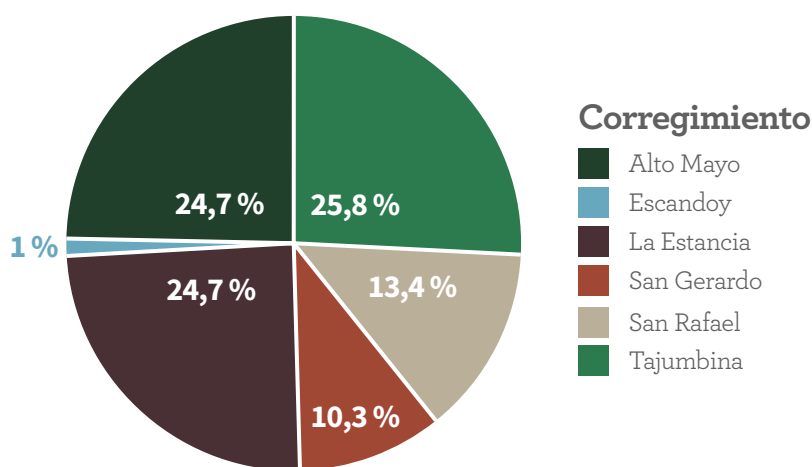


Figura 9. Distribución de la población encuestada por corregimiento del municipio de La Cruz (Nariño), en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de las entrevistas realizadas, el 69,07 % de los entrevistados reportó no estar vinculado actualmente a ninguna organización de base. Entre los principales factores asociados a esta baja participación se encuentran: el desconocimiento de la presencia de estas organizaciones (25,37 %), malas experiencias previas (17,91 %), inexistencia de asociaciones en la vereda (17,91 %), entre otros.

Por otra parte, el 30,93 % de los productores manifestó estar vinculado a estas organizaciones —los principales motivos se detallan en la figura 10—. Entre las principales agremiaciones de base identificadas en campo se encontraron: Asociación de Productores Lácteos de La Cruz (Asoape), Asociación Multiagro, Asociación Café de Altura con Aroma de Mujer (Asolomalarga), Cooperativa Multiactiva de Achira y Cooperativa Multiactiva Pueblito Productores de Sagú. Dentro del grupo de personas que reportan afiliación, el 37,93 % lleva entre 2 y 5 años, el 34,48 % lleva más de 10 años y el 27,59 % cuenta entre 6 y 10 años.

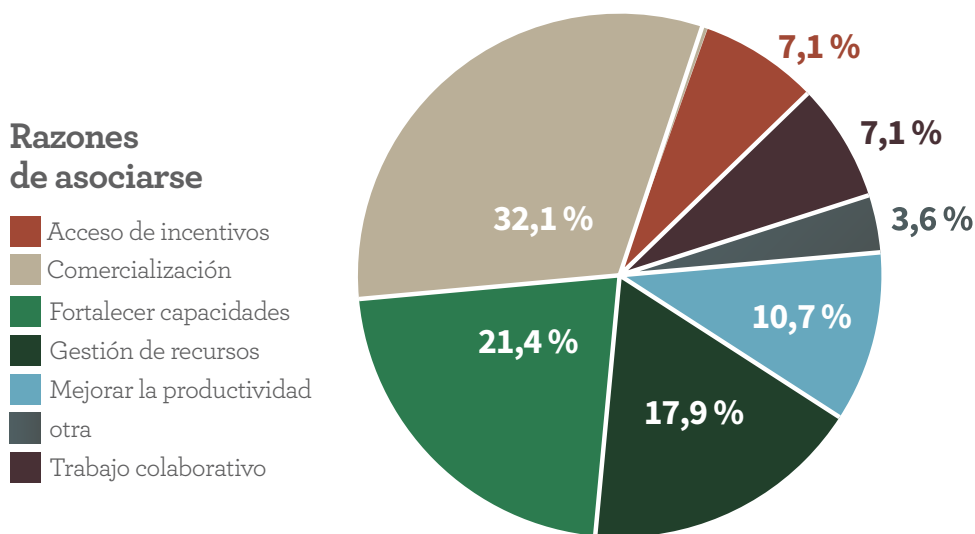


Figura 10. Razones de asociarse, identificadas en la muestra de hogares de productores encuestados en el municipio de La Cruz (Nariño), en zona de amortiguamiento del PNNCDJ-C, 2023.

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que solo un 5,15 % de los encuestados participa en grupos de manejo de recursos naturales, como la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, la Fundación Socioecológica Madre Selva, Pachamama (Grupo Cultural Tajumbina), los planes comunales o asociativos de Corponariño o las mingas comunitarias veredales (Ramos et al., 2024).

Este grupo de productores se ha dado cuenta de las ventajas y la importancia de unir fuerzas para acceder conjuntamente, entre otros, a canales de comercialización, formación, financiación y gestión de recursos. Estas acciones son descritas por Martínez et al. (2022), quienes refieren que la asociatividad constituye un mecanismo de resiliencia para afrontar los cambios que puedan presentarse para los pequeños productores en los sistemas productivos. La presencia sostenida en las organizaciones da cuenta del valor que concede el agricultor al trabajo colaborativo como medio para mejorar sus condiciones socioeconómicas.



Foto: Lina Marcela Ríos Peña



Foto: Lina Marcela Ríos Peña



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

Análisis económico

La economía de la población ubicada en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, en el municipio de La Cruz, se sustenta principalmente en la agricultura. Según la Alcaldía Municipal de La Cruz (2020), el 57,2 % de la población reside en el sector rural, donde las actividades agropecuarias constituyen la principal fuente de ingresos para los hogares de esta región. Este territorio se caracteriza por una agricultura campesina y familiar, basada en la producción a pequeña escala y en la mano de obra de los miembros de la familia.

Los sistemas productivos más representativos de los agricultores son achira, granadilla, papa y arveja, pero también se destaca la producción de fresa, mora, uchuva, ulluco, maíz, fríjol, café, tomate, cilantro, cebolla, entre otros, relevantes para la seguridad alimentaria y la economía local (Alcaldía Municipal de La Cruz, 2020). Así mismo, se destaca la producción de derivados de ganadería, de explotación porcina y acuícola, y de especies menores (IAvH, 2017). A continuación, se presentan registros de algunos de los principales cultivos en el municipio de La Cruz (tabla 1).

Tabla 1. Área sembrada, producción, rendimiento y número de productores de los principales cultivos en el municipio de La Cruz (Nariño), 2022

Cultivo	Área sembrada (ha)*	Producción (t)*	Participación en la producción departamental	Rendimiento (t/ha)*	Número promedio de productores**	Área sembrada / Número promedio de productores
Achira	1.750	21.600	95,5 %	3	1350	1,3
Granadilla	160	576	17,1 %	3,6	750	0,8
Papa**	71	840	NR	12	83	NR
Arveja**	53	106	NR	2	170	NR
Maíz**	38	76	NR	2	365	NR
Uchuva***	23	230	0,0 %	10	NR	NR
Ulluco**	6,5	52	NR	8	24	NR
Fresa	4	60	14,1 %	4	NR	NR
Pastos***	8.900	4.541 cabezas de ganado	NR	NR	NR	NR

Nota: En el caso de achira se hace referencia a almidón.

NR: no existe registro.

Fuente: Elaboración propia con base en UPRA (2022)*, Gobernación de Nariño (2018)**; datos registrados para el municipio de San Pablo (Nariño)***

El municipio de La Cruz destaca como el principal productor de **achira o sagú (*Canna indica*)** en el departamento de Nariño y en el país, con un total de 1.750 ha sembradas. Le siguen, en cuanto a área sembrada, los municipios de San Pablo (80 ha) y San Pedro de Cartago (45 ha). La principal finalidad de este cultivo es la cosecha de rizomas, de los cuales se extrae el almidón, utilizado para elaborar productos como bizcocho de achira, coladas, arepas, pan casero, entre otros (Caicedo et al., 2003; Lobo-Arias et al., 2017; UPRA, 2022).

El cultivo de achira ha experimentado un notable crecimiento en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C como se evidencia en los corregimientos de Escandoy, Tajumbina y La Estancia, que presentan un aumento constante en las áreas sembradas año tras año. Esto se atribuye a la instalación de plantas extractoras de almidón y a los altos precios de este producto (figura 11).



Figura 11. Cultivo de achira en el corregimiento de Tajumbina, municipio de La Cruz.
Foto: Juan Fernando López Rendón

Los cultivos semestrales y anuales de granos y tubérculos, como maíz, papa, arveja y ulluco, son de gran importancia para la seguridad alimentaria de los productores y del municipio. Estos cultivos se rotan y establecen en asocio con pastos, principalmente el kikuyo, para ganadería en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C. El suelo donde se desarrollan estos cultivos es susceptible a la erosión, favorecida por la textura del suelo, el tipo de labranza, las condiciones climáticas y la siembra en pendientes elevadas. Por lo tanto, es de interés establecer estrategias de manejo priorizando recomendaciones de agricultura de conservación, como la labranza cero o mínima, las asociaciones y rotaciones de cultivos, y el uso de coberturas vegetales. Por ejemplo, la siembra de tubérculos en sistema de wachado, en el cual se rota el pasto con el cultivo de papa, por medio del volteo de los cespedones del pasto, aprovechándolos como cama para la siembra de la papa, ayuda a disminuir la erosión, la compactación del terreno y el encharcamiento. Además, el relevo o la asociación tipo milpa entre gramíneas y leguminosas resulta beneficioso para conservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como para favorecer los rendimientos. A partir de estas bases, es posible establecer modelos de producción sostenibles, validados y adaptados a las condiciones microclimáticas, edáficas, socioeconómicas y culturales de la zona de amortiguamiento.

Por otra parte, la producción de frutales en La Cruz destaca especialmente con cultivos de clima frío, como granadilla (*Passiflora ligularis*), fresa (*Fragaria vesca*) y uchuva (*Physalis peruviana*) (figura 12). En el departamento de Nariño, la **uchuva** cuenta con aproximadamente 291 hectáreas cultivadas, de manera que contribuye con 12 % de la producción nacional y alcanza un rendimiento promedio de 9,2 t/ha, siendo los principales municipios productores Ipiales, Túquerres, Pasto y La Cruz (Flórez et al., 2000; UPRA, 2022). Respecto a la **granadilla**, en 2022 Nariño se posicionó como el cuarto productor a nivel nacional, con 3.364 t, a lo que contribuyeron con el 69,4 % de la producción los municipios de Guaitarilla (161 ha), La Cruz (160 ha) y Providencia (48 ha) (UPRA, 2022). En cuanto a la **fresa**, aunque Nariño contribuye tan solo con el 6,5 % de la producción nacional (189 ha a 2022 y un rendimiento promedio de 17,41 t/ha), el cultivo ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años (Agronet, 2022).



<a



b>



<c



Figura 12. Cultivos de frutales de clima frío en La Cruz (Nariño), corregimiento de Tajumbina. a. Granadilla; b. Fresa; c. Uchuva.

Fotos: David Rodríguez

Los problemas sanitarios constituyen la principal limitante en la producción de las especies mencionadas. Se destacan, para el cultivo de achira, la secadera, causada por el hongo *Fusarium* sp.; el ataque de insectos nocivos del orden Lepidoptera en su estado larval —como *Glyphipterix* sp., *Spodoptera* sp., *Calpodes ethlius* y *Cobalus cannae*—, y del chinche *Ischnodemus* sp. (Hemiptera: Blissidae) (Ortega et al., 2020). Para el caso del cultivo de la uchuva, las enfermedades que limitan la producción son causadas principalmente por hongos. Se destaca el marchitamiento vascular (causado por *Fusarium oxysporum*), la muerte descendente (*Phoma* sp.) y enfermedades en hojas y capachos, conocidas como mancha negra de las hojas (*Alternaria* sp.), mancha gris (*Cercospora* sp.) y mancha grasienta, enfermedad bacteriana causada por *Xanthomonas* sp. (Miranda & Fischer 2021). Para el cultivo de granadilla, las principales limitantes en la producción son las enfermedades fungosas, en este caso las conocidas como secadera (*Fusarium solani*), ojo de pollo (*Phoma* sp.) moho gris (*Botrytis cinerea*) y la plaga denominada mosca del ovario (*Dasiops* sp.). Para el sistema productivo de fresa se destacan: moho gris (*Botrytis cinerea*), oídio (*Sphaerotheca* spp.), mancha púrpura (*Mycosphaerella fragariae*), antracnosis (*Colletotrichum* sp.) y bacterias (*Xanthomonas fragariae*); en cuanto a plagas se destacan trips (*Frankliniella occidentalis*) y araña roja o acaro rojo (*Tetranychus urticae*) (Cano, 2013; Farrera et al., 2007).

Es importante resaltar que estas limitantes sanitarias generan una alta dependencia a la aplicación de agroquímicos, así como rendimientos por debajo del promedio nacional en las especies frutales, según los reportes de Rodríguez et al., (2021). Para el cultivo de uchuva, tales limitantes se atribuyen en gran parte a la falta de tecnificación de la mayoría de los productores (54,1 %), que carecen de certificaciones y asistencia técnica, y operan en parcelas pequeñas (en promedio de 0,35 ha), lo que limita su capacidad de comercialización. Estos factores afectan la eficiencia del sistema productivo y disminuyen la competitividad de la región, en comparación con otros departamentos, situación que se observa en todos los sistemas productivos de la zona.

Análisis tecnológico

La zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C se localiza en un área de difícil acceso, caracterizada por la presencia predominante de carreteras secundarias y terciarias, las cuales suelen encontrarse en mal estado. Esta situación afecta negativamente la productividad y la competitividad de la región. La limitada conectividad terrestre entre las vías conlleva un incremento de los tiempos de viaje y de los costos de operación, lo que resulta en sobrecostos en el transporte y en pérdida de los productos agropecuarios.

En este sentido, dentro de la agenda de desarrollo del actual Gobierno (2022-2026), fundamentada en el Plan Nacional de Desarrollo “Colombia, Potencia Mundial de la Vida”, en el componente de proyectos estratégicos de impacto regional, se encuentra la iniciativa Caminos Comunitarios de la Paz Total, que pretende intervenir 33.102 km de vías regionales y caminos ancestrales, con una inversión estimada de COP \$ 8 billones para su mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación. Este programa puede promover el desarrollo de la región y aportar al objetivo de la justicia social, ambiental y económica.

Por otra parte, la red energética regional se encuentra establecida, sin embargo, presenta fluctuaciones en el suministro del servicio. Una situación similar presentan las telecomunicaciones: se evidencia un buen servicio en la zona urbana, pero con dificultades en el área rural.

Además, ha habido intentos de fortalecer las tecnologías emergentes en la región mediante esfuerzos para promover la innovación en el sector agrícola. Sin embargo, estos esfuerzos han sido aislados y no han tenido un impacto significativo. Entre las tecnologías emergentes que podrían tener un impacto positivo en la región se encuentran los sistemas de riego y el manejo de suelos.

Análisis, retos y oportunidades de la producción para la reconversión productiva

El impacto de las actividades productivas mineras, ganaderas y agrícolas en los páramos, incluida la situación del CPDJ, ha generado serias repercusiones en los procesos ecosistémicos que definen estos frágiles entornos (Vergara & Rodríguez-Aparicio, 2021), desconociendo su carácter estratégico.

La minería artesanal e informal, con escaso control estatal, contribuye significativamente a los problemas ambientales en los páramos, lo que genera lixiviados, vertimiento de metales pesados en efluentes y eliminación de capas de suelo, lo que impacta negativamente las fuentes de líquido para las comunidades agua abajo en la cuenca (Vergara & Rodríguez-Aparicio, 2021).

La presencia generalizada de actividades ganaderas ha impulsado la expansión de pastos introducidos, lo que transforma áreas de vegetación nativa de páramo en pastizales (Morales et al., 2007). El pisoteo constante del ganado compacta la materia orgánica del suelo, lo cual reduce la capacidad de retención e infiltración de agua, y dificulta el flujo de nutrientes hacia las plantas (Estupiñán et al., 2009). Además, las deyecciones del ganado contaminan las fuentes hídricas y alteran los balances de carbono y nitrógeno, lo que afecta las características fisicoquímicas naturales del suelo (Estupiñán et al., 2009).

Dentro de las problemáticas asociadas a la producción agrícola se encuentra la remoción de la capa vegetal y las labores de preparación del terreno. Estas acciones representan las principales amenazas para la integridad de los suelos del páramo y se consideran insostenibles a largo plazo (Estupiñán et al., 2009; Sanabria et al., 2022). A manera de ejemplo, se destacan los cultivos de papa, que se extienden hasta altitudes cercanas a los 4.000 m s. n. m. (Morales et al., 2007; Sanabria et al., 2022), y el cultivo de cebolla larga, que se realiza en zona de subpáramo (Rodríguez et al., 2021).





Por otro lado, el cultivo de achira representa un gran reto para la formulación, evaluación y adopción de prácticas de manejo sostenible para la reconversión productiva. El desarrollo de este cultivo, especialmente en áreas con suelos de texturas gruesas, pendientes pronunciadas y altos niveles de laboreo manual en las actividades de cosecha y siembra, conlleva impactos en las propiedades del suelo, lo cual favorece la erosión, la remoción en masa y la pérdida de nutrientes.

En la zona se emplean métodos de cultivo tradicionales sostenibles, como el sistema de cosecha y siembra por raleo de los rizomas de achira. Este método consiste en dejar un surco ya desarrollado durante la cosecha. Esto reduce el tiempo de establecimiento del nuevo cultivo, disminuye los costos de producción y minimiza el impacto negativo en el suelo. Además, los residuos vegetales que quedan después de la cosecha proporcionan cobertura vegetal al suelo (figura 13). A pesar de sus ventajas, el raleo presenta desafíos fitosanitarios, como la propagación de *Fusarium* spp., y puede generar pérdida en la uniformidad del cultivo. Sin embargo, dado que es una práctica tradicional arraigada, existe la oportunidad de ajustarla para tecnificar el cultivo de manera más sostenible, integrando medidas que mitiguen los riesgos fitosanitarios y optimicen los rendimientos agrícolas a largo plazo.



Figura 13. Cultivo de achira establecido mediante la técnica de raleo en alta pendiente y con cobertura vegetal en suelo después de la cosecha del cultivo anterior.
Fotos: Juan Fernando López

Los cultivos semestrales y anuales de granos —como el maíz— y tubérculos andinos que se desarrollan en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, mediante un sistema de rotación con pastos para la ganadería doble propósito (figura 14), representan una oportunidad para implementar enfoques de agricultura de conservación. De esta forma, es posible establecer métodos de labranza cero —o mínima— para mitigar los efectos negativos de la labranza excesiva en pendientes pronunciadas; promover asociaciones y rotaciones de cultivos con el fin de mejorar la fertilidad del suelo y reducir la incidencia plagas y enfermedades, así como utilizar coberturas vegetales. Aunque se han logrado importantes avances en la investigación de estas técnicas, es fundamental validarlas y adaptarlas a las condiciones edafoclimáticas y culturales específicas de la zona. Esto implicaría considerar las particularidades del suelo, el clima y las prácticas agrícolas locales para garantizar su eficacia y viabilidad a largo plazo.



Figura 14. Panorama de zona donde se realiza la producción de ganadería doble propósito y rotación del sistema pasto-tubérculos andinos-granos y leguminosas. Fotos: Juan Fernando López

La incidencia y la severidad de los problemas fitosanitarios en la zona experimentan hoy en día un aumento progresivo, lo que demanda un mayor uso de agroquímicos para controlar las plagas y enfermedades. Los principales problemas se observan con *Fusarium* sp., complejos de lepidópteros y chinches en el cultivo de achira, así como trips, ácaros, marchitez, botritis y antracnosis en frutales. Por lo tanto, es crucial dirigir la investigación hacia estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades, priorizando medidas culturales y control biológico adaptados a las condiciones específicas de la zona. Esto contribuiría a reducir la dependencia de los agroquímicos y frenar la propagación de estos agentes en las áreas de producción, lo que a futuro puede evitar riesgos socioeconómicos y ambientales.

Considerando este contexto, es esencial implementar un plan de asistencia técnica eficiente y riguroso, junto con inversiones en sistemas de



riego, análisis de suelo y recomendaciones de fertilidad. La sustitución de insumos de síntesis química por insumos orgánicos de bajo costo, elaborados con elementos de la misma finca, también se vuelve prioritaria. Además, programas de certificación para el ingreso a mercados especializados y el fomento de la asociatividad en la zona son estrategias esenciales para aumentar los rendimientos y disminuir los costos de producción. Estas medidas no solo contribuirían a la sostenibilidad de las actividades económicas en la zona de estudio, sino que también ayudarían a mitigar los impactos nocivos causados por las actividades productivas, lo que generaría un efecto positivo en el medio ambiente y la comunidad.

Finalmente, es necesario apoyar el desarrollo de la agroindustria, la generación de valor agregado y el acceso a mercados diferenciados para los productos cultivados en la zona. La rentabilidad garantizada de las actividades productivas favorecerá el aumento de los ingresos de los agricultores y mejorará sustancialmente su calidad de vida. Esto permitirá implementar y expandir las prácticas de reconversión productiva en los cultivos del territorio, tales como labranza de bajo impacto, control biológico de plagas y enfermedades, y establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles. Estas técnicas, aunque requieren inversiones iniciales y tiempo para su implementación, serán fundamentales para preservar los recursos naturales de la zona y aumentar la competitividad en los mercados, lo que incentivará la adopción de prácticas sostenibles.

Referencias

- Administradora de los Recursos del Sistema General de Seguridad Social en Salud [Adres]. (2022). *Reporte de afiliados por entidad*. Adres. <https://www.adres.gov.co/eps/bdua/Paginas/reportes-afiliados-por-entidad.aspx>
- Agronet. (2022). Estadísticas agropecuarias. Participación departamental en la producción y en el área cosechada. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Alcaldía Municipal de La Cruz Nariño. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023*. https://alcaldialacruznarino.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldialacruznarino/content/files/000561/28022_1-plan-de-desarrollo-una-minga-para-el-progreso-de-todos-la-cruz-narino-2020-2023.pdf
- Benavides-Bolaños, A. D. (2017). *Caracterización morfológica de las subzonas y cuencas hidrográficas del Complejo de Páramos Doña Juana-Chimayoy* [Trabajo de grado, Universidad de Nariño, Pasto]. <https://sired.udenar.edu.co/9176/>
- Caicedo, G. E., Roza, L. S., & Rengifo, G. (2003). *La achira, alternativa agroindustrial para áreas de economía campesina*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13024>
- Camargo G., & Guerrero, G. (2005). *Lineamientos técnicos para la declaratoria y gestión en zonas amortiguadoras*. Parques Nacionales Naturales de Colombia. <https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Lineamientos%20y%20tecnicas.pdf>
- Cano, M. (2013). Estrategias biológicas para el manejo de enfermedades en el cultivo de fresa (*Fragaria* spp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 263-276. <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i2.2240>
- Cerón, M. I. (2022). *Valoración de servicios ecosistémicos en la priorización de áreas de importancia para la conservación: un caso aplicado en la cuenca alta del río Mayo, departamento de Nariño*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá]. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/59364/Miyer%20Ceron_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Corporación Autónoma Regional de Nariño [Corponariño]. 2015. *Determinantes y asuntos ambientales para el desarrollo territorial*. Corponariño. <https://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/DOCUMENTO%20DETERMINANTESDICIEMBRE2015.pdf>

- Dámaso Crespo, S. P., Reques Velasco, P. González-Carreró López, M. I. Fernández Viadero, C. (2011). *El análisis demográfico del envejecimiento: conceptos, técnicas y métodos*. Biogerontología. <https://ocw.unican.es/course/view.php?id=22#section-0>
- Decreto 1076 de 2015. “Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Presidente de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Decreto 2372 de 2010. “Por el cual se reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones”. Presidente de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39961>
- Decreto 2811 de 1974. “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”. Presidente de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Decreto 3572 de 2011. “Por el cual se crea una Unidad Administrativa Especial, se determinan sus objetivos, estructura y funciones”. Presidente de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65329>
- Decreto 622 de 1977. “Por el cual se reglamentan parcialmente el capítulo V, título II, parte XIII, libro II del Decreto-Ley número 2811 de 1974 sobre ‘sistema de parques nacionales’; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2 de 1959”. Presidente de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=8265>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2005). Censo General 2005. Perfil La Cruz - Nariño. DANE. https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/narino/la_cruz.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2018). *Atlas estadístico, tomo II social*. DANE. https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/src/Tomo_II_Social/3.1-alfabetismo-y-analfabetismo.html
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2023). *Demografía y Población*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2015). *Misión para la transformación del campo: la protección social de la población rural*. DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Agriculturapequarioforestal%20y%20pesca/La%20proteccion%20social%20de%20la%20poblacion%20rural.pdf>

- Estupiñán L., Gómez J., Barrantes, V., & Limas L. (2009). Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo El Granizo (Cundinamarca-Colombia). *Revista UDCA. Actualidad & Divulgación Científica* 12(2), 79-89. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/694>
- Farrera P., R. E, Zambrano V., A. E, & Ortiz M., F.A. (2007). Identificación de hongos asociados a enfermedades del fruto de la fresa en el municipio Jáuregui del estado Táchira. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(2), 269-281. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000200005
- Flórez, V., Fischer, G., & Sora, A. (2000). *Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.)*. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53455>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Ideam. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/MEMORIAS-MAPA-ZONIFICACION-HIDROGRAFICA.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2024). *Subzonas hidrográficas*. <http://bart.ideam.gov.co/cneideam/Capasgeo/>
- Ley 1450 de 2011. “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014”. Congreso de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43101>
- Ley 1753 de 2015. “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”. Congreso de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>
- Ley 1930 de 2018. “Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia”. Congreso de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>
- Ley 1930 de 2018. “Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia”. Congreso de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>
- Ley 99 de 1993. “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”. Congreso de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>



- Lobo-Arias, M., Medina-Cano, C. I., Grisales-Arias, J. D., Yepes-Agudelo, A. F., & Álvarez-Guzmán, J. A., (2017). Caracterización y evaluación morfológicas de la colección colombiana de achira, *Canna edulis* Ker Gawl. (Cannaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 18(1), 47-73. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/558/435>
- Martínez Pachón, E., Ramos Zmbrano, H. S., Luna Mancilla, L. T., Arana Chico, H. C., & Uribe Mejía, P. (2022). Plan de acción orientado a aumentar la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas productivos de papa en el departamento de Nariño. En E. Martínez, S. Insuasty, C. Benavides, L. Gómez, y P. Uribe (Eds.), *Caracterización del sistema productivo de papa en el departamento de Nariño 2015-2020: conocimiento para la toma de decisiones* (pp. 185-219). AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37070/Ver_documento_37070.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2018). *Resolución 342. "Delimitación del área de Páramo de Doña Juana-Chimayoy"*. https://alphasig.metropol.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion_minambientes_0342_2018.htm
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2024). *Capa geográfica Límites de Autoridades Ambientales de Colombia a nivel continental e insular, escala 1:25000, año 2019*. <https://geonetwork.minambiente.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ed2e47a0-9064-4cbe-ac7b-18a3762d788a>
- Ministerio del Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel [PNNCVDJ-C]. (2008). *Plan de Manejo Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel*. Parques Nacionales Naturales. <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-complejo-volcanico-dona-juana-cascabel.pdf>
- Miranda, D., & Fischer, G. (2021). Avances tecnológicos en el cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. En *Avances en el cultivo de las berries en el trópico* (pp. 14-36). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. <https://doi.org/10.17584/IBerries>
- Morales-Rivas, M., Otero García, J., Van der Hammen, T., Torres Perdigón, A., Cadena Vargas, C. E., Pedraza Peñaloza, C. A., Rodríguez Eraso, N. F., Aguilera, C. A., Betancourth Suárez, J. C., Olaya Ospina, E., Posada Gilede, E., & Cárdenas Valencia, L. (2007). *Atlas de Páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/6bad5833-4a92-4489-9243-abd945a3f76c>
- Navarro, S., Pulgarín, B., Monsalve, M. L., Cortés, G. P., Calvache, M. L., Pardo, N., & Murcia, H. (2009). *Geología e historia eruptiva del Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ) Nariño*. *Boletín de Geología - Ingeominas*, 31(2). <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegelogia/article/view/354/3856>



- Ortega, M. C., Mojica Ramos, S. L., Vergara Navarro, E. V., & Sotelo-Cardona, P. (2020). Entomofauna asociada al cultivo de achira *Canna indica* (Cannaceae) en tres zonas de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 46(1). <https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/view/10167>
- Ospina, M. A. 2008. *Manual para la delimitación y zonificación de zonas amortiguadoras*. Parques Nacionales Naturales de Colombia. https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2014/08/Anexo-3-PNN-2008-Manual-delimita_zonifica-ZA.pdf
- Otero-Cortés, A. & Acosta-Ariza, E. (2022). Desigualdades en el mercado laboral urbanorrural en Colombia, 2010-2019. *Revista CS*, núm. especial, 173-219. https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/revista_cs/article/view/4939
- Pardo, N., Espinosa, M. L., González-Arango, C., Cabrera, M. A., Salazar, S., Archila, S., Palacios, N., Prieto, D., Camacho, R., & Parra-Agudelo, L. (2021). Worlding resilience in the Doña Juana Volcano-Páramo, Northern Andes (Colombia): a transdisciplinary view. *Natural Hazards*, 107(2), 1845-1880. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04662-4>
- Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN] (2014). *Definición y objetivos de las zonas amortiguadoras*. <https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2014/08/1-ZONAS.pdf>
- Ramos, H., Rodríguez, D., Luna, T., Rios, L., Meneses, D., Cortes, D., López, J., & Ortega, M. (2024). *Diagnóstico técnico y socioeconómico zona de amortiguamiento del complejo de paramos Doña Juana, municipio La Cruz, Nariño*.
- Resolución 013 de 1996. Ministerio del Medio Ambiente. https://alphasig.metropol.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion_minambiente_rma01396.htm
- Resolución 0232 de 1996. “Por la cual se modifica y corrige la Resolución No. 1265 del 25 de octubre de 1995, por la cual se realinderó el Parque Nacional Natural Gorgona y se declaró su zona amortiguadora”. Ministerio del Medio Ambiente. https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2014/05/KMBT_211_03390.pdf
- Resolución 1021 de 1995. “Por la cual se reserva y declara el Parque Nacional Natural Old Providence and Mc Bean Lagoon”. Ministerio del Medio Ambiente. https://www.ecofield.net/Legales/Colombia/Nacional/res1021-95_minamb.htm
- Resolución 1265 de 1995. “Por la cual se realindera el Parque Nacional Natural Gorgona y se declara su Zona Amortiguadora”. Ministerio del Medio Ambiente. https://www.ecofield.net/Legales/Colombia/Nacional/res1265-95_minamb.htm#:~:text=Resoluci%C3%B3n%201265%20del%2025%20de,se%20declara%20su%20Zona%20Amortiguadora

- Resolución 1294 de 2021. “Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones”. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1294-de-2021-1.pdf>
- Resolución 249 de 2022. “Por la cual se adoptan los lineamientos para orientar el diseño, capacitación y puesta en marcha de los programas, planes y proyectos de reconversión y sustitución de las actividades agropecuarias en páramos delimitados y se adoptan otras disposiciones”. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=127109>
- Resolución 261 de 2018. “Por medio de la cual se define la frontera agrícola nacional y se adopta la metodología para la identificación general”. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000261%20de%202018.pdf>
- Resolución 886 de 2018. “Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones”. Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=78188>
- Rodríguez Puertas, D., Luna Mancilla, L. T, Campo Quesada, J. M., Guerrero Díaz, G. F, Meneses Buitrago, D. H, Ramos Zambrano, H. S, & Rincón Manrique, L. F. (2021). Tipología de productores de uchuva en el departamento de Nariño, Colombia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(7). <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2766>
- Rodríguez, K., Martínez Camelo, F., & Herrera, C. (2021). *Hacia la reconversión productiva del cultivo de cebolla de rama en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., & Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos* (2.ª ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. http://catalogo.humboldt.org.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=3791&shelfbrowse_itemnumber=6430
- Rojas-Ramírez, D. A., Varela-Benavides, I., Guzmán-Hernández, T., & Martínez-Camelo, F. E. (2024). Reconversión agroecológica de páramos en Colombia: propuesta de herramienta para clasificar fincas. *Tecnología en Marcha*, 37(1), 27-39. <https://doi.org/10.18845/tm.v37i1.6510>

- Romero-Martínez, M., Shama-Levy, T., Vielma-Orozco, E., Heredia-Hernández, O., Mojica-Cuevas, J., Cuevas-Nasu, L. y Rivera-Dommarco, J. (2019). Encuesta nacional de salud y nutrición 2018-19: metodología y perspectivas. *Salud Pública de México*, 61(6), 917-923. <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/11095/11824>
- Registro Único Nacional de Áreas Protegidas [RUNAP]. (2024). “Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel.” <https://runap.parquesnacionales.gov.co/area-protegida/77>
- Sanabria Hurtado, C. A., Sanabria Totaitive, I. A., & Sánchez Cuervo, R. E. (2022). Evaluación de la sostenibilidad de cultivos de papa (páramo de Gámeza, Boyacá, sector Daita, Colombia). *Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1769>
- Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J., & León, O. (2013). *Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://repository.humboldt.org.co/bitstreams/899b975b-4997-4e33-84e8-fced4ec984c6/download>
- Sentencia T-361. (2017). Corte Constitucional. Alberto Rojas Ríos (MP). <https://justiciaambientalcolombia.org/resumen-sentencia-t-361-de-2017-sobre-delimitacion-del-paramo-de-santurban/>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia [SIAC]. (2024). “Páramos Delimitados junio 2020.” <https://siac-datosabiertos-mads.hub.arcgis.com/datasets/9631ed8c44274baa824e6277276de48f/about>
- Solarte, M., Narváez, G., Rivas, G., Bacca, A., Muñoz, D., Calderón, J., Torres, C., Figueroa, V., Rengifo, J., Martínez, P., Dávila, M., Cepeda, B., y Castillo, G. (2007). *Informe final: proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Tomo I. Introducción, descripción general, marco conceptual y metodológico*. Universidad de Nariño. <http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/tomo01introduccion.pdf>
- Unidad de Planificación y Producción Agropecuaria [UPRA]. (2022). *Resultado evaluaciones agropecuarias*. UPRA. https://upra.gov.co/en/Evas_Documentos/ResultadosEVA_2022.pdf

Capítulo II

La reconversión productiva: una alternativa para la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel en el municipio de La Cruz, Nariño

Introducción

La producción agropecuaria se constituye como la columna vertebral de la economía en las comunidades rurales, desarrollándose en agroecosistemas: sistemas complejos que demandan un análisis profundo. En la época de la Revolución Verde, los agroecosistemas fueron simplificados mediante la implementación de “paquetes tecnológicos” (Molina-Zapata, 2021), herramientas que, en la actualidad, se consideran riesgosas, ya que impiden la integración de diversos sistemas técnicos necesarios para alcanzar los objetivos del productor.

Actualmente, los sistemas agropecuarios convencionales contribuyen significativamente al 31 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI); además, están estrechamente relacionados con el desplazamiento de la frontera agrícola para el establecimiento de cultivos y ganadería, lo que genera problemas ambientales, como la eutrofización, la deforestación y la degradación de suelos, consecuencias directas de la masificación en la producción agropecuaria (Wezel et al., 2020).



Por otro lado, el cambio climático, los impactos de la modernización, los proyectos de desarrollo, la expansión de la industria y los procesos de globalización económica, derivados de la alta demanda de materias primas y del crecimiento poblacional proyectado —de 9.800 millones para el año 2050 (ONU, 2017)—, generan una creciente preocupación por la crisis ambiental, económica y social. Ante este panorama, actores sociales, políticos y académicos expresan una fuerte inquietud y proponen estrategias que impulsen la competitividad, la sostenibilidad agropecuaria y la calidad de vida en las familias rurales. Aunque muchas estrategias se basan en el aprovechamiento de servicios ecosistémicos, en ocasiones se observa que diferentes agroecosistemas ubicados en áreas protegidas limitan y perturban el buen funcionamiento de los nichos ecológicos (Fuglie et al., 2020). Por eso es crucial priorizar los recursos naturales y caracterizar los servicios derivados de estos, teniendo como guía el uso tradicional agropecuario, el conocimiento ancestral, la vocación del territorio y la biodiversidad.

Una estrategia destacada para abordar estos desafíos es la reconversión productiva. La Resolución 128 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) define la reconversión productiva agropecuaria (RPA) como una estrategia que gestiona los sistemas agropecuarios, integrando acciones para lograr el uso eficiente del suelo y el agua, e incrementar la sostenibilidad, la competitividad, y la mitigación y adaptación al cambio climático (MADR, 2017). Su objetivo principal es aumentar la productividad sostenible, agregar valor, diversificar y cambiar hacia cultivos más rentables. Para ello se requiere no solo un trabajo técnico basado en la gestión productiva y el contexto social, con la participación comunitaria, sino también políticas públicas que fortalezcan este proceso.



Foto: David Rodríguez Puertas

Enfoques de la reconversión productiva agropecuaria

La reconversión productiva puede tener distintas metas a alcanzar, debido a la diversidad de sistemas productivos y mecanismos de producción agropecuaria presentes en el país. Por este motivo, a continuación, se relacionan los enfoques de la reconversión productiva agropecuaria (figura 15) definidos por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), en trabajo conjunto con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), para la planificación e implementación de una estrategia de reconversión productiva agropecuaria (Flórez et al., 2021).



Figura 15. Enfoques de la reconversión productiva agropecuaria.
Fuente: Elaboración propia con base en Flórez et al. (2021)



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Transformación e innovación tecnológica

Este enfoque busca optimizar la eficiencia de los sistemas productivos agropecuarios a partir de la tecnificación y sofisticación de los procesos, con el propósito de incrementar la producción, reducir costos y aumentar la calidad final de los productos. Para lograr esta transformación se pueden adoptar las siguientes herramientas:

- Incorporación de tecnología.
- Incorporación o mejoramiento de la maquinaria y equipos.
- Mejoramiento de la gestión.
- Extensión agropecuaria especializada.



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

Agregación de valor

Consiste en especializar la producción con el objetivo de conquistar distintos nichos de mercado, mediante la incorporación de atributos que sean valorados por el consumidor de manera diferencial. La agregación de valor puede abarcar aspectos que mejoren la integración del circuito productivo en actividades de empaque, procesamiento, transformación, aprovechamiento de subproductos y comercialización, mediante herramientas como:

- Certificaciones.
- Marcas territoriales (denominación de origen).
- Vinculación a cadenas comerciales.



Foto: Juan Fernando López Rendón

Diversificación agropecuaria

Este enfoque tiene como propósito mitigar la vulnerabilidad económica de los productores rurales frente a fluctuaciones económicas, ambientales y sociales, mediante la integración de otras actividades productivas que complementen la actividad principal. De igual manera, la diversificación agropecuaria también contribuye a la conservación del suelo, el control de plagas y enfermedades, la gestión eficiente de las unidades productivas y la adaptación a la variabilidad climática. Esto se puede lograr a partir del establecimiento de:

- Cultivos de diferentes ciclos productivos.
- Actividades agrícolas o pecuarias complementarias.
- Policultivos.
- Producción agroecológica.
- Sistemas agroforestales y silvopastoriles.



Cambio de los sistemas productivos agropecuarios

Por lo general, los cambios en los sistemas productivos ocurren cuando hay conflictos en el uso del suelo dentro de la frontera agrícola o por condiciones del mercado que afectan la rentabilidad del negocio. Por esa razón, este enfoque tiene como propósito fomentar productos agropecuarios más rentables a partir de las ventajas comparativas de las zonas de producción, según las condiciones de aptitud de cada sistema productivo, con el fin de garantizar el uso eficiente y sostenible del suelo y de los recursos naturales. Para lograr este cambio se pueden implementar herramientas de:

- Evaluación de aptitud de tierras.
- Identificación de nuevas alternativas productivas agropecuarias.
- Planificación predial.



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Producción agropecuaria en áreas condicionadas de la frontera agrícola

Este enfoque busca atender la regulación especial que caracteriza a las áreas condicionadas de la frontera agrícola, donde la actividad agropecuaria puede estar permitida, restringida o prohibida, con el fin de intervenir las unidades productoras agropecuarias de acuerdo con los parámetros dispuestos en los instrumentos de planificación y en la zonificación del uso del suelo. De esta manera, se pretende fomentar actividades agropecuarias que satisfagan las necesidades básicas de la población y generen ingresos, siempre y cuando no pongan en riesgo la función principal del área condicionada. En este tipo de producción se pueden aplicar las siguientes herramientas:

- Prácticas de referencia de producción de bajo impacto.
- Modelos de producción agroecológica.
- Modelos de economía circular.
- Agricultura limpia, orgánica, ecológica, biológica o sintrópica.
- Herramientas de manejo del paisaje.
- Producción tradicional y artesanal certificada.



Foto: Juan Fernando López Rendón

Recuperación y rehabilitación de la capacidad productiva agropecuaria

Corresponde al conjunto de acciones encaminadas a la recuperación parcial o total del potencial y de la capacidad productiva de zonas tradicionalmente agropecuarias que presentan condiciones de degradación, con un especial énfasis en la rehabilitación ecológica y el mantenimiento del uso agropecuario del suelo. Para lograrlo, es necesario que los productores del área de estudio adopten una serie de herramientas encaminadas a minimizar los procesos de degradación, entre las cuales se encuentran:

- Incorporación de abonos verdes y coberturas vegetales.
- Modelos de agricultura sintrópica.
- Sistemas silvopastoriles.
- Recuperación de fuentes naturales de agua.
- Siembras directas y de conservación.
- Reducción de la escorrentía.
- Implementación de herramientas de manejo del paisaje.
- Rehabilitación ecológica.



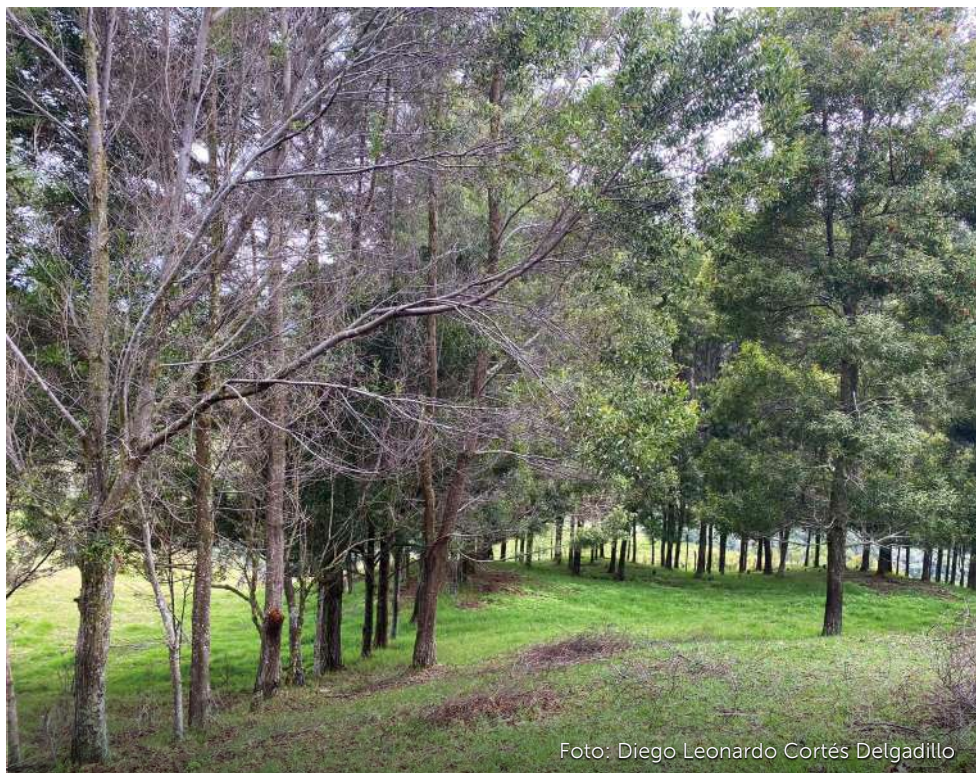


Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Escenarios para la implementación de estrategias de reconversión productiva agropecuaria

La RPA se dirige exclusivamente a tierras habilitadas para uso agropecuario, por lo que, de acuerdo con la Resolución 261 del MADR (2018), su implementación debe realizarse únicamente dentro de la frontera agrícola nacional. Por este motivo es necesario analizar la ubicación y las tecnologías de las unidades productivas, con el fin de establecer hojas de ruta diferenciadas según cada escenario (figura 16). Por otra parte, es importante señalar que no es viable la implementación de estrategias de RPA en unidades productivas que se encuentren fuera de la frontera agrícola o que tengan exclusiones legales (Flórez et al., 2021).

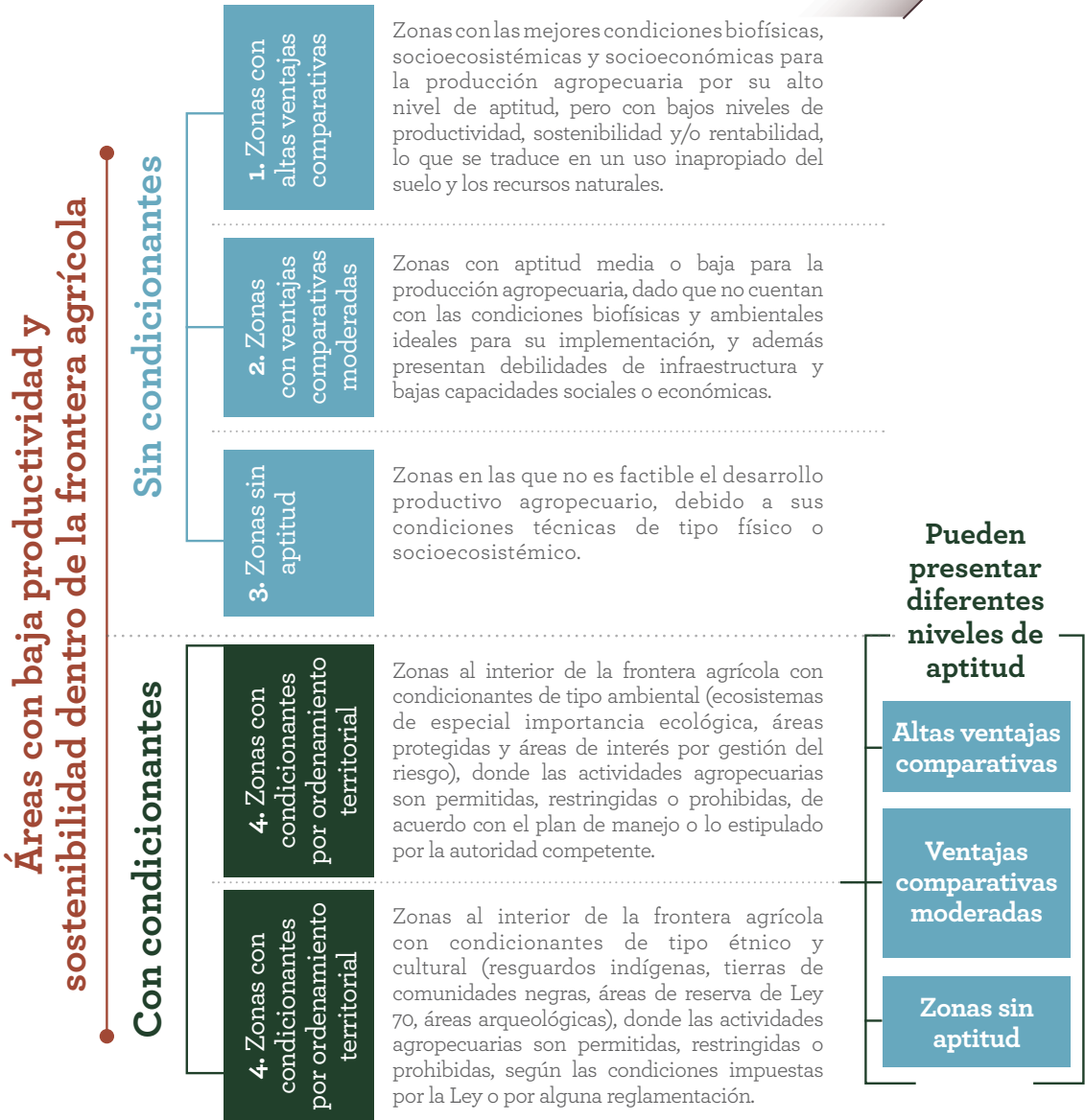


Figura 16. Escenarios de reconversión productiva agropecuaria.
Fuente: Elaboración propia con base en Flórez et al. (2021)

En el caso particular, la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, donde se implementarán las estrategias de reconversión productiva de este proyecto, corresponde al escenario 4: *zonas con condicionantes por ordenamiento territorial*. Este escenario hace referencia a las zonas en el interior de la frontera agrícola donde las actividades agrícolas son permitidas, restringidas o prohibidas. Cabe aclarar que la permisibilidad para el desarrollo de este tipo de actividades productivas está sujeta a la zonificación del plan de manejo o a la aquiescencia de la autoridad competente. De igual manera, este escenario se clasifica, según los determinantes de tipo ambiental, en a) áreas condicionadas por ecosistemas estratégicos y condiciones internacionales; b) áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP); c) reservas forestales de la Ley 2ª de 1959, y d) áreas condicionadas por gestión del riesgo (Flórez et al., 2021). Ahora bien, según el Plan de Manejo del PNNCVDJ-C en la zona de amortiguamiento donde se ejecutó el proyecto se recomienda potencializar las áreas agrícolas ubicadas en terrenos que permiten su desarrollo y, así mismo, explorar el fomento de la seguridad alimentaria, sin olvidar la promoción de la conservación de las zonas altas y de pendientes quebradas (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel [PNNCVDJ-C], 2008).

Herramientas para la transición hacia la reconversión productiva en áreas condicionadas de la frontera agrícola

En los escenarios de RPA pertenecientes a *zonas con condicionantes por ordenamiento territorial*, se debe aplicar, por lo general, el enfoque de *producción agropecuaria en áreas condicionadas de la frontera agrícola*. El objetivo de este enfoque consiste en promover actividades agropecuarias que satisfagan las necesidades básicas de los habitantes y generen ingresos, sin poner en riesgo la función principal del área condicionada. Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta una serie de herramientas para la transición hacia la reconversión productiva en áreas condicionadas de la frontera agrícola, con el fin de mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas productivos localizados en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, y mantener la funcionalidad del ecosistema y la prestación de sus servicios ecosistémicos.



Prácticas de referencia de producción de bajo impacto

De acuerdo con la Resolución 1294 (MADR & MADS, 2021), las actividades agropecuarias de bajo impacto en páramos son aquellas cuyos sistemas productivos buscan satisfacer las necesidades básicas de los habitantes y generar ingresos, sin poner en riesgo la funcionalidad del ecosistema ni la prestación de servicios ecosistémicos del paisaje en que se desarrollan. Estas actividades, fundamentadas en el trabajo familiar y comunitario, deberán favorecer la reciprocidad, la cooperación y solidaridad de las comunidades que las desarrollan, y constituir medios de vida ambiental, social y económicamente sostenibles (MADR & MADS, 2021). En la figura 17 se relacionan los lineamientos ambientales, establecidos en la Resolución 1294 (MADR & MADS, 2021), para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos.

Lineamientos para actividades de bajo impacto en páramos



Figura 17. Lineamientos para actividades de bajo impacto en páramos.
Fuente: Elaboración propia con base en la Resolución 1294 (MADR & MADS, 2021).

Dentro de las prácticas de producción de bajo impacto para zonas de amortiguamiento de áreas protegidas ubicadas en páramos, se destaca la restauración de suelos. Los suelos tienen la capacidad de almacenar tres veces más carbono que la cantidad almacenada en la vegetación terrestre y el doble de lo almacenado en la atmósfera, por lo que desempeñan un papel clave en la mitigación del cambio climático y en la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles. De la salud del suelo depende el sostenimiento de las plantas; la reserva de nutrientes, agua y microorganismos; fenómenos clave como la germinación de las semillas; el desarrollo del sistema de raíces, y la sostenibilidad de los cultivos (Pineda, 2020; Veni et al., 2020).

La pérdida y la reducción de la cobertura forestal en áreas con pendiente elevada y susceptibles a la degradación están ligadas a la pérdida de suelo y a la disminución de servicios ecosistémicos, lo cual es consecuencia de malas prácticas en las actividades humanas. En los sistemas agropecuarios se presentan varios tipos de degradación, como la física, la erosión hídrica, la erosión eólica, la degradación química por la declinación de la fertilidad, la salinización, la acidificación y la eutrofización. Por estos motivos, en la actualidad se están implementando prácticas para la restauración de suelos, las cuales persiguen los objetivos críticos de resiliencia al cambio climático y mejora en la productividad.

Dentro de las principales prácticas de conservación, mejoramiento y recuperación de la fertilidad y de las características físicas de los suelos se encuentran el uso de cobertura permanente del suelo, abonos verdes, rotación de cultivos y labranza de conservación. La **rotación de cultivos** hace referencia al conjunto de secuencias en las que se alternan diferentes cultivos en un área y en periodos específicos. Esto tiene como propósito obtener sistemas de producción diversificados que permitan mantener la fertilidad del suelo y mitigar los procesos de degradación causados por la erosión (Kolmans & Vásquez, 1999).

Los **abonos verdes** tienen como fin mejorar la fertilidad y la calidad del suelo mediante la incorporación de plantas cultivadas o material vegetal sin descomponer. Estos abonos tienen la capacidad de reciclar grandes cantidades de nutrientes en formas asimilables por otras especies (Caba-



Foto: Juan Fernando López Rendón

llero et al., 2011; FAO, 2000a). En cuanto a la **cobertura permanente del suelo**, es una práctica que consiste en mantener el área cultivable cubierta con material orgánico verde o seco, con el fin de proteger los suelos de la erosión causada por la influencia directa del sol, la lluvia y el viento. La combinación de abonos verdes con cobertura permanente en suelos que se encuentran en periodos prolongados de descanso resulta una estrategia eficaz para su protección y restauración (Caballero et al. 2011).

Por último, la **labranza mínima** consiste en intervenir lo menos posible el suelo al momento de cultivarlo, con el fin de no perturbar los procesos naturales que ocurren en él (FAO, 2000b; Herrera, 2008). Esta práctica puede implementarse de tres formas:

Labranza cero o siembra directa: implica realizar una perturbación mínima y localizada en el suelo para la siembra directa, aflojando un área estrecha y superficial, lo que permite el desarrollo del cultivo sin requerir preparación mecánica o la alteración del suelo desde el ciclo de cultivo anterior (FAO, 2000b, 2015).

Labranza mínima en surcos o continua: en este sistema se realiza la remoción exclusiva de surcos destinados al cultivo de entre 20 y 30 cm de ancho, dejando intacto el suelo entre ellos. La excavación de estos surcos se realiza a una profundidad de 15 a 30 cm, según el tipo de suelo y la clase de cultivo.

Labranza mínima puntual o sitio a sitio: esta técnica se centra en la preparación exclusiva del terreno alrededor de la zona de siembra. Para ello se debe realizar una remoción del suelo en forma circular entre 20 y 25 cm en torno a la postura. Este tipo de *labranza vertical* se enfoca en modificar el suelo en una franja estrecha a lo largo de la fila de plantas, con el fin de preservar la mayor parte de la superficie, sin alterarla (FHIA, 2004).

Modelos de producción agroecológica

La agroecología es una ciencia que ha cobrado importancia en el ámbito científico, agrícola y político. Este **modelo de producción de alimentos** busca promover la transformación de sistemas agroalimentarios mediante la aplicación de principios ecológicos en la agricultura y el uso regenerativo de los recursos naturales y de los servicios ecosistémicos. Con esto se promueve el establecimiento de sistemas agroalimentarios socialmente equitativos, que no solo se centran en la finca, sino que contemplan el conjunto de sistemas agropecuarios y alimentarios a mayor escala (figura 18). Para su implementación es necesaria la colaboración de múltiples actores, considerando los conocimientos locales y los aspectos culturales. De esta manera se fomenta el aprendizaje conjunto entre investigado-

res, profesionales y agricultores, y se promueve la transferencia horizontal de conocimientos entre agricultores y actores relacionados con la cadena agroalimentaria (High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition [HLPE], 2019).



Figura 18. Sistema agroalimentario con principios agroecológicos.
Foto: Camila Ortega

Según lo reportado por Gliessman (2007) y Wezel et al. (2020), se contemplan 13 principios agroecológicos para la transformación de sistemas agroalimentarios, los cuales se pueden observar con mayor grado de detalle en la tabla 2.

Tabla 2. Principios agroecológicos para la transformación de sistemas agroalimentarios

Principio agroecológico	Descripción
Reciclaje	Usar recursos renovables locales y fomentar el ciclaje de nutrientes a través del aprovechamiento de biomasa.
Reducción de entrada de insumos	Eliminar o, en su defecto, reducir la dependencia de insumos externos adquiridos en el mercado, y fomentar la autosuficiencia de los sistemas agroalimentarios.
Salud del suelo	Mejorar la salud y el funcionamiento del suelo, para optimizar el crecimiento de plantas y animales, mediante el manejo de la materia orgánica y el fomento de la actividad biológica del suelo.
Salud animal	Garantizar la salud y el bienestar animal.
Biodiversidad	Aumentar la diversidad de especies funcionales y recursos genéticos, manteniendo la diversidad en general de los agroecosistemas a través del tiempo en la escala finca y paisaje.
Sinergia	Mejorar la sinergia y complementariedad entre los elementos del agroecosistema: animales, cultivos, especies forestales, suelo y agua.
Diversificación económica	Diversificar las especies agrícolas y, de esta manera, diversificar los ingresos agrícolas, para promover una mayor independencia financiera por parte de los agricultores, incluyendo acciones de agregación de valor y respondiendo a la demanda de los consumidores.
Creación de conocimiento	Crear conjuntamente e intercambiar horizontalmente los conocimientos, de manera que se incluyan aspectos de la innovación local y científica, y se promueva el intercambio de saberes entre agricultores.
Valores sociales y dietas	Promover la creación de sistemas alimentarios basados en aspectos de identidad cultural, tradición y equidad de género y social en el territorio, proporcionando dietas saludables, diversificadas y apropiadas a las costumbres de consumo de las diferentes comunidades.
Justicia	Fomentar estrategias de vida dignas y estables para todos los actores involucrados en los sistemas agroalimentarios, especialmente los agricultores dedicados a la producción de alimentos a pequeña escala, con base en aspectos como comercio y empleo justo de los derechos y recursos, y respetando la propiedad intelectual.
Conectividad	Promover la cercanía y los vínculos de confianza entre productores y consumidores, mediante el fomento de redes de distribución cortas y justas, e integrando los sistemas alimentarios en la economía local.
Gobernanza de la tierra y de los recursos naturales	Fortalecer el apoyo institucional, incluyendo el reconocimiento y apoyo a la agricultura familiar, y a los pequeños agricultores y campesinos dedicados a la producción de alimentos, como actores claves en la sostenibilidad de los recursos naturales y en la conservación de la biodiversidad en los territorios.
Participación	Fomentar una mayor participación por parte de los productores y consumidores en la toma de decisiones, promoviendo la gobernanza descentralizada y la gestión adaptativa de los sistemas agroalimentarios locales.

Fuente: Gliessman (2007) y Wezel et al. (2020)

Considerando los anteriores aspectos, es importante resaltar la necesidad de una transición en el sistema agroalimentario, entendiendo esta transición como un proceso gradual y generalizado en términos políticos, socioculturales, económicos, ambientales, técnicos y de prácticas de manejo integrado del cultivo, con el fin de garantizar la producción de alimentos de una manera eficiente y sostenible, a través del uso de prácticas innovadoras que promueven alternativas al paradigma predominante. Para que esto sea posible, son necesarios muchos procesos de transición a lo largo de la cadena de valor de alimentos, de forma que se involucren actores como las empresas de producción de alimentos y los movimientos sociales, y dinámicas como el cambio cultural y de políticas a diferentes escalas (HLPE, 2019).

Modelos de economía circular

La economía circular es un modelo de producción y consumo que tiene como objetivo aprovechar todas las veces que sea posible los materiales y productos existentes, mediante acciones de reutilización, reparación y reciclaje. Este modelo permite extender el ciclo de vida de los productos, al reducir al mínimo la generación de residuos e incorporarlos nuevamente al sistema productivo en forma de recursos (De Miguel et al., 2021). La economía circular en el sector agrícola hace referencia al conjunto de actividades que pretenden asegurar la sostenibilidad económica, social y ambiental, mediante prácticas que buscan el uso efectivo de los recursos a lo largo de la cadena de valor, y garantizar la regeneración y biodiversidad de los agroecosistemas y ecosistemas circundantes (Velasco, et al., 2021). Para adoptar la economía circular en el sector agrícola es necesario considerar la eficiencia de los recursos como eje central tanto en la toma de decisiones como en las prácticas económicas. Para ello se requiere optimizar los procesos con el fin de reducir el uso de recursos y evitar desperdicios (Ruiz et al., 2019). La Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2015) propone tres principios relevantes de la economía circular.

El primero consiste en “eliminar los residuos y la contaminación”, para buscar la eficacia del sistema a partir de la reducción de externalidades. En ese sentido, se consideran las prácticas dirigidas a evitar la contaminación del suelo por el uso inadecuado insumos externos, tales como



Foto: Juan Fernando López Rendón

fertilizantes químicos, limitando su utilización y adoptando alternativas, como la sustitución por fertilizantes orgánicos o la implementación de mecanismos de control biológico. Así mismo, es importante velar por la conservación de los cuerpos hídricos, los cuales sufren con frecuencia algún grado de degradación a causa de la sobreexplotación agrícola.

El segundo principio consiste en “mantener los productos y materiales en uso”, con el propósito de maximizar la utilidad y el valor de los productos, coproductos y subproductos en todas las etapas de la cadena de suministro. Para ello es posible implementar estrategias como el aprovechamiento de los residuos provenientes de la biomasa agrícola y del procesamiento de alimentos como recursos renovables en la producción de bioenergía, en forma de biofertilizantes o alimento animal (EMF, 2019).

Por último, el principio de la “regeneración de sistemas naturales” tiene como fin preservar y mejorar la salud de los ecosistemas circundantes. La agricultura regenerativa incluye prácticas como la plantación de cultivos de cobertura, la rotación de cultivos, la reducción de labranza y los policultivos. Estas prácticas contribuyen a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), a mejorar la estructura y fertilidad del suelo, capturar carbono en el suelo y en el material vegetal, y a reducir el uso de insumos sintéticos (Morsetto, 2020).



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Uso de biomasa residual

El aprovechamiento de biomasa residual (BR) puede contribuir a reducir la huella ambiental de los sistemas productivos establecidos en las zonas de amortiguamiento de áreas protegidas ubicadas en páramos. De no realizar un adecuado manejo de ella, se pueden generar impactos negativos en los recursos suelo, agua y biodiversidad, así como en los servicios ecosistémicos de áreas aledañas a ecosistemas estratégicos (Castro-Garzón et al., 2020). Un ejemplo interesante es el aprovechamiento de residuos orgánicos de siembra, residuos de cocina o subproductos de procesos de transformación, como es el caso de cáscaras, semillas, bagazo, suero de quesería o lactosuero, entre otros. El aprovechamiento de los residuos puede realizarse a través de medidas de generación, separación en la fuente, recolección, transferencia, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final, que no comprometen la integridad del páramo (Conpes 3874, 2016). Estas prácticas ayudan a reducir la extracción de recursos naturales (materias primas y energía), promueven la adaptación al cambio climático, reducen la emisión de GEI y, además, contribuyen a la generación de empleos (Conpes 3934, 2018). De esta forma surgen alternativas innovadoras, como la elaboración de abonos orgánicos o la biodigestión anaerobia, entre otras estrategias que no atentan contra la Ley 1930 de 2018, ya que no se desarrollan actividades de alto impacto dentro de los páramos (Alvarado & Rangel, 2021).



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Agricultura limpia, orgánica, ecológica, biológica y sintrópica

Los agroecosistemas sostenibles juegan un papel importante en el desarrollo eficiente de los sistemas de producción, ya que permiten aprovechar al máximo los recursos disponibles, disminuyendo la cantidad de residuos que se acumulan y que deterioran los suelos, al igual que las emisiones contaminantes que diariamente afectan a la atmósfera. Este tipo de unidades productivas parten de características sociales y abarcan variedad de elementos, entre los que se encuentran la vivienda ecológica, el componente agrícola, el componente pecuario, la reutilización de residuos, la optimización de las fuentes energéticas alternativas y la transformación de productos agrícolas, de los cuales se puede obtener un rendimiento económico, social y ambiental, si se les da un manejo adecuado (Maldonado, 2018). Es bien sabido que la conservación del agua, la energía, los alimentos y la biodiversidad desempeña un papel clave en las transiciones sostenibles de los sistemas agroalimentarios. Esto implica mejorar la eficiencia ecológica en el uso y acceso a los recursos naturales, para reducir los impactos perjudiciales sobre el medio ambiente y mejorar el apoyo, la regulación y la prestación de servicios ecosistémicos culturales.

La agricultura limpia, la orgánica, la ecológica, la biológica y la sintrópica son consideradas estrategias de sostenibilidad desde el enfoque de producción en áreas condicionadas y corresponden a sistemas de producción que priorizan el respeto por el ambiente, la producción de alimentos y el beneficio social. A continuación, se presentan las definiciones reportadas por la literatura:

La **agricultura limpia** implica procesos de producción que buscan la prevención de la contaminación, la minimización de residuos y el uso eficiente de estos, para promover la generación de bienes y servicios de menor impacto ambiental y la disminución de riesgos para la salud humana. Este tipo de agricultura implica una propuesta de producción tecnológica, social, económica y ética (Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, 2022).

La **agricultura orgánica** considera que la salud de plantas y animales depende de la fertilidad del suelo, obtenida por el aprovechamiento de los residuos de la finca mediante compostaje; pretende un manejo integrado de la unidad productiva que no prioriza la sustitución de insumos, sino, más bien, el manejo de los factores comprendidos dentro del agroecosistema (Comunidad Andina de Naciones, 2011).

La **agricultura ecológica** se enfoca en la complejidad de los agroecosistemas y busca fortalecer los procesos ecológicos necesarios para incrementar la sustentabilidad. De igual forma, genera servicios ambientales, como la mejora de la calidad del suelo y del agua, la promoción de la biodiversidad, el aumento de la eficiencia energética y la captura de carbono (Guzmán & Morales, 2011).

La **agricultura biológica** prioriza la utilización de materia orgánica en procesos productivos, valorando no solo los recursos de origen animal o del predio, sino también aquellos provenientes de zonas urbanas; así mismo, promueve la incorporación de rocas molidas al suelo, debido a su capacidad para retener nutrientes y reducir el riesgo de lixiviación (Comunidad Andina de Naciones, 2011).

La **agricultura sintrópica** es un proceso de producción que contribuye a la agroecología debido a que integra la recuperación de ambientes forestales articuladamente con la producción de alimentos. La agricultura sintrópica ha sido promovida por Ernest Gotsch en el municipio de Paraí do Norte, estado de Bahía, Brasil, durante cuatro décadas. Estas prácticas pueden aplicarse en diferentes tipos de ecosistemas y formas de cultivo. La bibliografía recalca que, dependiendo de las dinámicas y las interacciones humanas y naturales, se pueden alcanzar beneficios como la recuperación de suelos, de cuerpos de agua y de biota. Estos beneficios son alcanzados mediante sistemas agroforestales, cultivo de especies nativas, desalinización de cuer-

pos de agua, podas controladas y recuperación de la fertilidad del suelo con materia orgánica (Gregio, 2020).

Así mismo, en esta área de estudio es posible adoptar otro tipo de estrategias de sostenibilidad desde el enfoque de producción. Tal es el caso de la **agricultura de precisión**, también conocida como agricultura satelital. Se trata de una metodología de manejo agrícola basada en ver, medir y responder a la variabilidad de los cultivos, tanto dentro de ellos como entre campos. La investigación en agricultura de precisión tiene como objetivo desarrollar un sistema de apoyo a las decisiones para la gestión de toda la finca que maximice el rendimiento de los insumos y al mismo tiempo conserve los recursos (Amadú, 2018). En otras palabras, la agricultura de precisión consiste en utilizar tecnologías para tomar decisiones de manejo de cultivos de manera individualizada, en función de las condiciones específicas de cada parcela. Esto permite a los agricultores mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola, así como obtener distintos beneficios, los cuales se mencionan en la figura 19.



Figura 19. Beneficios provistos por la agricultura de precisión.
Fuente: Elaboración propia

En las zonas de amortiguamiento de áreas protegidas ubicadas en páramos, las tecnologías utilizadas en la agricultura de precisión incluyen:

Sensores: estos dispositivos se utilizan para recopilar datos sobre el cultivo, el suelo y el clima.

Sistemas de posicionamiento global (GPS): estos sistemas se emplean para determinar la ubicación exacta de la maquinaria agrícola.

‘Software’ de análisis: se usan para procesar los datos recopilados por los sensores y generar recomendaciones de manejo.

Algunos ejemplos de aplicaciones de la agricultura de precisión incluyen:

Fertilización variable: con este método la cantidad de fertilizante que se aplica a un cultivo se ajusta a las necesidades específicas de cada parcela.

Riego localizado: busca que el agua se aplique solo en las zonas de la parcela que la necesitan.

Manejo de plagas y enfermedades: su objetivo es que los tratamientos se implementen solo en las áreas donde se ha detectado la presencia de plagas o enfermedades.

Es importante señalar que la agricultura de precisión es una tecnología prometedora que tiene el potencial de transformar el agro. A medida que la tecnología se vuelve más accesible y asequible, es probable que sea adoptada cada vez más por los agricultores de todo el mundo.

Implementación de herramientas de manejo del paisaje

Las herramientas de manejo del paisaje (HMP) pretenden dar respuesta a las condiciones de transformación del paisaje y a las oportunidades de conservación identificadas. Son acciones de conservación a nivel finca diseñadas para tener un impacto a nivel paisajístico. Su perdurabilidad y permanencia dependen de factores sociales, económicos, culturales, institucionales, políticos, entre otros, por lo que el éxito de su implementación radica en el mante-



nimiento de sus acciones en el tiempo, con el propósito de obtener impactos positivos para la biodiversidad a largo plazo (Ramírez-Camelo, 2013).

Entre las múltiples funciones que cumplen las HMP, se encuentra que disminuyen la presión de los parches de bosque, contribuyen a la protección de los hábitats y a la regulación hídrica, y aumentan la conectividad de los elementos del paisaje. Las HMP se pueden clasificar en dos tipos, según su función:

HMP para la conservación: destinadas a la conservación de remanentes de ecosistemas naturales y al aumento del hábitat y de la conectividad. Entre estas herramientas se pueden encontrar las cercas vivas mixtas, los corredores biológicos, los árboles aislados, los viveros de especies nativas y el cerramiento de fragmentos de bosque.

HMP complementarias: buscan mejorar las buenas prácticas de las fincas agropecuarias mediante prácticas que incrementan su heterogeneidad, disminuyen la presión sobre los hábitats nativos y proveen ingresos adicionales a sus propietarios. Entre ellas se pueden encontrar los bancos de proteínas o los bosques dendroenergéticos. De igual manera, las cercas vivas y los sistemas silvopastoriles son herramientas simultáneas y complementarias de manejo de paisaje para la conservación (Lozano-Zambrano, 2009).

Una de las herramientas más implementadas en los agroecosistemas son los sistemas agroforestales (SAF): sistemas de producción agrícola que combinan árboles, arbustos, cultivos y ganado en la misma parcela de tierra. Según la literatura, en zonas de amortiguamiento de áreas protegidas ubicadas en páramos se han ejecutado trabajos con huertas alelopáticas (cilantro, perejil, lechuga, repollo, acelga, coliflor, zanahoria, ají, ajo, y hierbas aromáticas y medicinales —como menta, manzanilla, hierbabuena, ajeno, caléndula, ruda—), cercas vivas (acacia amarilla y sauco) y bancos forrajeros (acacia amarilla) (Cortez & Quiñónez, 2013). También se reportan sistemas agroforestales que integran especies frutales como *Hesperomeles goudotiana* (Killip) y *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm., de potencial para el suministro de alimento para avifauna, y especies leñosas, como *Sambucus nigra* L., *Alnus acuminata* Kunth y *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.), que también pueden aportar sombra, leña y forraje (Rodríguez et al., 2020). Los SAF son un mecanismo soste-



nible para producir alimentos, ya que protegen el suelo y el medio ambiente, al mismo tiempo que proporcionan una variedad de beneficios económicos y sociales, los cuales se relacionan en la figura 20 (FAO, 2022).



Figura 20. Beneficios provistos por los sistemas agroforestales.
Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2022)

A medida que el mundo busca formas de producir alimentos más sostenibles, los SAF se convierten en una opción cada vez más atractiva para los agricultores y los consumidores.

Producción tradicional y artesanal certificada

La producción tradicional y artesanal certificada consiste en la transformación de materias primas naturales básicas para la elaboración de objetos a través de procesos de producción no industrial, involucrando el uso de máquinas y herramientas simples (Bustos, 2009). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), la importancia de la producción artesanal radica en que las competencias y conocimientos de las comunidades deben ser preservados en el tiempo para que este tipo de producción —que se caracteriza por brindar una mayor relevancia a la individualidad del producto frente a la producción en serie, en pro de la calidad, mas no de la cantidad— no desaparezca. También se distingue por adoptar procesos en los que predominan el trabajo manual, los materiales locales y los circuitos cortos de comercialización (Rayado, 2003).



Foto: Lina Marcela Ríos Peña



La producción artesanal en áreas protegidas y en su zona de influencia es común en la economía campesina, en la que, por lo general, se utilizan materias primas de la zona sin perjudicar el ecosistema. Resulta factible potenciar y generar mercado a partir de esta actividad, siempre y cuando se implemente de manera responsable con el entorno. De acuerdo con la Ley 1955 (2019), las autoridades ambientales pueden establecer acuerdos con comunidades campesinas en condición de vulnerabilidad que residan, ocupen o realicen prácticas tradicionales relacionadas con la economía campesina en áreas protegidas del SINAP y que dependan de estas prácticas para su sustento. Estos acuerdos deben ser reconocidos por las entidades involucradas como una relación del modelo de **producción artesanal y tradicional** con el área protegida. Esto con el propósito principal de generar alternativas de uso compatibles con los objetivos de conservación del área, establecer regulaciones para las actividades vinculadas a la economía campesina, mejorar el estado de conservación del área, definir actividades productivas acordes con la conservación de esta y con las condiciones de vida de la población, y garantizar los derechos fundamentales de las comunidades.

Agregación de valor

En el ámbito de la reconversión productiva, la agregación de valor puede contribuir a mejorar la productividad, la sostenibilidad y la competitividad de los sistemas productivos. Así mismo, la agregación de valor responde a las demandas de los consumidores y facilita el acceso a diversos mercados. A continuación, se presentan algunas estrategias para alcanzar la agregación de valor.

Turismo ecológico: existen herramientas que ayudan a los gestores de destinos turísticos a desarrollar y gestionar actividades de turismo ecológico de manera sostenible. Dichas herramientas pueden ser de diversa índole, desde instrumentos de planificación y gestión hasta estrategias de *marketing* y comunicación. Estas constituyen el punto de partida para la gestión adecuada del turismo de naturaleza y el fortalecimiento de procesos. En la figura 21 se presentan las herramientas implementadas para la gestión del turismo de naturaleza.



Figura 21. Herramientas para la gestión del turismo de naturaleza.

Fuente: Elaboración propia con base en MADS (2022)

Agroturismo: es una tipología turística en la que se establecen lazos más fuertes con la actividad agrícola. Por medio de ella se desarrollan actividades relacionadas con la agricultura en fincas u otras explotaciones agrícolas con fines de entretenimiento y educación (Gil et al., 2013). El agroturismo aprovecha el patrimonio agropecuario y agroindustrial para ofrecer visitas atractivas a turistas que buscan el contacto directo con actividades dedicadas a cultivos o producción animal, ofreciendo de igual manera servicios de alojamiento, alimentación y venta de productos locales (Rodríguez & Sánchez-Martín, 2022). Esta oferta permite el contacto directo con los agricultores y su actividad, y ofrece la oportunidad de participar directamente u observar los procesos, las tradiciones locales y el estilo de vida rural (Barbieri & Mahoney, 2009). Así, el agroturismo proporciona experiencias de aprendizaje y contacto con la realidad de los contextos sociales y ambientales de las fincas productoras.

Agroecoturismo: esta tipología turística surge de los conceptos de agroturismo y ecoturismo. Es una actividad que promueve la protección y conservación de la naturaleza y el aprendizaje sobre el entorno natural. Además, busca valorizar las relaciones de aprendizaje y disfrutar valores naturales, culturales y socioproduktivos, mientras que promueve la participación en actividades agrarias basadas en los principios de la defensa de la biodiversidad (Ramírez, 2015). A diferencia del agroturismo, el agroecoturismo ofrece productos más ecológicos, y brinda experiencias agrícolas sostenibles y vivencias gastronómicas saludables. Posee un fuerte compromiso con la naturaleza y los productos locales, pues valora la biodiversidad y la agricultura, y promueve el contacto con las tradiciones de las comunidades. Por ello es la tipología turística que más se relaciona con la agroecología, dado que combina el sistema productivo con las dinámicas del medio ambiente (Rodríguez & Sánchez-Martín, 2022).

Bioeconomía: desde una perspectiva de generación de valor, la bioeconomía se destaca por presentar formas de producción y consumo a partir de recursos biológicos como plantas, animales, microorganismos y desechos orgánicos, con el fin de generar bienes y servicios cuyo valor agregado radica en reemplazar o reducir el uso de recursos fósiles o la sobreexplotación de recursos. El objetivo de la bioeconomía es promover la innovación, el crecimiento económico, la creación de empleo, la seguridad alimentaria, la salud, y la mitigación y adaptación al cambio climá-

tico, todo ello articuladamente con la protección de la biodiversidad y de los ecosistemas estratégicos, como los del CPDJ.

La consecución de los objetivos de la bioeconomía parte de la articulación con el conocimiento y las tecnologías que permiten entender, imitar y transformar los procesos biológicos. Para ello es importante tener en cuenta los siguientes enfoques prioritarios: prácticas de agricultura sostenible, biodiversidad, economía circular y bioinsumos. La importancia de la bioeconomía es resaltada por la Agenda de Desarrollo 2030 y por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Rodríguez, 2017).

A nivel nacional, Colombia posee gran potencial en bioeconomía, teniendo en cuenta el patrimonio natural (numerosas materias primas y recursos biológicos). Es así como el Gobierno ha impulsado diversas políticas para su fortalecimiento, como lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. Para incentivar la bioeconomía, es importante recalcar la necesidad de contar con una institucionalidad y un marco normativo robustos, para facilitar la articulación de actores públicos y privados, la inversión en ciencia, tecnología e innovación (CTeI), y la participación ciudadana (AGROSAVIA, 2022).

Energías renovables: las energías renovables pueden definirse como energías limpias que se obtienen de procesos naturales; reducen la contaminación ambiental debido a que disminuyen la utilización de subproductos derivados del petróleo, y no emiten GEI a la atmósfera (Kou et al., 2021). Entre los principales tipos de energías limpias se encuentran la solar, la geotérmica, la eólica, la hidroeléctrica, la bioenergía y la energía marina (Bhattacharya et al., 2016). La implementación de energías renovables contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental de los sistemas productivos, al recudir la dependencia de fuentes de energía no renovables. Dentro de las fuentes de energía alternativa más comunes en el sector agrícola se encuentran:

- » *Energía solar:* los paneles solares pueden ser utilizados para alimentar sistemas de riego, iluminación, equipos, entre otros. De igual manera, los calentadores solares de agua pueden utilizarse en labores de limpie-

za y desinfección de instalaciones y equipos. Por su parte, los secadores solares son útiles en procesos de deshidratación de materias primas.

- » *Energía eólica*: los aerogeneradores permiten utilizar la acción del viento para la generación de electricidad.
- » *Energía a partir de biomasa*: los residuos agrícolas pueden utilizarse para la producción de biogás, calor y electricidad (Gonzáles & Mastrangelo, 2005, citado por Mera et al. 2017).

Poscosecha: en lo referente a reconversión productiva, la poscosecha es una alternativa de generación de valor debido a las mejoras en la calidad y vida útil de productos agroalimentarios. Esta estrategia reduce **pérdidas poscosecha**, diversifica productos alimentarios y no alimentarios, y dinamiza los sectores económico, social y productivo (Sánchez et al., 2017). La adopción de tecnologías poscosecha resulta urgente para mitigar las cuantiosas pérdidas del sector agropecuario nacional, estimadas en 4,92 millones de toneladas —o 44 % del total de la producción— (Beleño, 2018).

Según estudios previos, y tal como se menciona en el capítulo I, la región de influencia del PNNCVDJ-C se caracteriza por una economía basada en agricultura y ganadería, en la que se destacan alimentos como achira, fresa, mora, uchuva, tomate de árbol, plantas aromáticas, cebolla larga, papa, arveja, leche, quinua, entre otros (MAVDT & PNNCVDJ-C, 2008). La poscosecha de estos productos no debe comprometer la sostenibilidad del páramo, con el fin de respetar lo establecido en la Ley 1930 de 2018. Así mismo, se deben ejecutar prácticas como limpieza, desinfección, lavado, clasificación, empaque y almacenamiento, que no comprometan la integridad del ecosistema estratégico. Se necesita, de igual manera, control de temperatura y humedad relativa, uso moderado de empaques y aplicación de operaciones como secado y reducción de tamaño, entre otras (IICA, 2016).

La figura 22 presenta detalles generales de la poscosecha de productos alimentarios. Inicialmente, durante la recolección, se debe garantizar una manipulación mínima de la materia prima, para evitar daños, cortes o golpes. Preferiblemente se debe realizar en la mañana o cuando la temperatura sea muy baja.

Además, se debe tratar de emplear elementos desinfectados con cloro. En el momento de la recolección, no se debe exceder la capacidad de las canastas o sacos para evitar abultamientos, compresiones o golpes innecesarios.

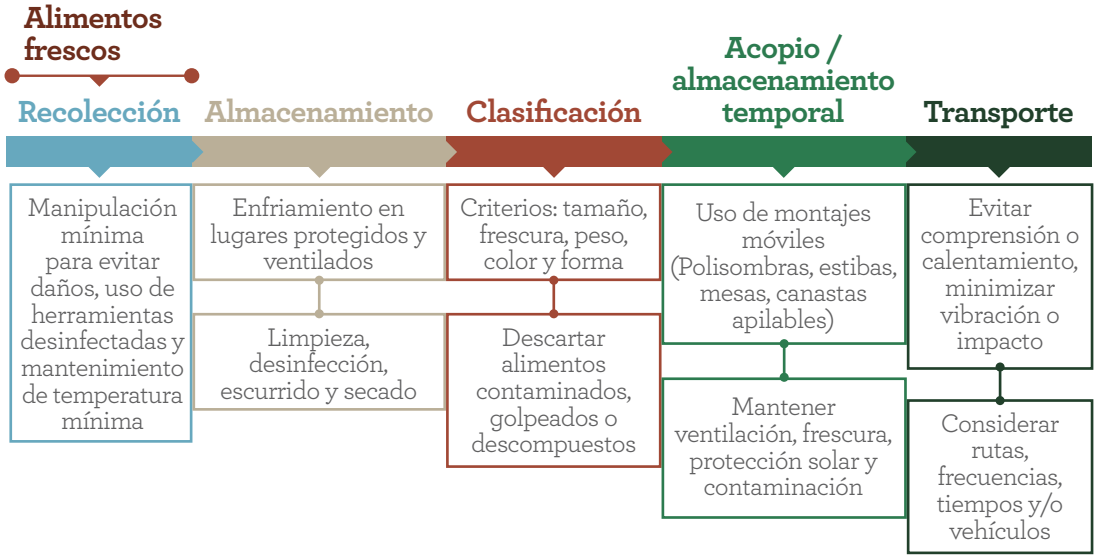


Figura 22. Etapas generales de poscosecha de productos agroalimentarios.
Fuente: Elaboración propia con base en García y García (2001), Rivera (2015), IICA (2016), Muñoz (2019) y Sandoval et al. (2020)

En almacenamiento se sugiere emplear hidrogenfriado (García & García, 2001), además de limpieza y desinfección. Esta operación puede realizarse en sitios cómodos y ventilados, aislados de radiación solar y fuentes de contaminación, empleando cepillos que eliminan el exceso de tierra u otros residuos. Puede usarse hipoclorito de sodio diluido en agua potable (50 ppm para frutas y 100 ppm para hortalizas y otros vegetales) para eliminar la carga microbiana, con enjuague y escurrido total (Sandoval et al., 2020). Las papas y las inflorescencias como el brócoli y la coliflor no se deben lavar hasta su consumo o preparación definitiva (Rivera, 2015). Es sumamente importante clasificar los alimentos según criterios del mercado, como frescura, tamaño, peso, color, forma o grado de madurez, descartando productos contaminados, golpeados, descompuestos, con manchas en vainas o capachos (Muñoz, 2019).

El acopio o almacenamiento temporal puede realizarse en montajes móviles de acopio, con el empleo de polisombras, estibas, mesas y extractores de humedad que permitan eliminar la humedad residual del alimento tras la cosecha. Se sugiere emplear canastas plásticas apilables que faciliten la organización del alimento producido. También pueden emplearse sacos, bultos o empaques perforados.

En el transporte y distribución se deben evitar fenómenos como compresión, vibración o impacto. Las canastas, bultos, bolsas o atados deben garantizar la aireación del alimento durante el transporte. Así mismo, se deben considerar rutas empleadas, frecuencia, tiempos de viaje, vehículos y condiciones de destino.

Además de las estrategias para agregar valor y las prácticas de bajo impacto, el pago por servicios ambientales (PSA) emerge como otra herramienta crucial en el panorama de la sostenibilidad agrícola en áreas condicionadas. Esta estrategia requiere de criterios claros y medibles, con pagos directamente vinculados a la entrega de servicios ambientales específicos. En Colombia, las políticas de PSA representan un avance significativo hacia la sostenibilidad agrícola; no solo están alineadas con la preservación del diverso ecosistema colombiano, sino que también proporcionan un modelo económico viable para los agricultores. Estas políticas son esenciales para abordar los desafíos climáticos tanto presentes como futuros (figura 23). El término *pago* siempre hace referencia a una actividad relacionada con un mercado en el que una parte retribuye a la otra con una cierta cantidad en dinero o en especie por la adquisición de bienes y servicios. Los PSA tienen un significado más amplio, dado que estos instrumentos también han integrado en su diseño otros objetivos, adicionales a los ambientales, como la mitigación de la pobreza y el desarrollo rural (Lewison et al., 2017). Por ejemplo, comunidades locales y agricultores son proveídos con incentivos económicos o no económicos por sus actividades de conservación que ayudan a la protección del suelo, la protección de cuencas, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad, entre otros procesos.





Figura 23. Principales tipos de pago por servicios ambientales.
Fuente: Elaboración propia



Foto: Juan Fernando López Rendón

En la actualidad, los PSA están reglamentados en Colombia por el Decreto 870 (2017) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. A diferencia de otros países con programas centralizados, como México (Izquierdo-Tort et al., 2019), la reglamentación en Colombia favorece una implementación descentralizada de los PSA. Por tal razón estos esquemas tienen, a nivel territorial, una participación importante de las autoridades ambientales regionales (p. ej., corporaciones autónomas regionales [CAR]), las alcaldías municipales, las empresas de servicios públicos y las organizaciones no gubernamentales (ONG) de carácter ambiental. Para 2030 se proyecta que Colombia tenga un millón de hectáreas del territorio nacional cobijadas por PSA.

Paso a paso para la implementación de la reconversión productiva

Los sistemas agropecuarios están influenciados por diversos factores externos, los cuales generan cambios repentinos en los sistemas tradicionales. Por ende, la implementación de modelos de reconversión productiva requiere de procesos integrales que tengan en cuenta los conocimientos locales y pongan de manifiesto las características de su capital humano, recursos naturales, potencial agropecuario y agroindustrial. De esta manera es posible decidir sobre su rediseño y su manejo, y entender cuáles son las herramientas más eficaces y eficientes de aplicar, con el mínimo recurso, en el territorio, asegurando la adopción del proceso planteado y verificándolo a través de un monitoreo participativo periódico. En la figura 24 se muestran los pasos que se deben implementar para un proceso de reconversión productiva exitoso, en el cual lo participativo tiene un carácter transversal.



Figura 24. Paso a paso para la implementación de un proceso de reconversión productiva.

Fuente: Elaboración propia con base en Flórez et al. (2021)

La reconversión productiva resulta ser un proceso de carácter participativo, de naturaleza compleja y desafiante, en áreas vulnerables, como es el caso de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, en el municipio de La Cruz. Pero también es una gran oportunidad para crear, de forma colectiva, un futuro más sostenible para el medio ambiente y para las comunidades locales. A nivel agropecuario, la reconversión productiva es un proceso sistémico cuyos resultados, en su mayoría, emergen a largo plazo y cubren una amplia gama de prácticas, métodos, técnicas y servicios diferentes que contribuyen a lograr los objetivos de sostenibilidad, incluidos la reducción de las emisiones de GEI, el aumento de la resiliencia al cambio climático y el aumento de la productividad agropecuaria.

El estímulo a la reconversión productiva de los sistemas agropecuarios en áreas de influencia de ecosistemas estratégicos para el desarrollo sostenible está intrínsecamente ligado a la amplitud de las acciones emprendidas por y para la sociedad. Así mismo, depende de factores determinantes en la gobernanza de acuerdos locales y globales, así como de las restricciones éticas y estéticas impuestas al sistema por la sociedad. Este enfoque conlleva un costo adicional de sustentabilidad que varía en función de los objetivos y metas establecidos, así como de las restricciones y capacidades de carga y descarga de los sistemas.

Casos exitosos liderados por AGROSAVIA

Desde hace más de 30 años, AGROSAVIA (antes Corpoica) ha desarrollado proyectos e iniciativas con miras a fortalecer las capacidades de los actores locales, con el fin de validar y difundir prácticas de manejo sostenible de los agroecosistemas. En este sentido, se han llevado a cabo diferentes convenios con entidades de índole local, regional, nacional y global.

Uno de estos convenios que representa un caso de éxito es la cooperación técnico-científica entre AGROSAVIA, la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y las localidades rurales del Distrito, a través de acuerdos como el 025 de 2003, sobre “apoyo técnico en la producción agropecuaria sostenible en las zonas rurales del D. C.”, y el 009 de 2005, que buscó “apoyar

procesos y eventos de construcción de política rural y de desarrollo rural para Bogotá D. C.". En la localidad de Sumapaz, se implementó un proceso de ordenación ambiental del territorio (OAT) con participación social, que reconcilia la conservación con la producción agropecuaria y el desarrollo social. En las zonas con "conflicto de uso", donde se requieren cambios de cultivos o de actividades debido a su carácter de conservación, pero donde las condiciones sociales y económicas dificultan estos cambios, se lograron acuerdos de producción que respetan la estructura ecológica de sus respectivas regiones.

La participación de la comunidad generó formas alternativas de valoración del entorno, y se redefinieron las actitudes y percepciones ambientales de los habitantes. Esto promovió el manejo sostenible de los sistemas productivos locales, la restauración y protección de los recursos naturales en áreas de bosques altoandinos y páramos, y la ordenación y planificación del territorio a largo plazo. Estos esfuerzos también mitigaron los impactos de las formas de uso convencionales y propiciaron la transición hacia una agricultura de reconversión o de bajo impacto (Carvajal et al., 2009).

Así mismo, se resalta que en el marco de estos convenios AGROSAVIA apoyó el desarrollo del modelo de asistencia técnica agroambiental en el Distrito y realizó el acompañamiento en la formulación e implementación de la Política Pública Distrital de Ruralidad (PPR) de Bogotá (adoptada por el Decreto 327 [2007]). La construcción colectiva de la PPR implicó un ejercicio democrático y colaborativo desde la planificación, pasando por la definición de programas y proyectos, y la retroalimentación con las comunidades, hasta el desarrollo de la política. Este fue un proceso continuo y netamente participativo entre entidades públicas, campesinos y otros actores sociales que buscó fortalecer los procesos de autogestión de las organizaciones rurales en diferentes localidades de Bogotá.

Otro proyecto en el que AGROSAVIA ha trabajado para contribuir con la sostenibilidad de los sistemas productivos agropecuarios es el de "Asistencia agroambiental rural en la localidad de Ciudad Bolívar, articulada a la generación de proyectos temáticos integrales - PTI". Este trabajo, desarrollado mediante el convenio de cooperación técnico-científica

n.º 019-02-06, entre el Fondo de Desarrollo Local de Ciudad Bolívar, la SDA y Corpoica, tuvo como eje principal promover la articulación del proceso social a partir de iniciativas concertadas con la comunidad, con miras al ordenamiento productivo en el territorio, principalmente en torno a los sistemas productivos de arveja, producción de leche y gallinas ponedoras. El proyecto abordó integralmente temas técnicos, sociales, ambientales y productivos, como el ordenamiento ambiental predial (OPA), la asistencia técnica agropecuaria, el establecimiento de corredores biológicos, la conformación de una red de promotores agroambientales y el fortalecimiento organizativo y empresarial de los productores agropecuarios.

Otro proyecto temático integral (PTI) es el de “Conservación de ecosistemas estratégicos de la zona rural de Chapinero (vereda Verjón Bajo) mediante la difusión de técnicas alternativas de manejo de territorio”, con el que se ejecutaron trabajos en torno a conservación y recuperación de recursos naturales (aire, agua y biodiversidad) y a sistemas de producción sostenibles de pastoreo voluntario con gallinas ponedoras. También se impulsaron la producción y conservación de forraje para alimentación bovina en zonas de amortiguamiento de áreas protegidas ubicadas en páramo, e iniciativas de agricultura urbana y periurbana como aporte a la seguridad alimentaria y nutricional. Además, el trabajo recalcó la importancia de la asistencia técnica agropecuaria en la mitigación de impactos ambientales y en la producción sostenible (Forero et al., 2012).

En lo relacionado con la reconversión productiva, AGROSAVIA ha guiado casos de éxito, como el de la cuenca del lago de Tota (Boyacá). Teniendo en cuenta los conflictos socioambientales de la región, se promovieron estrategias para un cambio progresivo de los sistemas productivos, los cuales han ejercido presión sobre el recurso hídrico, la biodiversidad y el paisaje. De esta forma, se consolidó, articuladamente con la comunidad, un sistema participativo de garantías, a partir de la confianza, las redes sociales y el intercambio de conocimiento. Se implementaron tres ejes: a) sellos de garantías: amarillo, verde y azul, que definieron el compromiso de los productores con la adopción de prácticas sostenibles y el cuidado del ecosistema; b) monitoreo agroclimático participativo, y c) fortalecimiento de capacidades. Así mismo, se fomentó el cultivo de la variedad de cebolla Corpoica Aquitania 1, la cual reporta





Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

mayor resistencia a enfermedades, mayor número de tallos e inflorescencias, menor número de días para cosechar y menor uso de agroquímicos. Es así como se contribuyó al cambio progresivo hacia una reducción en el uso de agroquímicos, junto con un incremento de productividad y el mejoramiento de la calidad del suelo y el agua. El proyecto evidenció la necesidad de incursionar en la generación de valor para los alimentos producidos en la región mediante transformación agroindustrial, con el fin de diversificar el mercado y fortalecer la economía del productor (AGROSAVIA, 2022).

La reconversión productiva implica transformaciones progresivas en los modelos de producción que incidan en los recursos y las dinámicas de los ecosistemas, de la mano de actores regionales, organizaciones e instituciones (Rodríguez et al., 2021). Las iniciativas ejecutadas por AGROSAVIA abordan la reconversión productiva al promover: a) la implementación de tecnologías y prácticas alineadas con el enfoque estratégico de agricultura climáticamente inteligente (productividad, mitigación y adaptación); b) la participación del productor en el diseño e implementación de estrategias, mediante el enfoque estratégico de inclusión social en el desarrollo tecnológico, y c) la búsqueda de la seguridad alimentaria y nutricional.

Se debe anotar que los productos de AGROSAVIA —bioproductos; maquinaria, equipos, instrumentos y herramientas; material reproductivo; recomendaciones, protocolos y metodologías; servicios de laboratorio; servicios tecnológicos y sistemas de información— se consolidan como ofertas tecnológicas, según las redes de innovación de cacao; cultivos permanentes; cultivos transitorios y agroindustriales; frutales; hortalizas y plantas aromáticas, y raíces y tubérculos.





Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Con respecto a la generación de valor, a continuación se destacan proyectos en ejecución que pueden ser replicables en la región del CPDJ:

Achira: adelantos en agricultura familiar en Cundinamarca, específicamente equipos de lavado de rizoma, rayado y tamizado; bateas de lavado de almidón; invernadero para secado con ventilación forzada, y estructura de secado. Los adelantos de la corporación se enfocan en la inocuidad del producto final, así como en evitar el desperdicio de agua. El Centro de Investigación Tibaitatá ha liderado estudios de interés en Cundinamarca, Huila y algunas regiones de Nariño.

Quinua: tecnología poscosecha validada con productores de Cauca para mejorar procesos de secado, trillado de panoja y secado de grano de quinua, para minimizar pérdidas y mejorar la calidad del producto final, en el C. I. Palmira.

Frutales: intervenciones en la adecuación, selección y transporte de mora, fresa y uchuva, entre otros frutos, para minimizar daños en el transporte de materia prima y, por ende, disminuir pérdidas poscosecha. Trabajo adelantado por el C. I. Tibaitatá en proyectos como el Corredor Tecnológico de Cundinamarca. También se resalta el trabajo del C. I. La Selva en la obtención de pulpa de frutas (mora, uchuva y gulupa).

Hortalizas: mejoras en manejo poscosecha en lo relativo a empaque y manipulación de hortalizas frescas para disminuir daños después de la cosecha. Se destaca el trabajo adelantado por el C. I. La Selva en la transformación de brócoli y zanahoria. Igualmente, el C. I. Tibaitatá ha valida-

do una oferta tecnológica (OT) en torno al aprovechamiento de residuos poscosecha de hortalizas (tomate) para la obtención de lombricompost, lo que representa una oportunidad de adopción en la región de estudio.

Plantas aromáticas: se han ejecutado iniciativas replicables para la deshidratación de plantas aromáticas mediante secado solar o secado mecánico, con miras a la obtención de tisanas con valor agregado, en el C. I. La Selva.

Papa: el C. I. Obonuco, junto con la Universidad de Nariño, consolidó algunas tecnologías para generar valor, como precocción, fritura, congelación, obtención de almidón y de harina para panificación, entre otras. Así mismo, se realizó una investigación sobre el sistema de wachado, la cual muestra que, después de 30 años de cultivo de papa bajo este sistema, los indicadores físicos evidenciaron que el mínimo laboreo y la rotación papa/pastos redujeron la degradación del suelo y regularon su condición hídrica (Volverás-Mambuscay et al., 2021).

Existen otras experiencias interesantes por mencionar que no están relacionadas precisamente con reconversión productiva, pero que hacen parte de la transición productiva de los sistemas agropecuarios. Entre estas experiencias se encuentran proyectos de agricultura campesina, familiar y comunitaria; jóvenes rurales, y evaluación de microorganismos bioestimulantes, entre otras.



Referencias

- Alvarado Dávila, T. L., & Rangel Zambrano, S. A. (2021). Review of sustainable strategies for the use of organic waste in organizations. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(2), 76-94. <https://doi.org/10.23850/24220582.3141>
- Amadú, F. O. (2018). *Three essays on the adoption, impact, and pathways of climate-smart agriculture: an ex-post impact evaluation of a natural resource management intervention in Southern Malawi* [Tesis doctoral, University of Illinois at Urbana-Champaign]. <http://hdl.handle.net/2142/101559>
- Barbieri, C., & Mahoney, E. (2009). Why is diversification an attractive farm adjustment strategy? Insights from Texas farmers and ranchers. *Journal of Rural Studies*, 25(1), 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.06.001>
- Beleño, I. (2018). *En el sector agrícola se pierden 6 millones de toneladas de alimentos al año*. Agronegocios. [https://www.agronegocios.co/agricultura/en-el-sector-agricola-se-pierden-6-millones-de-toneladas-de-alimentos-al-ano-2706145#:~:text=El%20mayor%20porcentaje%20de%20p%C3%A9rdida,almacenamiento%20\(3%2C5%25\)](https://www.agronegocios.co/agricultura/en-el-sector-agricola-se-pierden-6-millones-de-toneladas-de-alimentos-al-ano-2706145#:~:text=El%20mayor%20porcentaje%20de%20p%C3%A9rdida,almacenamiento%20(3%2C5%25))
- Bhattacharya, M., Reddy, S., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733-741. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.104>
- Bustos Flórez, C. (2009). La producción artesanal. *Visión Gerencial*, (1), 37-52. https://www.researchgate.net/publication/47871631_La_produccion_artesanal
- Caballero, N., García, E., Chaveco, O., Permuy, N., Bruzón, Y., & Serrano, A. (2011). Claves para transformar fincas convencionales en agroecológicas diversificadas. En H. Ríos Larada, D. Vargas Blandino, F. Funes-Monzote (Comps.), *Innovación agroecológica, mitigación y adaptación al cambio climático* (pp. 197-204). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Adaptacion%20al%20cambio%20climatico/Innovacion%20Agroecologica.pdf>
- Carvajal Rojas, G. H., García Gómez, G. O., Martínez, O. I., & Narváez Lozano, D. (2009). La experiencia de Corpoica en los procesos participativos de la toma de decisiones de la Bogotá rural. *Innovación & Cambio Tecnológico*, 8(8), 14-25. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20006/75865_56199.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Castro-Garzón, H., Contreras, E. J., & Rodríguez, J. P. (2020). Análisis ambiental: impactos generados por los residuos agrícolas en el municipio de El Dorado (Meta, Colombia). *Revista Espacios*, 41(38), 5. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p05.pdf>
- Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. (2022). *Agricultura limpia para sistemas alimentarios resilientes: ¿qué sabemos de la agricultura limpia en Ecuador?* RIMISP. <https://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2022/08/Policy-Brief-Produccion-Limpia-ajustado-1.pdf>
- Comunidad Andina de Naciones. (2011). *Agricultura familiar agroecológica campesina en la Comunidad Andina: una opción para mejorar la seguridad alimentaria y conservar la biodiversidad*. Comunidad Andina. <https://www.bivica.org/files/agricultura-familiar.pdf>
- Conpes 3874 de 2016. “Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos”. Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>
- Conpes 3934 de 2018. “Política de crecimiento verde”. Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3934.pdf>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2022). *Reconversión productiva: estrategia de reconversión productiva en la cuenca del lago de Tota*. AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/37822>
- Cortez, C. & Quiñonez, F. (2013). *Priorización de alternativas agroforestales en el ecosistema de paramo de Paja Blanca* [Trabajo de grado, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto]. <http://sired.udenar.edu.co/2709/>
- De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5fceda72-3fed-4ace-bb87-5688547cf2f5/content>
- Decreto 327 de 2007. “Por el cual se adopta la Política Pública de Ruralidad del Distrito Capital”. Alcalde Mayor de Bogotá D. C. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=25933>
- Decreto 870 de 2017. “Por el cual se establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos a la conservación”. Presidente de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=84633#:~:text=El%20presente%20decreto%20tiene%20por,acciones%20de%20preservaci%C3%B3n%20y%20restauraci%C3%B3n>



- Ellen MacArthur Foundation [EMF]. (2015). *What is a circular economy?* EMF. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-thought>
- Ellen MacArthur Foundation [EMF]. (2019). *Completing the picture: how the circular economy tackles climate change*. EMF. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>
- Flórez Zambrano, A. N., Londoño Stipanovic, F. A., Gamboa Galeano, I.E., Guerrero Ruiz, G. A., Aguilar Corrales, D. A., Neva Díaz, N. J., Higuera Mejía, D. C., Reina Burgos, D. M., Molina Portuguese, A. L., Sandoval Sáenz, L. F., Uribe Martínez, A. R., & Cañón Cubides, P. J. (2021). *Bases conceptuales, metodológicas y lineamientos de la reconversión productiva agropecuaria*. UPRA.
- Forero Camacho, C.A., Abaunza González, C. A., Rojas Carvajal, G. H., Arce Barbosa, B. A., Sánchez Matta, L., Benavidez, J. C., & Leyva Valdez, G. (2012). *Conservación de los ecosistemas estratégicos (aportes para el ordenamiento ambiental) de la zona rural de chapinero (vereda Verjón Bajo) mediante la difusión de técnicas alternativas de manejo del territorio*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13071/Ver_Documento_13071.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fuglie, K., Gautam, M., Goyal, A., & Maloney, W. (2020). *Harvesting prosperity: technology and productivity growth in agriculture*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1393-1>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola [FHIA]. (2004). *Guía sobre prácticas de conservación de suelos*. FHIA. <https://openknowledge.fao.org/items/cc781276-2b51-404e-91e6-0521b6bed0b4>
- García, M. C., & García, H. R. (2001). *Manejo cosecha y poscosecha de mora, lulo y tomate de árbol*. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12834>
- Gil Arroyo, C., Barbieri, C., & Rozier Rich, S. (2013). Defining agrotourism: a comparative study of stakeholders' perceptions in Missouri and North Carolina. *Tourism Management*, 37, 39-47. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261517712002427>
- Gliessman S. R. (2007). *Agroecología: la ecología de los sistemas alimentarios sostenibles*. CRC Press.
- Gregio, J. V. (2020). Da degradação à floresta: a agricultura sintrópica de Ernst Götsch e sua aplicação nas Fazendas Olhos D' Água e Santa Teresinha, Pirai do Norte/BA. *Ambientes. Revista de Geografia e Ecologia Política*, 2(2), 106-106.



- Guzmán Casado, G., & Morales Hernández, J. (2011). Agroecología y agricultura ecológica: aportes y sinergias para incrementar la sustentabilidad agraria. *Agroecología*, 6, 55-62. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160671>
- Herrera Izurieta, F. (2008). *Verdes gotas de vida: manual de agricultura orgánica. Una alternativa sostenible para Galápagos*. Fundación para el Desarrollo Alternativo Responsable para Galápagos. <https://www.calameo.com/read/00460396846e4524829bd>
- High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security [HLPE]. (2019). *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition*. HLPE. <https://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2016). *Gestión de agronegocios en empresas asociativas rurales. Curso de Capacitación. Módulo 4: Poscosecha y servicios de apoyo a la comercialización*. IICA. https://books.google.com.co/books?id=8UYDU-XfoOwC&pg=PA45&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false
- Izquierdo-Tort, S., Ortiz-Rosas, F., & Vázquez-Cisneros, P. A. (2019). 'Partial' participation in payments for environmental services (PES): land enrolment and forest loss in the Mexican Lacandona Rainforest. *Land Use Policy*, 87, 103950. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.04.011>
- Kolmans, E., & Vásquez, D. (1999). *Manual de Agricultura Ecológica: una introducción a los principios básicos y su aplicación*. Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF. https://admin.dipujaen.es/galerias/galeriaDescargas/municipios/Orcera/ANEXO_13_PRINCIPIOS_BxSICOS.pdf
- Kou, G., Olgu Akdeniz, Ö., Dinçer, H., & Yüksel, S. (2021). Fintech investments in European banks: a hybrid IT2 fuzzy multidimensional decision-making approach. *Financial Innovation*, 7, 39. <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00256-y>
- Lewison, R. L., An, L., & Chen, X. (2017). Reframing the payments for ecosystem services framework in a coupled human and natural systems context: strengthening the integration between ecological and human dimensions. *Ecosystem Health and Sustainability*, 3(5), 1335931. <http://dx.doi.org/10.1080/20964129.2017.1335931>
- Ley 1955 de 2019. "Por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2018-2022 pacto por Colombia, pacto por la equidad". Congreso de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>



- Lozano-Zambrano, F. H. (Ed.). (2009). *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13044/45293_61828.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maldonado, C. E. (2018). Bioeconomía, biodesarrollo y civilización: un mapa de problemas y soluciones. En *Epistemologías del Sur para germinar alternativas de desarrollo. Debate entre Enrique Leff, Carlos Maldonado y Horacio Machado* (pp. 57-81). Universidad del Rosario. <http://cinfopec.com.mx/doc/cem-0005.pdf>
- Mera Andrade, R. I, Valle Velástegui, E. L, Vizuite Muñoz, J. M, & Sánchez Espín, J. E. (2017). Granjas agrosostenibles-sustentables. *Uniandes Episteme*, 4(2), 248-262. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756361>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2021). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] (2018). *Resolución 261. “Por medio de la cual se define la frontera agrícola nacional y se adopta la metodología para la identificación general”*. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000261%20de%202018.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS] (2021). *Resolución 1294 de 2021. “Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones”*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1294-de-2021-1.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2017). Resolución 128 de 2017. “Por medio de la cual se adoptan las Bases para la Gestión del Territorio para usos agropecuarios y los Lineamientos de su estrategia de planificación sectorial agropecuaria”. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000128%20de%202017.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2022). *Negocios verdes: guía para implementar la capacidad de carga en atractivos de turismo de naturaleza*. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) Colombia; Universidad Externado de Colombia. <https://corpamag.gov.co/blogs/negociosverdes/wp-content/uploads/2022/12/Cartilla-capacidad-carga-Negocios-Verdes-PNUD.pdf>
- Ministerio del Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel [PNNCVDJ-C]. (2008). *Plan de Manejo Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel*. Parques Nacionales Naturales. <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-complejo-volcanico-dona-juana-cascabel.pdf>

- Molina-Zapata, J. E. (2021). La revolución verde como revolución tecnocientífica: artificialización de las prácticas agrícolas y sus implicaciones. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 21(42), 175-204. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v21i42.3477>
- Morseletto, P. (2020). Restorative and regenerative: exploring the concepts in the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 24(4), 1-11. <https://doi.org/10.1111/jiec.12987>
- Muñoz Monsalve, C. (2019). *Operaciones especiales y de conservación en la poscosecha de frutas y hortalizas*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/notas/article/view/3533/3729>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2017). *La población mundial aumentará en 1.000 millones para 2030*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://www.un.org/es/desa/world-population-prospects-2017>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2000a). Manual on integrated soil management and conservation practices. *FAO Land and Water Bulletin*, 8. <https://www.fao.org/4/x4799e/x4799e.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2000b). Manejo del suelo en pequeñas fincas: estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos. *Boletín de suelos de la FAO*, 77. <https://es.scribd.com/document/381588161/Manejo-Del-Suelo-en-Pequeñas-Fincas-Estrategias-y-Metodos-de-Introduccion-Tecnologias-y-Equipos>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2015). Infografías. FAO. <http://www.fao.org/soils-2015/resources/infographics/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). *Versión resumida de El estado de los bosques del mundo 2022. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9363es>
- Pineda Milichich, R. (2020). Cultivos en suelos sostenibles. LEISA. *Revista de Agroecología*, 36(4), 7. <https://leisa-al.org/web/wp-content/uploads/vol36n4.pdf>
- Ramírez Castellanos, E. D. (2015). Agroecoturismo: aportes para el desarrollo de una tipología turística en el contexto latinoamericano. *Turismo y Sociedad*, 15, 223-236. <https://doi.org/10.18601/01207555n15.13>



- Ramírez-Camelo, J. D. (2013). *Herramientas para el manejo del paisaje rural en la localidad de Usme y Ciudad Bolívar*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Rayado Román, J. (2003). La calidad en los productos del medio rural. *Acciones e Investigaciones Sociales*, 18, 191-195. <https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/ais/article/view/271>
- Resolución 1294. “Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones”. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1294-de-2021-1.pdf>
- Rivera Rodríguez, M. (2015). *Cosecha y poscosecha de hortalizas: guía para aprovechar un huerto orgánico y saludable*. Fundación Alternativas. https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2018/05/cosecha-y-postcosecha_web-1.pdf
- Rodríguez Espinosa, U., Ruiz Caicedo, J. C., Cortés Castillo, D. V., & Caballero Díaz, H. (2020). Plantas útiles del páramo y su potencial en la sostenibilidad ambiental: caracterización etnobotánica, Sumapaz Colombia. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 3(2), 125-137. <https://doi.org/10.46380/rias.v3i2.92>
- Rodríguez Ferreira, D. I., & Sánchez-Martín, J. M. (2022). La función de las áreas agrícolas en el debate epistemológico sobre el turismo rural, el agroturismo y el agroecoturismo. *Revista de Geografía Norte Grande*, 81, 235-261. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022022000100235>
- Rodríguez, A. G. (2017). La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe. *Boletín CEPAL-FAO-IFCA*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e1f91f65-95d0-4e85-82f9-eedf1b23aed8/content>
- Rodríguez, K., Martínez Camelo, F., & Herrera, C. (2021). *Hacia la reconversión productiva del cultivo de cebolla de rama en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36709>
- Ruiz, E., Canales, R., & García, G., (2019). *La medición de la economía circular: marcos, indicadores e impacto en la gestión empresarial*. Foretica. https://foretica.org/wp-content/uploads/informe_medida_economia_circular_foretica.pdf



- Sánchez, J., Acuña, A., & Hernández, J. (2017). Poscosecha en Colombia: tendencias y expansión global. *revista Competitividad e Innovación*, 1(1), 7-18. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/competitividad/article/view/2661/3186>
- Sandoval Aldana, A., Forero Longas, F., García Lozano, J., & Londoño Bonilla, M. (2020). Cosecha, manejo poscosecha y agroindustria. En J. A. Bernal & C. A. Díaz (Comps.). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate* (pp. 651-714). AGROSAVIA. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/162/142/1115-1>
- Velasco-Muñoz, J., Mendoza, J. M., Aznar-Sánchez, J., Gallego-Schmid, A. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105618. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921002275>
- Veni, V. G., Srinivasarao, C., Reddy, K. S., Sharma, K. L., & Rai, A. (2020). Soil health and climate change. M. N. Vara Prasad & M. Pietrzykowski (Eds.). *Climate Change and Soil Interactions* (pp. 751-767). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00026-6>
- Volverás-Mambuscay, B., Merchancano-Rosero, J. D., López-Rendón, J. F., & Campo-Quesada, J. M. (2021). Pérdida de suelo en el sistema ancestral wachado en el trópico alto de Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1). 120-136. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212021000100120&script=sci_abstract&tlng=es
- Wezel, A., Gemmill Herren, B., Bezner Kerr, R., Barrios, E., Rodrigues Gonçalves, A. L., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 40. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-020-00646-z#citeas>



Recomendaciones para la reconversión productiva en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel en el municipio de La Cruz, Nariño

Introducción

La Ley 1930 de 2018, que regula la gestión integral de los páramos en Colombia, establece la necesidad de llevar a cabo procesos de sustitución o reconversión de actividades agropecuarias de alto impacto dentro de las áreas delimitadas como páramo. Su propósito es asegurar la conservación y restauración de estos ecosistemas, así como garantizar la provisión de servicios ecosistémicos. Para lograr una transición gradual y diferenciada, es crucial proporcionar a las comunidades locales alternativas viables de bajo impacto, basadas en prácticas que cumplan con los estándares ambientales y que contribuyan a la protección de los páramos. Además, en las zonas circundantes o colindantes (zona amortiguadora) al área de páramo delimitada, también se debe fomentar el uso de actividades agropecuarias de bajo impacto, con el fin de atenuar las perturbaciones causadas por la actividad humana, lo que asegura la protección integral de estos ecosistemas vulnerables.



La reconversión productiva en zonas vulnerables requiere la definición e implementación de estrategias de manejo sostenible que contribuyan a la disminución de los efectos nocivos en el medio ambiente asociados a la agricultura convencional en áreas de frontera agrícola. Estos efectos incluyen la degradación del suelo, la deforestación, la contaminación del agua y el aire, entre otros.

Diferentes instituciones han identificado una serie de prácticas para el manejo sostenible, la conservación de recursos y el mantenimiento de la frontera agrícola, las cuales deben ser evaluadas, validadas, ajustadas y difundidas entre los productores. Entre las estrategias destacadas se encuentra el enfoque de agricultura de conservación, que abarca prácticas como la labranza mínima o siembra directa, la rotación y asociación de cultivos, así como el uso de coberturas vegetales. Además, se han propuesto estrategias como el establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles, la biofertilización, la producción y uso de abonos orgánicos, el control biológico de plagas y enfermedades, entre otras (Bugarín, 2012; Luna & Bolaños, 2018; IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2010; Navarro & Mueses, 2015; Santos et al., 2010). Estas estrategias tienen un gran potencial para su promoción entre los pequeños productores de zonas con alta vulnerabilidad socioeconómica y ambiental.

El fomento y el escalamiento de estas prácticas en regiones estratégicas permitirán contribuir al establecimiento de sistemas productivos más sostenibles, con bajas emisiones y alta captura de gases de efecto invernadero, además de reducir la dependencia de insumos externos (Africano et al., 2016). Por lo tanto, este capítulo se enfoca en el **análisis detallado de las diversas estrategias de sostenibilidad que pueden promoverse en la zona de amortiguamiento del PNN Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel (PNNCVDJ-C)**, así como en los mecanismos de implementación necesarios para garantizar su adopción por parte de los productores, con el fin de generar un impacto positivo en los agroecosistemas de la región. Estas estrategias se agrupan en cuatro áreas principales: manejo integrado de suelos y aguas, manejo integrado de la nutrición, manejo integrado de plagas y enfermedades, y manejo integral socioeconómico.



Las recomendaciones descritas en este capítulo surgieron a partir de escenarios de trabajo concertado y colaborativo, entre los cuales se cuentan: metodología de definición de problemáticas (pruebas de caja), diálogos con la comunidad, reuniones con actores claves y consulta de información secundaria. Como insumo para la elaboración de las estrategias se partió de los resultados de las entrevistas realizadas a 97 productores de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, ubicados en seis corregimientos: Alto Mayo (24,7 %), Escandoy (1 %), La Estancia (24,7 %), San Gerardo (10,3 %), San Rafael (13,4 %) y Tajumbina (25,8 %).

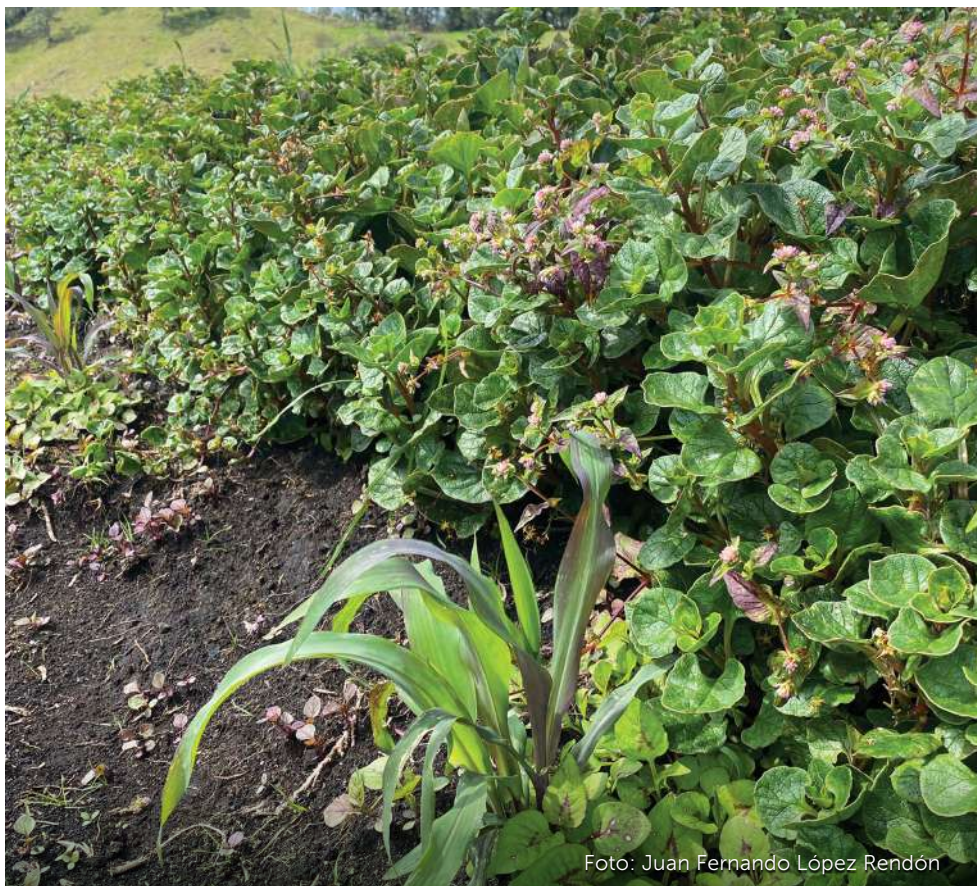


Foto: Juan Fernando López Rendón

Manejo integrado de suelos y agua

El manejo integrado de suelos y aguas en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C es esencial para proteger el medio ambiente y fomentar prácticas agrícolas sostenibles. La implementación de medidas protectoras para conservar estos recursos es fundamental para lograr sistemas agropecuarios sostenibles (Zhang et al., 2020), especialmente en consideración de los desafíos planteados por el cambio climático y las actividades humanas en áreas vulnerables (Carrera et al., 2021).

La preservación de la salud del suelo reviste importancia a nivel mundial, debido a la actual disminución de su calidad y a los desafíos ambientales derivados del cambio climático (Lambers & Cong, 2022; Liang et al., 2017). La salud del suelo no solo garantiza fuentes de agua seguras, sino que también contribuye a la salud general del ecosistema. Así mismo, debido a la interrelación entre el suelo y el agua, una gestión sostenible del líquido contribuye a la salud del sustrato.

En la zona de estudio del CPDJ, prácticas como los monocultivos, el sobrepastoreo y la deforestación ejercen presión sobre los recursos hídricos y del suelo, lo que reduce su sostenibilidad y capacidad productiva. Además, la presencia de fuertes pendientes en el territorio favorece la degradación por erosión. Lo anterior representa desafíos significativos en términos de escasez de recursos hídricos (Rudić et al., 2019). Por lo tanto, las estrategias para la gestión sostenible del suelo deben incluir el aumento de los contenidos de materia orgánica para favorecer una rápida infiltración, almacenamiento óptimo de agua, drenaje eficiente en suelos saturados, reducción de la erosión y ciclaje de nutrientes, así como el aumento de las relaciones poblacionales entre micro, meso y macrofauna del suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). Así mismo, para el cuidado del recurso hídrico, es fundamental implementar medidas como restringir el acceso del ganado a zonas de montaña, reforestar áreas adyacentes a estas y establecer sistemas de conservación en canales de agua y nacimientos (Huang et al., 2018).





Foto: Lina Marcela Ríos Peña

En la zona se han identificado, aunque en menor medida, prácticas de rotación y asociación de cultivos realizadas por los agricultores. Por lo tanto, resulta crucial rescatar dichas prácticas y hacer ajustes técnicos participativos, considerando el panorama de cambio climático, para definir secuencias de rotación de cultivos y sistemas de siembra que corrijan las limitaciones físicas y químicas en el suelo.

También se ha observado que la ganadería impacta significativamente los terrenos, lo que genera efectos como el terraceo o pata de vaca, que aumentan la compactación y la erosión, y permiten el escurrimiento y deslizamiento de las capas superficiales del suelo (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], 2017; Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2021). Los principales efectos de las actividades ganaderas en zonas con pendiente fuerte, como en el caso de la zona de estudio, se manifiestan en forma de ruptura del material superficial, que da la apariencia de caminos, taludes o peldaños (figura 25).

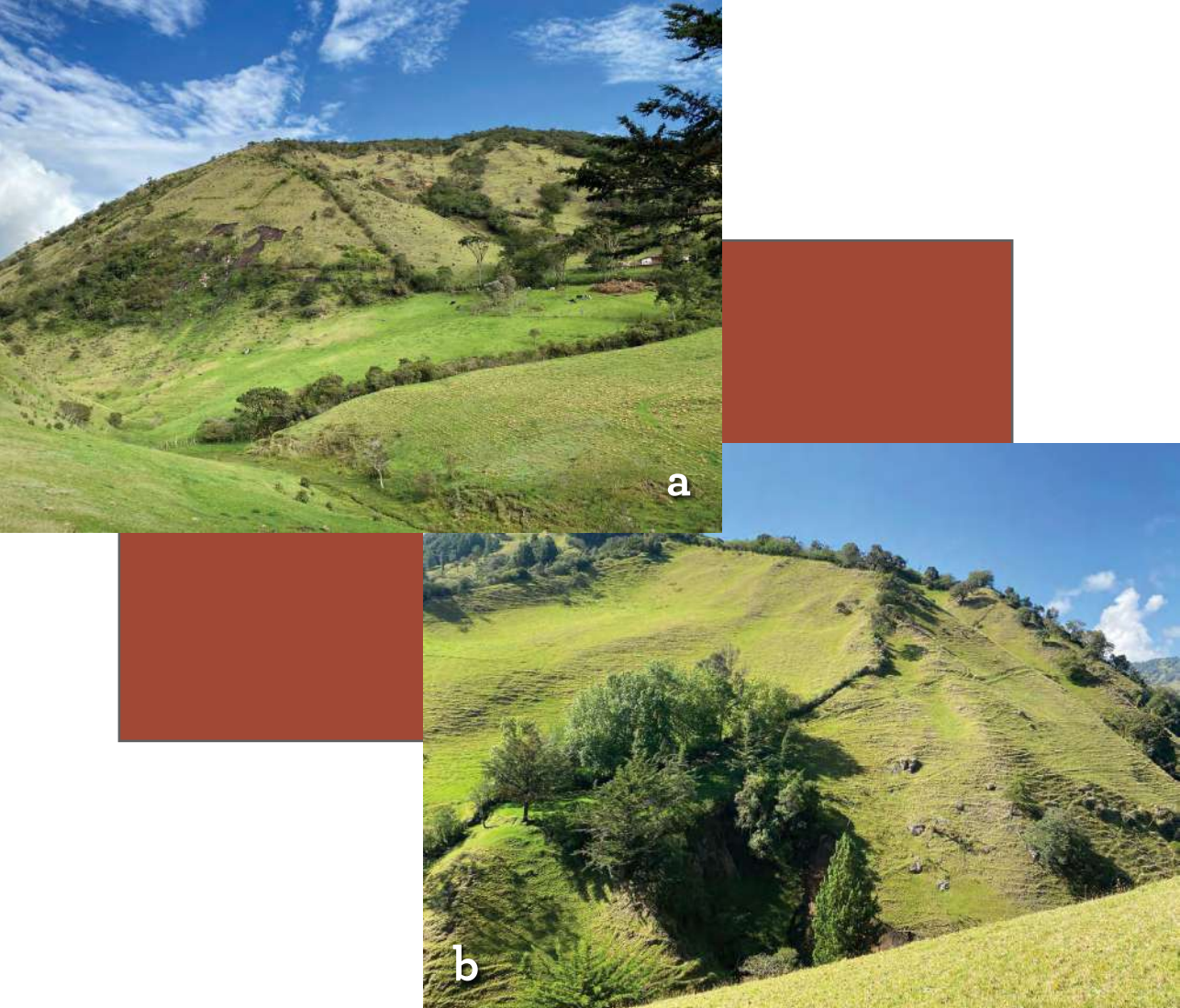


Figura 25. Fenómenos de degradación de suelos en áreas de ladera.
 a. Áreas con remoción en masa; b. Terraceo por pata de vaca.
 Fotos: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

La implementación de prácticas de agricultura de conservación como base para una transición agroecológica tiene un alto potencial en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C. Este enfoque, que implica una mínima alteración mecánica del suelo, cobertura permanente y diversificación de cultivos, promueve la biodiversidad, mejora la salud del suelo y aumenta la disponibilidad de agua. Además, contribuye a la eficiencia en el uso de mano de obra y a la reducción de emisiones de CO_2 , con lo que encara los desafíos del cambio climático.

Por otra parte, es esencial aumentar el rendimiento de los cultivos ya existentes (con el fin de no ampliar la frontera agrícola) y fortalecer la resiliencia ecológica y económica, a partir de prácticas innovadoras², para la conservación del suelo y el agua, junto con mejoras agronómicas. Estas prácticas, basadas en el conocimiento tradicional y potenciadas de manera participativa e interdisciplinaria, reducen la necesidad de expandir aún más las áreas de cultivo, al generar un uso eficiente del suelo. Por ejemplo, los diques y siembras en curvas de nivel han demostrado reducir la escorrentía superficial, aumentar la infiltración y mejorar la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas.

En resumen, la conservación del suelo y del agua no solo contribuye a la protección ecológica, sino que también impulsa el desarrollo agrícola sostenible (Dagnachew et al., 2020). Así, se requieren enfoques integrados y medidas concretas para abordar estos desafíos y garantizar el desarrollo agrícola sostenible. El acompañamiento y la financiación estatal a los pequeños productores, mediante mayor asistencia técnica e infraestructura, complementarían una reconversión productiva exitosa.

A continuación, se realiza una descripción más detallada de las prácticas que pueden promoverse en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.

Preparación de suelo

En la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, las prácticas agrícolas deben adaptarse a las características específicas del territorio, incluyendo su topografía montañosa y sus suelos frágiles. Las prácticas tradicionales de labranza han tenido efectos negativos sobre la calidad del suelo y el medio ambiente, como la erosión y la pérdida de materia orgánica. Sin embargo, existen alternativas que pueden mejorar la sostenibilidad y productividad de las fincas locales.

² De acuerdo con el Manual de Oslo 2018, el término “Innovación” se define como un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ellos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de un “actor” y que se ha puesto a disposición de usuarios potenciales (producto) o se ha puesto en uso por el “actor” (proceso). Entiéndase “actor” como cualquier unidad institucional de cualquier sector, incluidos hogares y sus miembros individuales (OECD/Eurostat, 2018).



Históricamente, se consideró que la labranza era esencial para el control de malezas, la preparación del lecho de siembra y la mejora de la infiltración de agua, lo que la relacionaba con la calidad agrícola. A pesar de que incrementaba la fertilidad mediante la aceleración de la descomposición de la materia orgánica del suelo, esta práctica también provocaba la pérdida acelerada de esa misma materia orgánica, lo que resultaba en erosión, disminución de la estructura del sustrato y reducción de la actividad biológica. La labranza convencional, centrada en la remoción de la capa superficial del suelo para facilitar la producción de cultivos, tiene un impacto crucial en la porosidad, lo cual afecta directamente los macroporos y aumenta la probabilidad de compactación y de pérdidas de carbono (FAO, 2009).

En comparación con el sistema conservacionista, la labranza convencional genera mayores emisiones de carbono, con cifras de 137 y 168 kg C ha⁻¹ año⁻¹ frente a 72, 45 y 23 kg C ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. A lo largo de 2 años de cultivo intensivo, se pierde con ella entre 20 y 30 % de la materia orgánica del suelo, y la restauración de la MOS puede requerir hasta 35 años mediante el uso de vegetación natural (Deagustini et al., 2017; Céspedes, 2015). En resumen, a pesar de que estas prácticas mejoraron el rendimiento desde la década de 1960, también causaron daños a la estructura del suelo, agotaron su materia orgánica, perturbaron el ciclo de nutrientes y ampliaron la erosión (Tilman et al., 2002).

Así, la degradación de los suelos agrícolas afecta la salud de estos, crucial para sostener plantas, animales y seres humanos (Baumhardt et al., 2015), lo que se convierte en una preocupación central para la sostenibilidad global (Tilman et al., 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior, las prácticas de preparación de suelos sugeridas para la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C son las siguientes:

- » *Siembra directa o labranza cero*: la implementación local de esta práctica requiere mantener cobertura constante del suelo, rotación de cultivos y la erradicación del uso de arado y rastra (Alapin, 2008). En el municipio de La Cruz se reporta el uso de un equipo que penetra la cubierta del suelo, abre una ranura de siembra y coloca en ella la semi-



lla. Para ello, es ideal que la ranura quede completamente cubierta de nuevo después de la siembra con un recubrimiento orgánico.

- » *Siembra directa con cobertura vegetal*: esta práctica es crucial para controlar la erosión en terrenos inclinados, como los presentes en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, y para mejorar la acumulación de materia orgánica del suelo, lo que incrementa su fertilidad y estructura. La preparación del suelo para las siembras directas consiste en cortar o aplanar la maleza, los residuos de cultivos anteriores o los cultivos de cobertura, y sembrar directamente en ellos, con el propósito principal de controlar problemas de erosión (Baker et al., 2008). Los residuos de cultivo se mantienen en una cantidad adecuada para garantizar la cobertura completa del suelo, y los fertilizantes y enmiendas se esparcen sobre la superficie del terreno o se aplican durante la siembra. Este sistema favorece los cultivos de interés para la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, como maíz, trigo, cebada, quinua y leguminosas —arveja y frijol en sistema de rotación—. De igual manera, esta técnica impulsa la acumulación de la materia orgánica del suelo: entre el 1 y el 2 % en los primeros 3 a 4 años, y en los primeros centímetros de la capa arable (Ortega & Agüero-Alvarado, 2005).



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

» *Labranza mínima o de conservación*: es la técnica más utilizada para la recuperación de terrenos degradados y para la renovación de praderas. Con ese fin se usan principalmente implementos de labranza vertical, tipo cincel, con tracción animal, haciendo cortes en líneas separadas 50 cm unas de otras, en curvas a nivel, en terrenos con alta pendiente (figura 26 y figura 27). Estas líneas, en general, deben tener entre 30 y 40 cm de profundidad, espacio donde se puede hacer la siembra de nuevas semillas de otras variedades de pastos o cultivos de interés. Esta práctica promueve la disminución de la compactación, mejora la aireación del suelo y la infiltración del agua, y renueva las pasturas (Varas & Riquelme, 2002). Además, ayuda a romper los estolones generados por el kikuyo *Cenchrus clandestinum* Hochst ex Chiov., pastura nativa de gran importancia para la alimentación de ganado en el municipio de La Cruz.



Figura 26. Renovación de praderas con uso de labranza vertical y tracción animal.
Fotos: Juan Fernando López Rendón

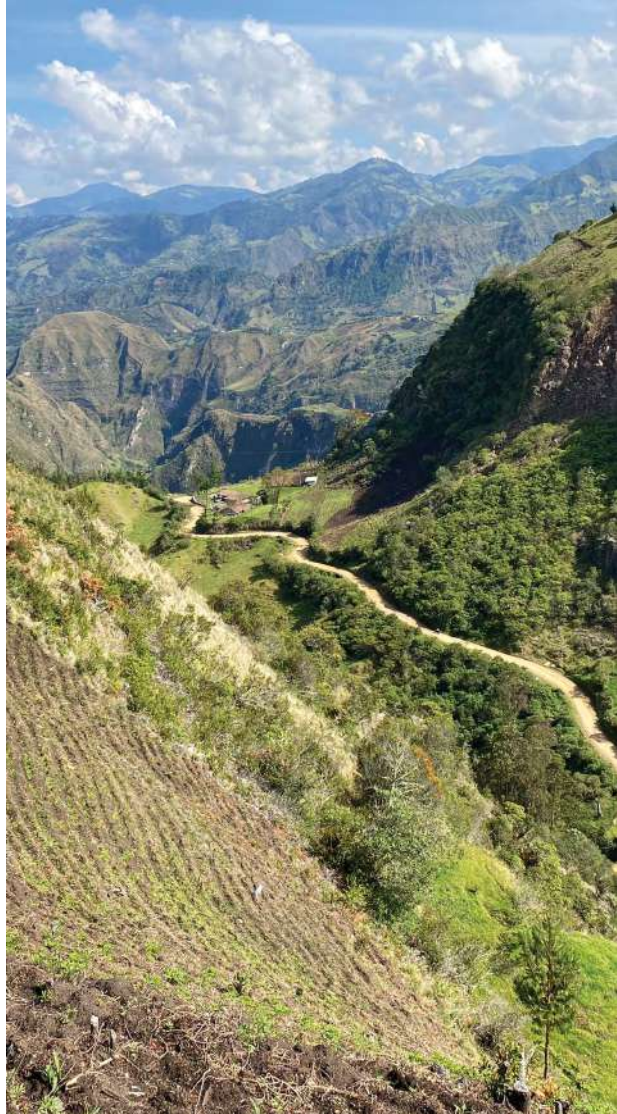


Figura 27. Siembra en curvas de nivel.
Fotos: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Por otra parte, en zonas andinas de alta pendiente y susceptibles a la erosión, se reportan labranzas de conservación con menor impacto, como la siembra en wachado (figura 28). Esta técnica consiste en un sistema de uso del suelo que rota el cultivo de papa u otro tubérculo andino con pastos para el ganado de leche. Su fortaleza radica en el mínimo laboreo del suelo en siembra, que busca conservar el cespedón de la pastura para la siembra de papa.



Figura 28. Labranza de conservación para el cultivo de papa con formación de surcos a partir de cespedones de pasto con el uso de pala de cute.
Fotos: Juan Fernando López Rendón

Después de cosechar los tubérculos, ingresan los bovinos, que consumen los residuos de cosecha y las malezas. Luego, para pasar a pastos, se esparcen mezclas de semillas de leguminosas forrajeras y gramíneas (Yapa, 2013; Ordóñez, 2007). Para la siembra de papa con surcado en wachado se utilizan herramientas manuales, como la pala de cute, elaborada artesanalmente, para formar surcos con la remoción del cespedón de la pastura, lo cual genera un menor impacto negativo sobre los recursos suelo y agua (Campo et al., 2014; Koohafkan & Altieri, 2011).

Los indicadores físicos de suelo bajo wachado se comportan de manera similar a los de un suelo andino no intervenido, con baja densidad aparente y alta porosidad total, con lo que se evidencia el efecto a largo plazo que tiene la rotación papa/pasto en wachado (Volverás-Mambuscay et al., 2020). En general, la densidad aparente bajo este sistema presenta valores entre 0,55 y 0,76 g cc⁻¹ a 0-30 cm de profundidad (Ordoñez 2007; Volverás-Mambuscay et al., 2020), lo cual contrasta con valores en monocultivo de pasto, maíz y papa en andisoles, con 1,14 g cc⁻¹ (Amorocho et al., 2012; Novillo et al., 2018; Xing et al., 2012). Además, la porosidad total de 63 % a 30 cm registrada en wachado (Volverás-Mambuscay et al., 2020) es superior al 50 y al 55 % reportados como indicador crítico para calificar suelos estables desde el punto de vista físico (Amézquita, 1999; Setiyo et al., 2016).



Esta técnica presenta menos pérdidas de suelo que los sistemas con mecanización intensiva, y mantiene mejores indicadores de fertilidad. Así mismo, las siembras en wachado acompañadas de curvas a nivel con porcentaje de inclinación también reducen la erosión. Volverás-Mambuscay et al. (2021) reportaron mayor erosión del suelo en labranza intensiva con el surcado en sentido de la pendiente, respecto a tratamientos de siembra en wachado y reducción gradual de la inclinación del surcado, ya que, al inclinarse el surco, la escorrentía pierde energía y velocidad, lo que disminuye el arrastre del suelo en aproximadamente un 59 %, al pasar de surcado en el sentido de la pendiente a 45° (Ordoñez, 2007; Volverás-Mambuscay et al., 2021).

Así mismo, se ha identificado otra práctica de siembra de conservación en zonas andinas productoras de achira. En el municipio de La Cruz se ha adoptado el sistema de cosecha y siembra de achira en raleo, el cual consiste en seleccionar el colino de la planta con mejores características sanitarias y de vigor en el momento de la cosecha, luego se extraen los rizomas, para dejarlo en ese mismo momento en campo. Sin embargo, esta práctica se debe realizar aproximadamente por dos o tres ciclos, ya que, al implementarla, el cultivo empieza a perder su trazado, lo que lleva, con el paso del tiempo, a un cultivo desordenado, con zonas de alta densidad de plantas y otras con baja densidad, lo que puede disminuir el aprovechamiento de la energía lumínica y favorecer la incidencia de plagas y enfermedades. Este sistema optimiza el uso de la luz solar y reduce enfermedades; además, se adapta bien a las condiciones locales de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.

Rotación y asociación de cultivos

Las prácticas de rotación y asociación de cultivos no son muy frecuentes en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C de La Cruz (Nariño). Sin embargo, son fundamentales para la sostenibilidad agrícola, debido a que permiten el aprovechamiento óptimo de los recursos locales y la mejora de la calidad del suelo, esenciales en una región con terrenos frágiles y condiciones climáticas variables.

La rotación de cultivos es una práctica base para poder implementar sistemas sostenibles con enfoques agroecológicos de agricultura de conservación. Sin la implementación de esta práctica no es posible establecer sistemas de siembra directa o labranza cero, ya que esta consiste en el aprovechamiento de los residuos de cosecha del cultivo anterior como sustrato para sembrar el nuevo cultivo. Esta práctica se caracteriza por buscar la máxima productividad de una superficie, y se basa principalmente en rotar o alternar diferentes especies, de manera que se optimicen los recursos de su entorno. La rotación de cultivos consiste en la implementación de distintos cultivos, principalmente gramíneas y leguminosas, en un mismo espacio a lo largo del tiempo, con el fin de reducir la fertilización nitrogenada y aumentar la materia orgánica (Rouanet et al., 2005).

La rotación de cultivos es necesaria para suministrar los nutrientes y el medio adecuado para el funcionamiento de los microorganismos del suelo, basándose principalmente en el uso de leguminosas y gramíneas, que contribuyen a una relación carbono-nitrógeno ideal. Por otro lado, la diversidad de cultivos genera micro y macrobiota benéfica en el suelo, pues es atraída por los exudados radicales, los cuales tienen un rol en la transformación de estos compuestos en nutrientes disponibles para las plantas.

Así, esta práctica mejora la estructura del suelo, promueve la macro, meso y microbiota benéfica y aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los rastrojos de leguminosas, por ejemplo, son capaces de fijar nitrógeno atmosférico, en comparación con rastrojo de gramíneas, lo cual es crucial para mantener la fertilidad del suelo en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C. Se reporta que el rastrojo de porotos contiene de 1,2 a 1,6 % de nitrógeno; el maíz, de 0,7 a 1,0 %, y la caña de trigo, de 0,2 a 0,6 %.



Por lo tanto, aquellos rastrojos con más de 1 % no necesitarían aplicaciones extras de nitrógeno (Eirin et al., 2015), lo cual es crucial para mantener la fertilidad del suelo.

Rotar y asociar cultivos aumenta la exploración radicular a diferentes profundidades en el perfil del terreno, en busca de agua y nutrientes. Los nutrientes lixiviados que no están disponibles para un cultivo con raíces superficiales pueden ser reciclados por los cultivos en rotación. Además, la rotación de cultivos tiene también una importante función fitosanitaria, por la suspensión del ciclo de vida de plagas y enfermedades mientras se da la rotación. Otros efectos benéficos reportados son una mayor diversidad en la producción y, por consiguiente, en la nutrición humana y animal; incremento de la fijación del nitrógeno, y aumento en la formación de humus (Donovan, 2020; FAO, 2022; Ryan et al., 2008).



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

Para la implementación de un sistema de rotaciones y asociaciones de cultivos en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C (figura 29), se deberán tener en cuenta parámetros referentes a la producción de residuos de biomasa aérea y subterránea, a la incidencia de arvenses y plagas, a los requerimientos de nutrientes, entre otros. Además, se tendrá en cuenta la disponibilidad de semillas de calidad adaptadas o mejoradas para la obtención de altos rendimientos. Algunas opciones que pueden ser válidas en el asocio de cultivos son achira con maíz y arveja, quinoa-uchuva, achira-granadilla —en las etapas iniciales del cultivo de granadilla—, achira-batata, y sistemas silvopastoriles: forrajes, árboles y arbustos, como botón de oro, aliso, quillotoco, entre otros. Es importante resaltar que, por la duración del ciclo y la forma de cultivos como la achira (carácter perenne) y los frutales —granadilla y uchuva—, es factible pensar en rotación en las etapas iniciales de crecimiento de estas especies. Para sistemas de rotación de cultivos se recomienda rotar con especies de familias diferentes, con el objetivo de cortar el ciclo de plagas y enfermedades de interés.

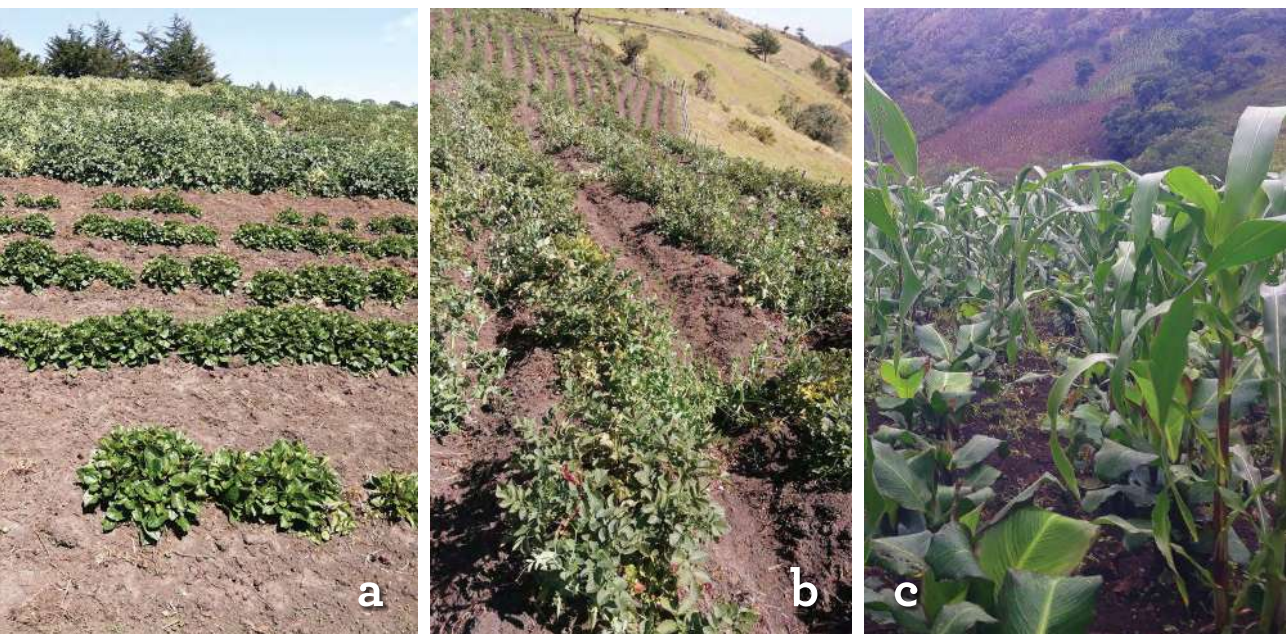


Figura 29. Asociaciones de cultivos implementadas en La Cruz (Nariño). a. y b. Para la seguridad alimentaria familiar y venta de excedentes de cultivos de olluco, arveja y papa; c. Para la producción de almidón de achira en asocio con maíz.

Fotos: Juan Fernando López

Coberturas vegetales

En la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, los cultivos de cobertura desempeñan un papel fundamental durante los periodos de barbecho³, especialmente cuando el intervalo entre la cosecha de un cultivo y el establecimiento del siguiente es notablemente extenso. Su crecimiento se interrumpe antes de la siembra del siguiente cultivo o del inicio de la competencia entre ambos. La presencia constante de una cubierta vegetal resulta esencial para promover la estabilidad del sistema agropecuario, no solo mediante la mejora de las propiedades del suelo, sino también al favorecer una mayor biodiversidad en el ecosistema agrícola. A diferencia de los cultivos comerciales, cuyo valor radica en el mercado, los cultivos de cobertura se utilizan principalmente por sus impactos positivos en la fertilidad, la movilidad de nutrientes o como fuente de forraje para el ganado (Donovan, 2020; FAO, 2022).

Los beneficios primordiales derivados del empleo de cultivos de cobertura en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C están estrechamente vinculados a la protección del suelo. Estos cultivos actúan como labranza biológica, lo que reduce la compactación y sirve como una capa amortiguadora contra el pisoteo de animales y maquinaria agrícola. Además, presentan efectos visibles en el control de malezas y plagas, gracias a su influencia física y alelopática (Donovan, 2020; FAO, 2022).

Así mismo, se evidencia una mejora en el ciclo del agua, al resguardar el suelo del impacto de las gotas de lluvia, lo cual reduce las pérdidas por escorrentía y mejora la infiltración. La presencia de cobertura vegetal y rastrojo facilita una mayor infiltración del agua, lo que mantiene la humedad en el terreno en cerca del 20 %. Este fenómeno se traduce en un comportamiento más eficiente durante la germinación de semillas, especialmente en épocas de sequía (Ortega & Agüero-Alvarado, 2005).

³ Barbecho: “tierra labrantía que no se siembra durante uno o más años” (Real Academia Española [RAE], 2023).



Durante el recorrido de campo y los diálogos de saberes realizados con la comunidad, se observó que, además de los cultivos agrícolas, como los de fresa y achira, el sistema productivo ganadero también es significativo en la región. No obstante, se presenta desconocimiento sobre el uso de forrajes alternativos con buenas condiciones nutricionales. Una de las prácticas más comunes en el municipio de La Cruz es el sobrepastoreo, debido a la escasez de alimentos, la ausencia de manejo y rotación de praderas, así como al uso de especies leñosas forrajeras. Otra práctica común es el proceso de poda y desmalezado de praderas, que finaliza con la quema del material extraído. Estos factores ejercen presión sobre los sistemas naturales, lo que aumenta la deforestación y la erosión.

A pesar de lo anterior, en el área de estudio se ha evidenciado que diversas entidades han llevado a cabo trabajos de recuperación de coberturas naturales, con fines productivos o de conservación. Un ejemplo es el de Parques Nacionales Naturales (PNN), con quienes, tras sostener diferentes diálogos, de manera comunitaria y participativa, se han realizado actividades de restauración de zonas degradadas por factores antrópicos. Así, a través de la implementación de cinco viveros forestales temporales, se ha promovido la propagación y recuperación de especies nativas. Además, se han realizado procesos de recuperación y enriquecimiento de áreas afectadas, principalmente, por la agricultura y la ganadería intensiva.

Por otra parte, según el Plan de Biodiversidad del departamento, la Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño) ha liderado actividades de reforestación en distintos municipios de su jurisdicción, incluido La Cruz. Así, se han reforestado 6.836,1 ha, en las cuales se han intervenido microcuencas como Aradas, con 10 ha; Carrizal, con 266 ha, y La Cruz, con 216. Estas acciones se realizan utilizando especies nativas y exóticas que contribuyen a la protección de microcuencas y a la recuperación de suelos erosionados.

Por otro lado, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) ha liderado iniciativas para promover prácticas ganaderas sostenibles mediante la implementación de sistemas silvopastoriles, como el establecido en el corregimiento de La Estancia. En este enfoque se in-



tegran diversas especies leñosas nativas con potencial forrajero, así como variedad de pastos diversificados. Esto no solo busca diversificar la oferta forrajera, sino que también proporciona una protección efectiva y un uso adecuado del suelo. Estas prácticas promueven la sostenibilidad ambiental y también pueden mejorar la productividad ganadera, al proporcionar un ambiente más equilibrado y saludable para el ganado. Además, es crucial la disposición en el suelo de los residuos generados durante los procesos de poda, desyerbe y desmalezado en los diferentes sistemas productivos, lo que contribuye a aportar materia orgánica al suelo.



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

Siembra de árboles en sistemas ganaderos

En la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, los sistemas ganaderos enfrentan desafíos relacionados con el consumo elevado de agua por parte del ganado y con la necesidad de mantener la productividad en suelos que pueden estar degradados. La integración de árboles en estos sistemas ganaderos no solo ayuda a mejorar la sostenibilidad ambiental, sino que también contribuye a la eficiencia productiva y a la resiliencia del sistema.

Los animales que dependen de la alimentación consumen gran cantidad de agua (100 a 150 l/día), por esto se recomienda la siembra de árboles, que, además de proveer alimento, generan un microclima que reduce la temperatura y disminuye el consumo de agua. Además, los árboles mantienen la humedad y generan interacciones con el suelo al brindar nutrientes que favorecen el crecimiento de los pastos o el desarrollo de otro tipo de cultivos (Navas, 2010). Una alternativa podría ser la siembra de alisos, debido a su capacidad para recuperar suelos degradados y controlar la erosión. Su establecimiento requiere un manejo riguroso en lo concerniente a selección de sitios de siembra, preparación de suelo y manejo del cultivo. Es recomendable el establecimiento de alisos con pastizales, para aprovechar beneficios ambientales y de provisión de alimento (Sánchez et al., 2009).

En recorridos realizados con los productores y profesionales de la zona, las especies a establecer en una barrera rompevientos son:

- » *Árboles de porte alto*: aliso (*Alnus glutinosa*), laurel de cera (*Morella pubescens*), capulí o cerezo negro (*Prunus serotina* Kunth), siete cueros (*Tibouchina mollis* Bonpl.), mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) y encenillo (*Weinmannia pubescens*).
- » *Arboles-arbustos de porte medio a bajo para barreras rompevientos y ramoneo*: colla negra (*Smallanthus pyramidalis*), colla blanca (*Verbesina arborea*), sauco (*Sambucus nigra*), tilo (*Sambucus peruviana*), guarango (*Mimosa quitensis*), chilca (*Baccharis latifolia*), lechero o pillo (*Euphorbia laurifolia*), mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz), pelotillo (*Viburnum triphyllum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*).



La siembra de árboles en sistemas ganaderos en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C en el municipio de La Cruz es una estrategia esencial para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de estos sistemas. Al adaptar las prácticas recomendadas a las condiciones locales y fomentar la participación comunitaria, se puede lograr una gestión más eficiente y productiva del territorio, lo que beneficia tanto a los agricultores como al medio ambiente.



Uso de bebederos automatizados en sistemas ganaderos

En la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, los sistemas ganaderos enfrentan problemas de degradación del suelo y desperdicio de agua, debido a la falta de acueductos para el ganado y al uso ineficiente de bebederos tradicionales. Estos sistemas frecuentemente suministran agua en cantidades excesivas, lo que resulta en la saturación y compactación del suelo alrededor de los puntos de acceso al líquido, lo que contribuye a la erosión y a la pérdida de fertilidad, así como a la degradación de los suelos cercanos. Con el fin de contrarrestar esta situación se recomienda el uso de llaves de paso que disminuyan el flujo, o de sistemas con flotadores automáticos que eviten el desperdicio de líquido (Gómez & Pinzón, 2017) (figura 30).

Figura 30. Ejemplo de bebedero.
Foto: Lina Marcela Ríos Peña

En una región como la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, donde el agua es un recurso crítico, la implementación de bebederos automatizados garantiza un uso más eficiente y sostenible del líquido, lo cual contribuye a la conservación de este recurso vital. Además, un suministro constante y controlado de agua limpia aumenta el bienestar del ganado, lo que puede traducirse en mejores tasas de crecimiento y producción.

Durante los recorridos y diálogos con productores locales se ha identificado la necesidad de mejorar la infraestructura de los sistemas de bebederos. La implementación de proyectos comunitarios que incorporen bebederos automatizados puede servir como modelo para otros productores en la región. Esto demostraría sus beneficios en términos de sostenibilidad y productividad.

Manejo de sistemas de riego

En la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, la producción agrícola y ganadera depende en gran medida del suministro de agua, especialmente durante los periodos de escasa precipitación. En la ganadería, el manejo de pasturas se debe equiparar al de cualquier otro cultivo agrícola. Por lo tanto, es necesario realizar análisis de suelos⁴, preparar adecuadamente el terreno y aplicar riego según las demandas climáticas.

Para optimizar el recurso agua, tanto en la agricultura como en la ganadería, es esencial considerar los siguientes factores:

Textura del suelo: los suelos arenosos requieren una frecuencia de riego mayor, a diferencia de los suelos arcillosos, que necesitan menos riego, por su mayor capacidad de retención de agua. Esto se debe a que las partículas de arcilla, al ser más compactas, evitan la infiltración del líquido y lo retienen por más tiempo (FIDA et al., 2020).

⁴ El análisis de suelo es una herramienta de decisión que establece los niveles de nutrientes del suelo y que, teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo, permite generar planes balanceados de fertilización.

Tiempo de aplicación del riego: no debe superar las tres horas por punto de aplicación, para evitar la saturación del suelo, la lixiviación de nutrientes y la erosión. Además, en áreas donde el suministro de agua es escaso, se debe optimizar su uso. Se recomienda aplicar el riego en momentos con menor radiación solar, como en las tardes, para evitar la rápida evaporación (FIDA et al., 2020).

Tipo de riego según la pendiente del suelo: se sugiere utilizar diferentes métodos de riego según la pendiente del terreno. Por ejemplo, con pendientes de 0 a 3 %, se recomienda la aplicación de riego por gravedad; de 3 a 12 %, el riego por aspersión; de 12 a 25 %, riego por microaspersión, y de 25 a 75 %, riego localizado (FAO & MADS, 2018).

En los recorridos y diálogos con productores locales, se ha identificado la necesidad de adoptar sistemas de riego eficientes en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C. Esto representa una medida clave para mejorar la sostenibilidad y la productividad de los sistemas agropecuarios. Al adaptar estas prácticas a las condiciones locales y promover su adopción a través de proyectos comunitarios y de la colaboración institucional, se puede lograr una gestión más eficiente de los recursos hídricos y del suelo, lo que beneficiará tanto a los productores como al medio ambiente.



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Manejo integrado de la nutrición

La fertilización integrada consiste en aplicar fuentes como abonos orgánicos, fertilizantes de síntesis química y biofertilizantes, en la dosis adecuada —para suministrar la cantidad que necesita el cultivo—, en el momento propicio —para que la planta los absorba— y en el lugar correcto —para que lleguen a las raíces de la planta— (Zingore et al., 2014). Así mismo, el uso correcto de la fertilización integrada (figura 31) dará como resultado una mejora en el rendimiento y la calidad de los cultivos, el incremento de los ingresos, así como el aumento de la fertilidad del suelo.

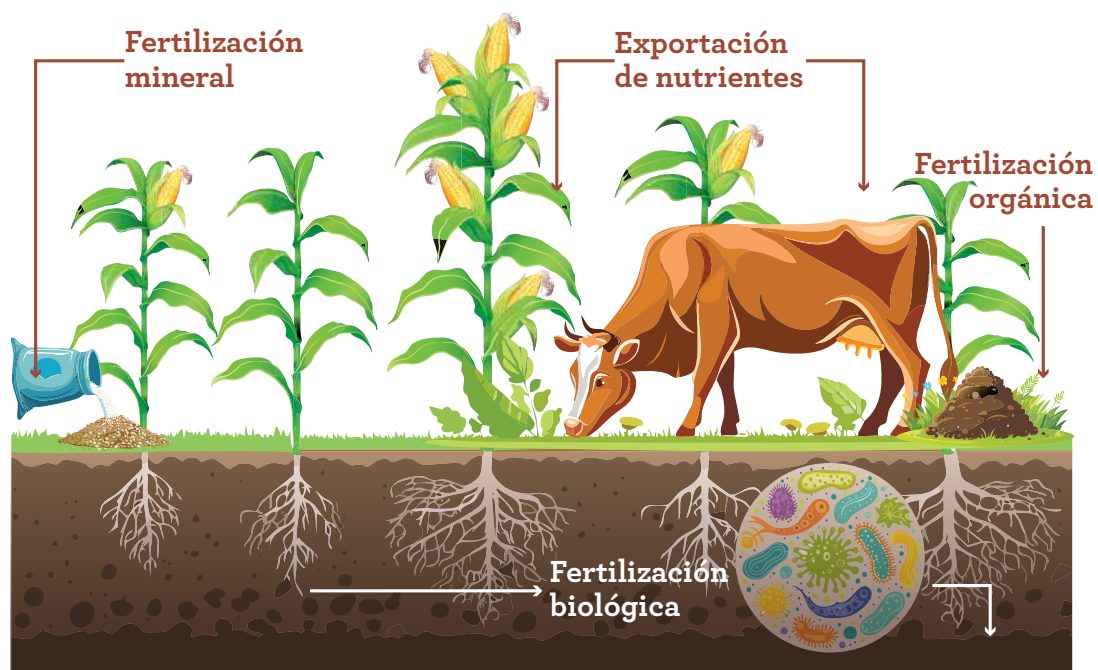


Figura 31. Representación esquemática de la fertilización integrada (química, orgánica y biológica) en un sistema agropecuario.

Fuente: Elaboración propia

Los fertilizantes de origen mineral y de síntesis química ayudan a aumentar la producción agrícola, pero su aplicación inadecuada puede modificar drásticamente la biología del suelo. Así mismo, su uso indiscriminado genera problemas ambientales y puede afectar la salud de los animales y las personas. Adicionalmente, estos insumos representan un costo importante en el sistema de producción. Los fertilizantes nitrogenados dependen de la explotación de petróleo, mientras que el precio de fabricación de los fertilizantes fosfatados y potásicos varía según las reservas mineras internacionales de fósforo y potasio. Por lo tanto, el precio de estos tres fertilizantes está directamente relacionado con el valor del petróleo y la disponibilidad de dichos minerales en los mercados internacionales (Forber, 2017).

Los centros de producción agropecuaria ubicados dentro de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C tienen la necesidad urgente de garantizar la demanda de alimentos de la región, con un manejo sostenible del recurso suelo. Dado el uso continuo de este, la fertilidad de la región ha sido afectada, lo que trae problemas de baja productividad de los cultivos, desnutrición de los animales y degradación del suelo. En ese sentido, la implementación de la fertilización integrada se precisa para resolver estas problemáticas. Sin embargo, el uso de fertilizantes, ya sea de origen mineral, orgánico o biológico, tendrá que ser limitado, a menos que los agricultores cuenten con los mecanismos para utilizarlos de la manera correcta.

Los fertilizantes orgánicos son una alternativa interesante para la producción agropecuaria sostenible en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, gracias a que pueden ser producidos utilizando la biomasa residual (BR) de la región, como residuos de cosecha, excretas de animales, podas, entre otros originados en la transformación agroindustrial de productos. La aplicación de este tipo de fertilizantes, además de suplementar las necesidades nutricionales de los cultivos, tiene un efecto benéfico para el suelo, pues incrementa la capacidad de intercambio catiónico y aniónico, aumenta la acumulación de carbono orgánico en el sistema productivo (Karami et al., 2012), mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua (Albiach et al., 2001), y aumenta la diversidad microbiana, que beneficia el crecimiento y desarrollo de las plantas y evita el ataque de plagas y enfermedades (Vida et al., 2020). Este

aprovechamiento de la BR responde a las necesidades socioeconómicas y ambientales del CPDJ, en busca del uso eficiente de los recursos naturales e insumos, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el aumento de la salud del suelo, objetivos de la economía circular (Du Pré, 2020).

Por otra parte, para lograr la seguridad y la soberanía alimentaria, es necesario involucrar cambios en aspectos técnicos, sociales, económicos, políticos y culturales, que se materialicen mediante la implementación de estrategias conservacionistas en el agroecosistema y que, a su vez, contribuyan a mejorar el bienestar de la sociedad, desde el eslabón de producción hasta el de consumo.

Según la teoría de la trofobiosis, una planta bien nutrida puede responder adecuadamente a un ataque fitosanitario (Chaboussou, 1987). De esta manera, es aconsejable que el productor conozca la oferta de nutrientes en el suelo (análisis de suelo) para balancear los niveles de extracción del cultivo y así garantizar una adecuada fertilidad. En el marco de un proceso de reconversión productiva como el que se aborda en el presente proyecto, es aconsejable complementar los planes de fertilización química con la aplicación de abonos orgánicos. Con esta práctica se podría reducir hasta en un 50 % el uso de los fertilizantes de síntesis química (Carrasco, 2021).

En el presente apartado se hará una reflexión acerca de las alternativas de fertilización orgánica para cultivos que algunos productores han implementado como prácticas para reducir la dependencia de insumos externos, y con las que se ha logrado, al mismo tiempo, reducir los costos de producción y el impacto ambiental negativo.

Fertilización en sistemas agrícolas

Un proceso de reconversión productiva en áreas estratégicas como la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C no solo incluye el ordenamiento productivo del suelo teniendo en cuenta su vocación, sino que también implica que los productores incorporen prácticas sostenibles, tales como el aprovechamiento de la BR, con el ánimo de promover las economías circulares

y, de esta manera, disminuir la emisión de GEI y los costos de producción. En el ejercicio de la producción agropecuaria se generan residuos orgánicos que, en ocasiones, no tienen una adecuada disposición y manejo. Dependiendo de su composición química, esta BR puede ser utilizada en planes de nutrición animal o en la elaboración de abonos orgánicos. De esta manera, se aprovecha la BR, que, en otras condiciones, podría ser agente de contaminación, lo cual reduce los impactos ambientales negativos sobre los ecosistemas. Además, estos abonos pueden incorporarse en los sistemas productivos y generar ingresos adicionales, debido al mayor rendimiento de las cosechas por el mejoramiento de las propiedades del suelo, así como por la disminución de costos de producción debido a la menor cantidad de fertilizantes químicos que deben comprarse. Por otra parte, el excedente de estos abonos puede comercializarse localmente, lo que aumenta los ingresos de los productores.

El compostaje es un proceso aeróbico al que se somete la materia orgánica con la acción microbiana mediante los procedimientos de mineralización y humificación parcial, para obtener una transformación en un sustrato apto para la nutrición vegetal. En este proceso intervienen microorganismos especializados en la mineralización de la materia orgánica (Bohórquez Santana, 2019; Galindo et al., 2018; Laich et al., 2011). A pesar de las ventajas que puede brindar el suministro de abonos orgánicos al suelo, muchos productores evitan su implementación debido a la alta demanda de mano de obra para su elaboración (Ormeño & Ovalle, 2007).

En el caso de la Institución Educativa Agropecuaria Miguel Ángel Rangel, ubicada en el corregimiento Tajumbina, del municipio de La Cruz (Nariño), se generan residuos orgánicos provenientes de las siguientes líneas productivas: a) crianza tecnificada de cuyes, b) crianza de gallinas en pastoreo y c) crianza tecnificada de pollos de engorde. Actualmente se recogen las excretas de los **cuyes** y se aplican directamente sobre el huerto de la institución. En cuanto a las excretas procedentes de las **gallinas** en pastoreo y los **pollos de engorde**, se recogen al finalizar el ciclo productivo y se apilan a la intemperie, cubriéndolas con un plástico con el fin de compostarlas. No obstante, no se realiza un monitoreo de los cambios de temperatura ni una adecuada aireación de la pila por volteo, lo que lleva a que aumenten los tiempos de



maduración, que actualmente son de cuatro a seis meses, aunque para las condiciones agroclimáticas del municipio deberían ser de unos dos meses. Si bien el compost resulta una práctica socialmente aceptada, en el territorio se está trabajando en otras alternativas para la fertilización orgánica, mediante la elaboración de biopreparados tales como biofertilizantes o bioestimulantes/bioenraizadores, biorrepelentes y biofungicidas.

Los biofertilizantes son productos con microorganismos vivos o latentes aplicados al suelo para aumentar la disponibilidad y absorción de nutrientes por parte de las plantas (Criollo et al., 2012; Rivera et al., 2010). Su uso es una práctica conocida en el área de estudio. Por ejemplo, en el corregimiento de Tajumbina, del municipio de La Cruz, en un predio productor de fresa, se elabora un biopreparado anaeróbico y líquido llamado Supermagro, a partir de ingredientes orgánicos (material vegetal y gallinaza, pollinaza, bovinaza o cuyinaza) y minerales (bórax, sulfato de magnesio, entre otros). Sin embargo, este tipo de biopreparados presenta un riesgo muy alto, ya que no es posible identificar los microorganismos que se están utilizando, por lo que se pueden llegar a propagar patógenos. De igual manera, si durante el proceso de elaboración no se utilizan las cantidades y materiales adecuados, se pueden disminuir los organismos benéficos o generar antagonismos entre los compuestos inorgánicos (Castro, 2013).



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

A continuación, se especifican las propuestas que desde el proyecto se plantean para abordar la fertilización en sistemas agrícolas:



Biofertilizantes

Un biofertilizante es un producto que contiene microorganismos benéficos vivos, como hongos, bacterias y algas, que mejoran la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, aceleran la descomposición de los residuos orgánicos y pueden aumentar la productividad de los cultivos (Bonilla et al., 2021). Estos bioinsumos tienen la capacidad de movilizar los nutrientes en el suelo de forma natural, sin afectar el ambiente y, sobre todo, sin perjudicar el rendimiento de los sistemas productivos (Bonilla & Morales, 2002; Camelo et al., 2011).

Existe una gran diversidad de microorganismos que pueden mejorar el crecimiento de las plantas. Algunos permiten fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, lo que reduce el uso de fertilizantes nitrogenados, y otros ayudan a que la planta absorba el fósforo que se encuentra en el suelo, con lo cual se disminuye la necesidad de aplicar fuentes de síntesis química de este mineral, así como su cantidad (Aguilar et al., 2017).

El uso de biofertilizantes producidos a partir de bacterias fijadoras de nitrógeno o solubilizadores de fosfatos reduce la necesidad de fertilizantes de síntesis química. Esto disminuye los costos de producción asociados a su compra, el lavado de nutrientes que se vierten en los cuerpos de agua y las emisiones de GEI, como el óxido nitroso, los cuales son responsables del cambio climático (Romero-Perdomo et al., 2017). La asociación simbiótica entre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las raíces de las plantas es fundamental para mantener la salud del suelo, el rendimiento de los cultivos, la fertilidad y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres (Gupta, 2020). Esta simbiosis tiene un efecto benéfico en la estabilidad de los agregados del suelo a través de dos mecanismos principales: la exudación de glomalina (Rillig, 2004), que cementa las partículas pequeñas formando microagregados, y la formación de agregados de mayor tamaño a través de la unión de microagregados, gracias a las hifas del hongo (Lehmann et al., 2019), lo cual evita la erosión, mejora la porosidad, y permite la infiltración de agua y el crecimiento de la raíz.

Entre los microorganismos que se utilizan como biofertilizantes se encuentran: fijadores de nitrógeno (*Rhizobium* spp., *Azospirillum* spp., *Her-*

baspirillum spp. y *Azotobacter* spp.), solubilizadores de fosfatos (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Herbaspirillum* spp), movilizadores de fósforo (micorrizas), promotores del crecimiento de las plantas (*Pseudomonas* spp., *Azospirillum* spp. y *Herbaspirillum* spp), solubilizadores de potasio (*Bacillus* spp. y *Aspergillus niger*), movilizadores de potasio (*Bacillus* spp.) y oxidantes de azufre (*Thiobacillus* spp.) (Bonilla-Buitrago et al., 2021).

Los mecanismos de aplicación de los biofertilizantes se clasifican en:

Directos: actúan en el ciclo de los nutrientes, lo que aumenta su disponibilidad para ser absorbidos por la planta (producción de fitohormonas que regulan el crecimiento vegetal).

Indirectos: activan la resistencia sistémica inducida, lo que reduce el ataque por patógenos (producción de enzimas y metabolitos, y reducción de estrés abiótico) (Daniel et al., 2022).

Entre los métodos de aplicación de los biofertilizantes se encuentran la inoculación en las raíces de las plántulas por inmersión, la aplicación en el sistema de riego o la aplicación directa al suelo. Su uso en la región es viable económica y ambientalmente, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- » El biofertilizante debe contener una población viva de microorganismos en las unidades formadoras de colonias o el número de esporas apropiado como ingrediente activo, y estar libre de microorganismos patógenos (Sanjuán & Moreno, 2010).
- » La escogencia del biofertilizante dependerá del cultivo, las condiciones de suelo y clima de la región, y del manejo agronómico (Moreno et al., 2018).
- » La aplicación en campo debe realizarse teniendo en cuenta la ficha técnica del bioproducto.
- » El biofertilizante se almacenará en un lugar fresco y seco, lejos de la luz solar directa y del calor (Sanjuán & Moreno, 2010).

En la vereda El Placer, corregimiento de Tajumbina, del municipio de La Cruz, se ha establecido participativamente una biofábrica con el fin de satisfacer las necesidades de biofertilización de los productores de la vereda (figura 30). Esta infraestructura alberga la producción del bioles, fosfitos y bocashi. En el corto plazo se espera convertir este espacio en un piloto de intercambio de experiencias con el que se promueva la adopción de la biofertilización en los cultivos de la región, para reducir la dependencia de insumos externos y garantizar una producción agrícola más sostenible.

Así mismo, con la biofábrica se espera aumentar la cantidad de biofertilizantes, identificar los microorganismos benéficos endémicos de la región y mejorar la metodología de formulación, producción y aplicación de estos bioinsumos (figura 32). El uso potencial de los biofertilizantes para el manejo integrado de la fertilidad de los suelos y su contribución en la sostenibilidad es determinante en la reducción del impacto ambiental de la actividad agrícola, en especial en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.



Figura 32. Vista interna de una biofábrica en la vereda El Placer, municipio de La Cruz (Nariño).
Foto: Lina Marcela Ríos

El éxito de la aplicación de los biofertilizantes dependerá de su integración con otras prácticas agroecológicas adaptadas a las condiciones socioeconómicas de la región, y con el sistema de cultivo, para lograr una agricultura sostenible (Chávez-Díaz et al., 2020). Además, es necesario establecer alianzas con organizaciones locales, los sectores privado y público y la investigación, con miras a desarrollar modelos efectivos de producción de biofertilizantes con microorganismos nativos de CPDJ. Estas alianzas deben venir aunadas al desarrollo de políticas y estrategias que permitan garantizar la provisión a las asociaciones locales. El uso de biofertilizantes tendrá un impacto positivo en la seguridad alimentaria actual y en la futura, y reducirá los efectos perjudiciales a nivel económico, social y ambiental de los sistemas de producción agropecuaria convencional de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.

Compostaje

Las fuentes empleadas para la elaboración de compost reportadas en los recorridos por el territorio durante la ejecución del proyecto se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de fuentes para la elaboración de abonos empleadas en el municipio de La Cruz

Fuentes	Tipos	Fuentes reportadas por los productores	Efecto de la fuente sobre el compost
Materia orgánica	Fuentes ricas en nitrógeno	Estiércol (bovinaza, cuyinaza, pollinaza y gallinaza), residuos de cocina, residuos de leguminosas.	Ayudan a elevar la temperatura rápidamente; aportan al balance de la relación carbono/nitrógeno.
	Fuentes ricas en carbono	Subproductos de agroindustria (afrecho, follaje de achira, rastrojos), tamos de cosecha (maíz, frijol, trigo), pastos secos, residuos de podas (frutales).	Aportan energía en forma de carbono para que los microorganismos puedan reproducirse.
Microorganismos	Artesanales	Microorganismos de montaña y lactobacilos.	Mejoran la eficiencia y pueden ser obtenidos por los productores a nivel local y ser incorporados al compost.
	Comerciales	Microorganismos descomponedores de la materia orgánica que se pueden obtener a nivel comercial.	Contribuyen a la eficiencia de la descomposición de la materia orgánica.
Minerales	Locales	Harinas de roca, cáscara de huevo, ceniza y harina de hueso.	Aportan diversos minerales y son de acceso local.
	Comerciales	Enmiendas como rocas fosfóricas, cales, sulfatos, óxidos, entre otras.	Permiten un adecuado balance y son fuentes de composición garantizada.

Fuente: Bohórquez (2019), Carrasco (2021), Correa y López (s. f.), Galindo et al. (2018), Laich et al. (2011)



Existe hoy en día un desconocimiento de las proporciones de los materiales y las labores asociadas al proceso de compostaje (figura 33). Estas garantizan las condiciones adecuadas de humedad, ventilación y temperatura necesarias para la generación de la etapa termófila (figura 33), para la eliminación de microorganismos patógenos y la transformación de residuos orgánicos degradables en un material estable y sanitizado (Bohórquez, 2019). Un abono mal obtenido puede ocasionar desbalance de nutrientes, dado que no se ha estabilizado (Luna & Bolaños, 2007). Además, actualmente se vive una crisis en el sector agropecuario debido a los costos de los insumos externos necesarios para mantener altos niveles de producción (Gutiérrez, 2023).

Figura 33. Manejo de residuos orgánicos (excretas de ganado bovino).
Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Con base en lo expuesto, entre los cambios propuestos en el marco del proyecto para mejorar la práctica del compostaje se encuentran los siguientes:

- » Cuando se cuente con un sustrato rico en bovinaza, mezclar con material vegetal (residuos de podas o forraje lignificado) en una proporción 1:3. De esta manera se garantizará un adecuado balance inicial de carbono/nitrógeno cercano a 35:1.
- » En el caso de disponer de biomasa procedente de la producción avícola, se debe aumentar la cantidad de nitrógeno. Para ello, se recomienda aportar a la pila una fuente de nitrógeno, como bovinaza o residuos de cocina (una parte), así, las proporciones serían 2:1 (pollinaza y bovinaza o residuos de cocina).
- » Monitorear la temperatura, evitando que supere los 65 °C, con el apoyo de un termómetro.

Estos cambios en el manejo actual del proceso de compostaje mejorarán el aporte de nutrientes y microorganismos benéficos al suelo, aumentarán la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico e incrementarán la materia orgánica del suelo, entre otros beneficios (para ampliar la información sobre el proceso detallado de elaboración del compostaje, ver los anexos B y C).



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Nutrición en sistemas pecuarios

La ganadería en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, en el municipio de La Cruz, ha sido una actividad comúnmente desarrollada. Sin embargo, esta práctica se ha identificado como una de las principales causas de la deforestación e invasión de zonas frágiles y de protección. Esta situación se agrava debido a la falta de tecnificación y al uso de alimentación inadecuada, lo que incrementa la necesidad de áreas de pastoreo para el manejo extensivo de los animales. Esta situación es reportada así mismo por autores como Maya y Bolaños (2011), quienes indican que, en las zonas de amortiguamiento, se han establecido cultivos transitorios, pastos y forrajes para la producción de ganado de leche, lo cual representa una amenaza por la ampliación de la frontera agrícola desde estas áreas hacia zonas de páramo.

A partir de las entrevistas realizadas a los productores de la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, se encontró que el 46,39 % se dedica a la ganadería. La mayor proporción de ganaderos se encontró en el corregimiento de La Estancia, seguido por San Rafael y Tajumbina. La producción agropecuaria, en su conjunto, plantea una amenaza para los ecosistemas de páramo, debido a prácticas inapropiadas que afectan gravemente el suelo, como la quema de vegetación, el pastoreo continuo y el uso excesivo de agroquímicos. La ganadería, en particular, contribuye a la desaparición de la vegetación autóctona.

En la zona se observa una diversidad considerable en los sistemas pecuarios, que comprende desde la producción lechera hasta la cría y ceba del ganado. El enfoque predominante es la producción lechera y el doble propósito. La distribución es variada en cuanto al número de animales por unidad productiva, con presencia significativa de pequeños hatos. Las razas Holstein y criolla son las predominantes en la región, por sus características productivas y adaptabilidad local. Sin embargo, el nivel de tecnificación y la adopción de prácticas sostenibles en las actividades ganaderas es bajo. En el caso particular de la producción forrajera, predomina el uso de especies naturalizadas, como gramas con baja producción de materia seca y calidad bromatológica; pastoreo continuo, y ganadería extensiva en las áreas cercanas o dentro de las zonas de amortiguamiento. Esto limita el potencial genético de los animales y tiene consecuencias negativas en la eficiencia ambiental y capacidad de adaptación futura.



Así, es esencial implementar prácticas sostenibles de alimentación animal en las áreas cercanas o dentro de las zonas de amortiguamiento, para preservar los servicios ecosistémicos clave y la integridad de los páramos, además de aumentar la eficiencia en la producción de leche, ganado doble propósito o ceba. El manejo adecuado de la alimentación en el ganado bovino, junto con prácticas como rotación de potreros, fertilización, alimentación con forrajes, gestión adecuada del suelo, manejo del recurso hídrico, suplementación estratégica, sistemas silvopastoriles y bienestar animal, pueden reducir significativamente los costos de producción y contribuir a la conservación ambiental (Mendoza & Ricalde, 2016).

A continuación, se abordan las consideraciones clave para el establecimiento exitoso de estrategias destinadas a gestionar de manera sostenible los recursos que intervienen en el ecosistema, como el agua, el suelo, la planta y los animales. Estas estrategias contribuirán a la conservación ambiental y al bienestar de las comunidades locales.

Pastos y forrajes

Los forrajes o pastos son la principal fuente de alimentación para el ganado bovino, dado que su sistema digestivo y fisiología están adaptados con el fin de extraer los nutrientes para expresar su genética, ya sea en la producción de carne o de leche (Araujo, 2005). Además, son la fuente de alimento más económica para rumiantes, siempre y cuando se suministren en condiciones óptimas.

La productividad de los animales, ya sea en términos de ganancia de peso o producción de leche, fluctúa dependiendo de la calidad y cantidad de las pasturas ofrecidas. También depende de otros factores, como la época de consumo, la especie forrajera, el acceso al forraje, la influencia climática en la producción de este y el nivel de degradación de una pradera. Por lo tanto, la producción de forrajes está condicionada por las características del suelo, la cantidad de lluvia, el verano intenso, las heladas, el nivel de radiación solar, y la presencia de plagas, enfermedades o arvenses (Morales-Valecilla & Ortiz-Grisales, 2018).

La implementación apropiada de pastos y forrajes en zonas de amortiguamiento es una práctica fundamental para la reconversión productiva sostenible en estos ecosistemas. Para asegurar una adecuada producción

de pasturas se sugiere seguir las siguientes recomendaciones:

Selección de semillas: según Castro et al. (2023), la selección de semillas para la siembra de pastos en zonas de amortiguamiento debe cumplir con los siguientes criterios:

- » Adaptación a la textura, pH y contenido de materia orgánica en el suelo, así como a las variaciones en la temperatura, niveles de humedad y precipitaciones propias de la región. Las semillas deben ser tolerantes a las heladas y con capacidad alta de rebrote después del pastoreo.
- » La siembra de pastos o forrajes en monocultivo no garantiza la producción constante de biomasa forrajera durante todo el año, y fomenta el desarrollo de plagas y enfermedades en la pastura. Por consiguiente, se recomienda optar por la siembra de diferentes especies de gramíneas y leguminosas, las cuales son más tolerantes a heladas y contribuyen al equilibrio de nutrientes en el suelo, lo que reduce el uso de fertilizantes químicos. La utilización de estas especies no solo amplía la oferta nutricional para los animales, sino que también incrementa el consumo de materia seca y la producción de biomasa por hectárea.
- » La optimización de la productividad y calidad nutricional en las áreas de pastoreo se logra mediante un manejo combinado de forrajes nativos y semillas de forrajes mejorados y adaptados. Aunque las praderas nativas desempeñan un papel importante, no proveen todos los nutrientes esenciales necesarios. La implementación estratégica de semillas de forrajes mejorados y adaptados se presenta como una solución efectiva para aumentar la productividad y la calidad nutricional en las zonas de pastoreo.
- » El uso de pastos con potencial de rebrote y crecimiento permite intensificar la cantidad de pastoreos realizados en cada lote durante un lapso. Entre mayor número de pastoreos se realice, mayor será la capacidad de carga y producción de los animales por hectárea, lo que evita el sobrepastoreo.

Siembra: el método más utilizado para la siembra de pasturas es al voleo. Sin embargo, se recomienda la siembra directa en el surco realizado en

la preparación de suelo. Esto permite la mezcla entre pastura nativa y el nuevo germoplasma. Posteriormente, se debe aplicar riego y garantizar la humedad en el suelo para acelerar la germinación de las semillas sembradas (FAO & MADS, 2018).

Manejo del pastoreo: para evitar la degradación del suelo y la pérdida de los forrajes sembrados, es importante hacer un manejo del pastoreo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- » Pastoreo rotativo o en franjas, para permitir la recuperación y baja degradación de las praderas pastoreadas.
- » División de potreros en áreas pequeñas (aprox. 2.000 m²) y utilizando cerca eléctrica. La cerca eléctrica debe ubicarse en la parte delantera del lote donde el forraje aún no se ha pastoreado por los bovinos para que los animales consuman el alimento necesario diariamente y evitar así el daño de la pastura por pisoteo, heces y orina. Esto facilita el consumo de todo el pasto de la franja diaria y reduce la selección de ciertas especies de plantas por parte de los animales (Castro et al., 2022).
- » También se debe hacer uso de cerca en la parte posterior, para asegurar una distribución uniforme del estiércol en todo el potrero y evitar el consumo del rebrote del pasto.

Cálculo de capacidad de carga: se debe considerar con cuánto forraje se dispone, el número de animales y determinar así el tiempo durante el cual se contará con suministro de forraje. Este se calcula teniendo en cuenta el peso de un animal y su consumo, que corresponde al 12 % de su peso en forraje verde. Por ejemplo: un animal de 500 kg debe consumir aproximadamente 60 kg de forraje verde ($500 \text{ kg} * 12 \% = 60 \text{ kg}$). Este cálculo se debe realizar para el peso total de todos los animales, o con un estimado. Es necesario cuantificar el forraje producido por metro cuadrado, lo cual permitirá evaluar el lapso de tiempo que podrán permanecer los animales sin sub o sobrepastorear. Además, se deben determinar los desperdicios o pérdidas de forraje, que, en general, es cubierto por el estiércol, y que oscila entre el 20 y el 30 % (Cardona et al., 2022).



Lo anterior permitirá identificar las épocas en las que se presentará menor o mayor cantidad de alimento, lo cual ayuda a proveer la suplementación estratégica a los animales cuando sea necesario y garantizar la producción constante, sea de carne o de leche.

Suplementación animal

La suplementación animal debe ser planificada cuidadosamente, comenzando por el uso eficiente de los forrajes disponibles. Dependiendo del nivel de escasez, se elabora un plan de suplementación para garantizar la productividad constante de los animales. Para ello, se deben considerar cuatro factores principales: a) el tipo de animal que recibirá el suplemento, ya sea bovino de carne o leche; b) el estado fisiológico del animal, que puede variar entre producción, posparto, vaca seca, terneros, entre otros; c) el volumen diario de producción de leche o ganancia diaria de peso, y d) la evaluación de la condición corporal del animal (escala 1 a 5 en ganado de leche y doble propósito).

La suplementación estratégica busca ofrecer a los animales los nutrientes que necesitan para vivir y producir cuando el forraje es escaso o no aporta dichos nutrientes diariamente (Cardona et al., 2022). Existen diferentes tipos de suplementos alimenticios, los cuales se describen a continuación:

Sales mineralizadas: las sales se componen de macro y micro minerales, como calcio, fósforo, magnesio, zinc, selenio, entre otros, que no pueden ser obtenidos por los animales a partir de los forrajes. Estos minerales son muy importantes porque hacen parte fundamental de huesos, músculo y leche, así como del funcionamiento vital del animal (crecimiento y reproducción). El consumo promedio de sal mineralizada en bovinos se maneja así:

- » Vacas adultas con producción entre 10 y 12 l de leche: 100 a 110 g al día (para animales con producción mayor a 12 l se debe suplementar con 5 g por cada 2 l de leche adicionales).
- » Vacas secas, reproductores y novillas de vientre: 50 g al día.
- » Terneros y animales de levante: 20 a 50 g al día (González, 2018).



La suplementación con sales mineralizadas se debe hacer diariamente, ya que la ausencia de algunos minerales limita el aprovechamiento de nutrientes presentes en el forraje.

Vitaminas: las vitaminas y los micronutrientes contribuyen al desarrollo normal de diferentes rutas metabólicas, lo que lleva al adecuado desarrollo de las rutas celulares, la multiplicación y el desarrollo de los tejidos. Además, las vitaminas son responsables de fortalecer el sistema inmunológico, lo que ofrece defensa ante agentes que puedan ocasionar enfermedades en el organismo animal. Las vitaminas son suministradas a los animales por medio de la alimentación (pastos o suplementos), siendo A, E, C y las del complejo B las de mayor importancia, por lo que deben suministrarse ante deficiencias manifestadas en el mal estado de salud de los animales (Campos-Granados, 2015).

Bloques multinutricionales: son un tipo de suplemento sólido. Su composición nutricional depende de la especie de animal a alimentar y del tipo de materias primas a utilizar, que deben tener altos contenidos de energía o proteína. Los bloques multinutricionales para rumiantes (bovinos, caprinos u ovinos) permiten una adición alta de proteína, la cual proviene de fuentes como la urea y la soya. Otras fuentes no poseen contenidos tan altos, como los materiales que provienen de arbustos forrajeros, que son más económicos y de fácil adquisición en el medio (Cardona et al., 2022).



Los ingredientes que se pueden utilizar para la elaboración de bloques multinutricionales y su nivel de inclusión en la mezcla se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Ingredientes para la elaboración de bloques multinutricionales

Tipos de fuente	Ingredientes	Rangos
Energía (fibrosa)	Heno, bagazo de caña, tusa, rastrojos, salvados.	15-30
Energía (no fibrosa)	Melaza, cachaza, mucilago, azúcar, glicerol.	30-60
Proteína NNP (nitrógeno no proteico)	Urea, gallinaza, pollinaza.	5-20
Proteína verdadera	Tortas, semillas, harinas de leguminosas.	5-30
Minerales comerciales	Azufre, sal mineralizada, mezclas vitamínicas.	1-5
Minerales ligantes	Cal hidratada, yeso.	8-10
Minerales locales	Harinas de roca, harina de hueso, cáscara de huevo.	1-3

Fuente: Elaboración propia

Según el Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023, en el municipio de La Cruz (Nariño) se presentan importantes producciones de maíz, arveja, frijol, café, trigo y plátano, que, aunque no son las principales fuentes de ingresos de los productores, comportan un ingreso extra. Estos cultivos y sus residuos podrían ser utilizados como fuente secundaria de alimentación animal, sea como granos de segunda o como residuos, lo que ayudaría a que la elaboración de los bloques multinutricionales sea más económica.

Los rangos de inclusión permiten remplazar materias primas de acuerdo con la disponibilidad y reducir los costos de producción en la alimentación de los bovinos. Para garantizar el mezclado y la compactación de los bloques, se emplean siempre dos materias primas fijas: melaza y cal hidratada. El procedimiento para la elaboración de estos bloques multinutricionales se puede consultar en el anexo E.

Sistemas silvopastoriles

El municipio de La Cruz se destaca por su diversidad productiva. En este contexto sobresale el sistema ganadero doble propósito, el cual se ha desarrollado, durante varios años, de manera empírica y convencional. Si

bien se destacan en él los conocimientos ancestrales, también es necesario hacer ajustes y recomendaciones en el manejo de los sistemas de forrajes leñosos, así como de las pasturas con alto contenido nutricional, como alternativa alimenticia y de manejo sostenible (figura 34).



Figura 34. Lote de novillas de levante en un diseño silvopastoril de árboles dispersos y árboles para protección de fuente hídrica en el municipio de Pasto, Nariño.

Foto: Brayan Andrés Rojas y Diana Katerin Salazar



Ahora bien, el ecosistema andino posee una diversidad de plantas nativas cuya importancia radica en su riqueza específica y porcentaje de endemismo. Este bioma ofrece servicios ecosistémicos relevantes, como agua, oxígeno, madera, leña, flora y fauna (Bacca & Burbano, 2018). Actualmente, los sistemas productivos convencionales han perturbado gravemente estos ecosistemas de alta montaña.

El uso de árboles y arbustos en interacción positiva con el resto de los componentes agrícolas y pecuarios es una práctica antigua en los Andes y ahora se ve como una herramienta prometedora para el manejo sostenible de la tierra (Ramachandran et al., 2021).

Este modelo facilita el uso de los recursos naturales, por cuanto disminuye la presión en los ecosistemas de alta montaña, favorece la expansión de la frontera agrícola, mejora las condiciones de los suelos en zonas donde los monocultivos —como papa o pasturas— los han degradado, regula el recurso hídrico, protege la biodiversidad de flora y fauna, y contribuye a la interconexión de paisajes ganaderos con corredores biológicos (Bacca, 2022).

De acuerdo con sus componentes, los sistemas agroforestales se clasifican en: sistemas silvoagrícolas (figura 35), en los que interactúan el componente leñoso y agrícola; sistemas agrosilvopastoriles (figura 36), los cuales cuentan con los componentes leñoso, agrícola y ganadero, y los sistemas silvopastoriles (figura 37), donde los componentes leñoso y ganadero confluyen con el objetivo de llegar a la sostenibilidad productiva de los sistemas pecuarios (Ramachandran et al., 2021; Somarriba & Quesada, 2009).



Figura 35. Diseño de sistema silvoagrícola.
Foto: Pedro Pablo Bacca Acosta



Figura 36. Diseño de sistema agrosilvopastoril.
Foto: Carolina Guatusmal



Figura 37. Diseño de sistema silvopastoril.

Foto: Pedro Pablo Bacca Acosta

Sobre este último particular, los sistemas silvopastoriles han tenido poca adopción en la región, ya que el departamento de Nariño se caracteriza por los minifundios (figura 38), lo que podría limitar la implementación del componente leñoso en fincas, y porque, para algunos productores, este sistema disminuye el área de uso agrícola.



Figura 38. Minifundios agrícolas presentes en la zona andina del departamento de Nariño.

Foto: Pedro Pablo Bacca

Ante esta situación, en la zona andina se han propuesto sistemas relevantes para la producción pecuaria, como cercas vivas y bancos de proteínas, ya que para su establecimiento se pueden implementar los linderos de los predios, lo que permite delimitar y realizar la división de potreros. Adicionalmente, dichos sistemas se soportan en principios ambientales y ecológicos, son de bajo costo, sirven para suplementar la alimentación de los animales y tienen una implementación simple. En la figura 39 se presenta un ejemplo de sistema silvopastoril.



Figura 39. Diseño de sistema silvopastoril para el trópico alto con pasturas naturales y banco de proteínas con colla.

Fotos: Diego Leonardo Cortés Delgadillo



Foto: Lina Marcela Ríos Peña

El uso de sistemas silvopastoriles en los ecosistemas de alta montaña ha permitido ofrecer alternativas y diversidad forrajera para el sistema ganadero bovino, especies menores y cuyes. Para seleccionar especies en un sistema silvopastoril, se deben considerar los siguientes criterios: alto contenido nutricional, rápido crecimiento, alto porcentaje de rebrote —permitirá soportar el ramoneo directo por parte del animal— y alta palatabilidad.

En relación con lo anterior, en el Centro de Investigación Obonuco de AGROSAVIA se han estudiado cuatro especies arbustivas que aportan al animal un alto contenido de proteína y que, al mismo tiempo, cumplen con las condiciones antes mencionadas, como es el caso de sauco (*Sambucus nigra* K.), colla (*Smalanthus pyramidalis* T.), botón de oro (*Tithonia diversifolia* H.) y tilo (*Sambucus nigra*, Sub., *Peruviana* K.)

En el corregimiento de La Estancia, del municipio de La Cruz, se ha establecido participativamente un sistema silvopastoril, conformado por un banco de proteínas y un sistema de pastura en con arbustivas para ramoneo (figura 40 y figura 41). Se usaron especies leñosas nativas con potencial forrajero y se dispusieron semillas de pastos evaluados para diversificar la producción. Se busca que en el futuro esta se convierta en una finca piloto donde, mediante capacitaciones e intercambio de experiencias, se promueva la implementación de estos modelos en nuevas áreas con problemas similares de forraje y de afectación de ecosistemas naturales, y estimular así la producción sostenible.





Figura 40. Establecimiento de un sistema silvopastoril para ramoneo en el municipio de La Cruz (Nariño). a. Uso de agronivel para siembra en zonas de pendiente; b. Ahoyado y siembra de material vegetal para el sistema silvopastoril de ramoneo. Fotos: Pedro Pablo Bacca Acosta

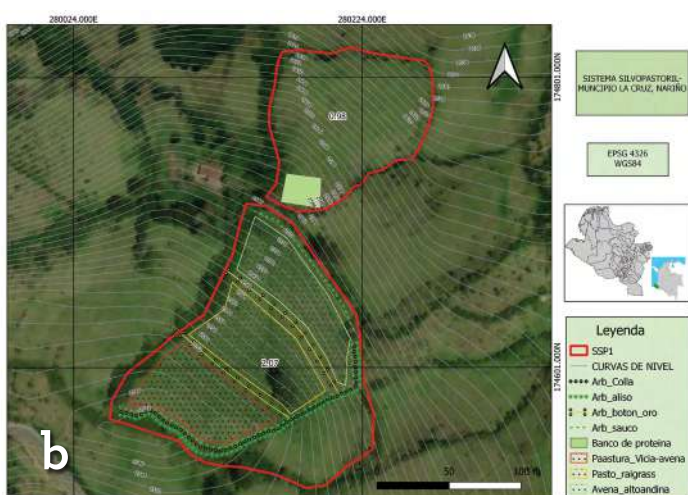


Figura 41. Establecimiento de un banco de proteínas en el municipio de La Cruz (Nariño). a. Trazado y ahoyado para la siembra de material vegetal; b. Mapa de establecimientos de sistemas silvopastoriles. Foto: Pedro Pablo Bacca Acosta

Implementar un modelo agroforestal a través de un manejo silvopastoril en las unidades productivas puede traer múltiples beneficios de tipo ambiental, económico y de bienestar animal, tal como se describe a continuación:

- » En zonas de alta montaña, el componente arbóreo y arbustivo resulta relevante, pues puede ser una fuente de protección en áreas con viento excesivo y heladas. Se genera así, cuando se interactúa positivamente, un microclima adecuado para el desarrollo animal y de pasturas.
- » Con el componente leñoso, el consumo de agua por parte del ganado se reduce, ya que está protegido por la sombra.
- » El uso de alimentos concentrados disminuye, por cuanto las especies forrajeras implementadas mejoran la calidad nutritiva para el ganado y las especies menores, como cuyes.
- » El uso de especies arbóreas y arbustivas leguminosas puede favorecer la recuperación de suelos degradados, ya que fijan nitrógeno, lo que permite remplazar fertilizantes nitrogenados y reducir los costos de fertilización.
- » El sistema silvopastoril favorece la diversidad biológica —representada en aves, insectos y pequeños mamíferos— y la interconexión entre sistemas productivos generada a partir de los corredores biológicos; así mismo, permite una sinergia entre el bosque y las áreas con vocación agrícola.

Manejo integrado de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades en los diferentes sistemas productivos en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C y, en general, en la agricultura actual —desde la aparición de la Revolución Verde a finales del siglo XX—, depende en gran medida del uso de productos de síntesis química (figura 42), como insecticidas (control de plagas), fungicidas (control de enfermedades) y herbicidas (control de malezas). Se trata de una forma efectiva de mantener un nivel económicamente aceptable de presencia de plagas y enfermedades en los cultivos (Cotes, 2018). Estos productos se caracterizan por tener un efecto inmediato y por su alta eficiencia en el control de plagas y enfermedades de

interés. Semejante arsenal químico garantizó, inicialmente, el aumento de las cosechas, sin embargo, dentro de las desventajas que presentan estos productos se encuentra su alta toxicidad y su amplio espectro de control. Esto afecta de forma negativa las diferentes especies de organismos benéficos, entre los cuales figuran enemigos naturales —como parasitoides, depredadores y entomopatógenos— y polinizadores. También comporta ciertos efectos colaterales, como contaminación de fuentes hídricas subterráneas, alta dependencia, altos costos económicos y afectaciones a la salud de los agricultores y consumidores de productos de origen agrícola (Zepeda-Jazo, 2018).



Figura 42. Aplicación de agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas en cultivo tradicional de papa criolla.
Foto: David Rodríguez Puertas

El concepto de manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses nocivas surge a principios de la década de los setenta, en respuesta a las preocupaciones sobre los impactos de los plaguicidas en el medio ambiente y la salud humana. Se trata de una estrategia que integra varios tipos de control (figura 43), entre los que resulta importante resaltar los

controles cultural, biológico, químico, etológico, legal y genético. Así, el manejo químico es la principal herramienta asociada a la integración de los diferentes tipos de control (Benavides et al., 2013).

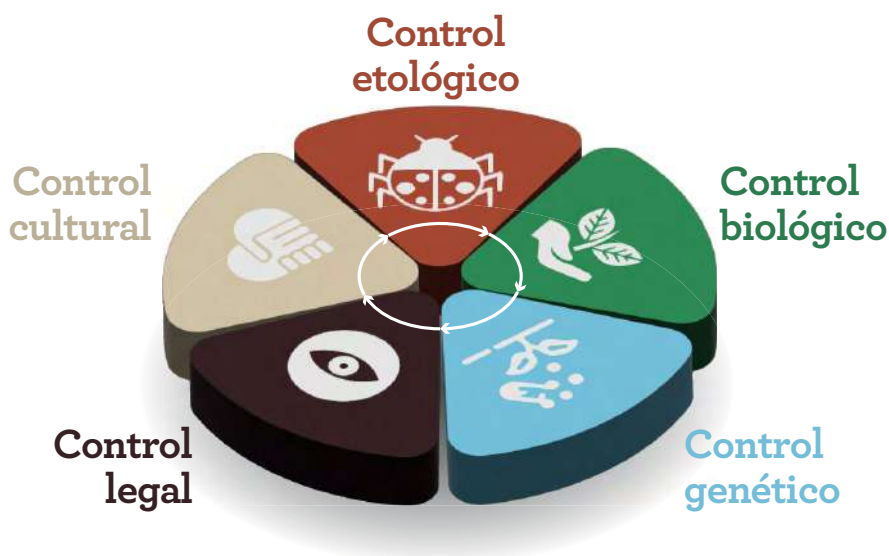


Figura 43. Factores involucrados en el manejo integrado de plagas y enfermedades.
Fuente: Elaboración propia

El control cultural hace referencia a aquellas acciones encaminadas a manipular algunas condiciones de cultivo, haciéndolas menos favorables para la aparición de plagas, enfermedades y arvenses nocivas, lo que reduce la posibilidad de ataques por encima del nivel económico tolerable. Entre dichas acciones se cuentan: utilizar semillas de buena calidad, establecer distancias de siembra adecuadas para no favorecer microclimas y realizar la aplicación eficiente de productos biológicos y químicos. Algunas prácticas, como el encalado, generan un efecto adverso para algunos patógenos del suelo, como es el caso de *Plasmodiophora brassicae*, que produce la enfermedad hernia de las crucíferas (Botero et al., 2022); otras, como el aporque en papa, controlan arvenses y generan una barrera física para el ataque de plagas, como el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) y la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) (Porrás & Herrera, 2015).

Por su parte, el control etológico hace referencia al uso de trampas atraentes, como las feromonas, las trampas de luz, las trampas de caída y las trampas amarillas o las azules (Benavides et al., 2013). El uso de trampas amarillas (figura 44) es eficiente para atraer insectos como la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) y la mosca blanca o palomilla (*Bemisia tabaci*) (Cuesta et al., 2021). Otro ejemplo son las trampas con alcohol, que funcionan como atrayentes de adultos de la broca del café (Benavides et al., 2013).



Figura 44. Monitoreo de insectos plaga y vectores de enfermedades del orden Hemiptera, a través de trampas amarillas pegajosas.

Foto: David Rodríguez Puertas

El control genético, por otro lado, hace referencia a la selección y obtención de variedades con características de resistencia a los problemas sanitarios de interés, mientras que el control legal hace referencia a las acciones gubernamentales para mitigar los efectos adversos del ataque de plagas, enfermedades y arvenses nocivas.

Otro método empleado, y con notorias diferencias respecto al manejo integrado, es el manejo ecológico de plagas. En este caso, el diseño de agroecosistemas se basa en principios agroecológicos para lograr la reducción sustancial de la incidencia de plagas, enfermedades y arvenses de interés, lo que hace a los cultivos menos vulnerables a sus ataques (De la Cruz, 2018). En esta técnica se deben considerar aspectos fundamentales como la relación con el entorno, el arreglo de sus diferentes componentes y las prácticas de cultivo aplicadas, como el manejo de la fertilidad natural del suelo y el manejo de microclimas, factores que pueden reducir eficientemente y de manera duradera los problemas ocasionados por plagas, enfermedades y malezas.

El manejo de la biodiversidad genera mecanismos de regulación del agroecosistema, con prácticas como asociación de cultivos, corredores biológicos, cultivos trampa, manejo de coberturas e incorporación del componente arbóreo (agroforestería), que contribuyen a la reducción de insectos-plaga debido a la presencia de un mayor número de enemigos naturales. El abonamiento con materia orgánica, el manejo de coberturas y el *mulching* contribuyen a la actividad a nivel de suelo, lo que favorece la fertilidad natural y reduce ostensiblemente los riesgos por ataque de patógenos (Altieri & Nichols, 2018).

Con el objetivo de iniciar procesos de transición agroecológica, se implementaron estrategias como el monitoreo a través de trampas para insectos en los lotes de producción, acompañado del establecimiento de una biofábrica para la elaboración de biofertilizantes líquidos y sólidos, cuya base son los residuos de la actividad pecuaria (estiércol), de la producción de especies menores (gallinaza) y de las labores agrícolas. Estas estrategias se acompañaron con la integración, multiplicación y mantenimiento de microorganismos de montaña (fotosintéticos, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras), denominados comúnmente como *microorganismos eficientes*, para acelerar el proceso de curado de estos biofertilizantes y enriquecer los suelos con dichos microorganismos.

Otros insumos preparados fueron el caldo sulfocálcico —usado para el control de hongos patógenos y ácaros—, el hidrolato de ajo-ají y el caldo bordelés. Estos se emplearon junto con el control biológico a través de



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

hongos, entre ellos *Trichoderma* sp., para el control de patógenos del suelo —como *Fusarium* sp.—, y *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* y la bacteria *Bacillus thuringiensis*, usados para el control de insectos-plaga. Estas estrategias contribuyen positivamente en la sustitución de agroquímicos y fertilizantes inorgánicos nocivos para el medio ambiente, lo que mitiga el efecto adverso generado por el uso excesivo de este tipo de productos.

Ahora bien, si los monocultivos se mantienen como la base estructural de los sistemas agrícolas modernos, los problemas sanitarios perpetuarán el uso de plaguicidas químicos, al conservar la simplificación de la vegetación, lo que limita las oportunidades ambientales para el establecimiento y supervivencia de los enemigos naturales. Existen claros signos de que el control con insumos de síntesis química ha llegado a su límite, considerando principalmente su alto costo ecológico, lo que ha generado la necesidad de incorporar estrategias alternativas basadas en el uso de principios ecológicos para aprovechar al máximo los beneficios de la biodiversidad en la agricultura presente y futura, incorporando el concepto amplio de sostenibilidad en la producción agrícola y pecuaria (Altieri & Nichols, 2018).

La zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, en el municipio de La Cruz, se caracteriza por la agricultura de tipo minifundista, con un bajo nivel de tecnificación y sin la prestación de asistencia técnica especializada. El principal cultivo de la zona es la achira (*Canna indica*) y, de acuerdo a lo evidenciado en los diferentes corregimientos del municipio, y según los reportes de Ortega et al. (2020), existen algunas plagas de interés en el cultivo, entre las que resaltan los lepidópteros, como *Glyphipterix* sp. (Glyphipterigidae), *Spodoptera* sp. (Noctuidae), *Calpodes ethlius* y *Cobalus cannae* (Hesperiidae) —los cuales generan daño principalmente en su estado larval—, y el chinche *Ischnodemus* sp. (Hemiptera: Blissidae), que genera daño por la succión de savia de las plantas de achira.

El control de estos insectos plaga se realiza a través de la aplicación, ciclo tras ciclo de cultivo, del insecticida numetrin (ingrediente activo cipermetrina), con un alto riesgo de aparición de resistencia en las poblaciones de insectos. Sin embargo, se han encontrado, asociados a estos insectos plaga, posibles controladores biológicos, como una avispa parasitoide de la familia Ichneumonidae, relacionada con el biocontrol de *Glyphipterix* sp. Para el caso de *Ischnodemus* sp. se reportan dos enemigos naturales: una avispa parasitoide de huevos (Hymenoptera: Chalcidoidea) y el entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), que comportan posibilidades de control biológico en el cultivo de achira. El escenario descrito permite pensar en la viabilidad de este tipo de control y en la necesidad del fomento, entre la población de cultivadores, de la aplicación de productos comerciales, como el Sáfermix, que contienen estos entomopatógenos.

Otros cultivos de interés en la zona de estudio son los frutales, como la uchuva, la fresa y la granadilla, en los que el control de plagas y enfermedades se lleva a cabo por medio de químicos. Sin embargo, se han implementado acciones como el monitoreo de plagas —tales como ácaros, trips y pulgones— a través de trampas pegajosas de color amarillo, azul y blanco. Además, se ha promovido la sustitución de insumos químicos por preparados realizados en las fincas, como el caldo sulfo-cálcico, caldo bordeles, caldo ceniza, hidrolato de ajo-ají, entre otros, que rompen la dependencia del insumo químico, son menos tóxicos y presentan menor costo económico. Estos controlan de manera eficiente plagas y enfermedades, como *Alternaria*, *Botrytis* y *Cercospora*, entre otras. Al mismo tiempo, el uso de hongos como *Trichoderma* sp., para el control de patógenos del suelo —como *Fusarium* sp.— en cultivos de uchuva y granadilla, contribuye de manera positiva al aumento de la sostenibilidad de los diferentes sistemas productivos de interés.

Así, la adopción de un manejo integrado de plagas y enfermedades en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C, en La Cruz (Nariño), es esencial para mejorar la productividad de los sistemas agropecuarios.

Manejo integral socioeconómico

Las particulares condiciones, ambientales y geográficas, a las cuales se enfrentan los productores localizados en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C en el municipio de La Cruz representan grandes desafíos, tanto para la conservación sostenible de los recursos naturales de este frágil ecosistema como para el bienestar de las comunidades que dependen de él. En este contexto, el presente apartado se enfocará en proporcionar recomendaciones generales en torno a aspectos clave como la economía solidaria, los costos de producción, la comercialización y el mercadeo de los productos originarios de la zona.

Estas alternativas tienen como propósito brindar herramientas útiles para mejorar la toma de decisiones, de modo que se promueva un desarrollo sostenible y equilibrado entre la protección del páramo y la viabilidad económica de las actividades productivas que se desarrollan en el territorio.

De ahí que las acciones desde el enfoque participativo de la economía solidaria busquen fortalecer la cohesión social y promover modelos económicos incluyentes que beneficien a todos los actores.

Por su parte, el manejo de costos de producción con alternativas de optimización de insumos, gestión de residuos y adopción de tecnologías sostenibles no solo beneficiará a los productores en la rentabilidad y viabilidad de sus actividades productivas, sino que también tendrá una estrecha relación con la preservación de la biodiversidad.

Así mismo, es indispensable analizar opciones de comercialización que permitan acceder a nichos de mercado diferenciados, resaltando atributos de origen y la sostenibilidad de los productos del páramo. El diseño de estrategias de *marketing* resultará clave para mejorar la competitividad. En este sentido, es fundamental conocer las percepciones y experiencias de los productores locales, quienes son actores clave en la cadena de valor de estos productos.

Con base a los resultados descritos en capítulo I, referente a las “Organizaciones de base y asociatividad”, se implementaron estrategias para fomentar el trabajo colaborativo y fortalecer las capacidades de campesinos

y campesinas dedicados a la producción de almidón de achira, frutales y al sistema productivo de ganadería, mediante escuelas de campo y talleres participativos. Además, se realizaron jornadas con jóvenes rurales en torno a prácticas de manejo sostenible en los sistemas agrícolas y pecuarios del Colegio Agropecuario Miguel Ángel Rangel, del corregimiento de Tajumbina. Así, se logró la participación de 157 personas en 18 eventos realizados.

Entre las conclusiones y aprendizajes expresados por los y las participantes, se destacan estos espacios como medios para el intercambio de conocimientos entre el personal técnico del proyecto y los vecinos y compañeros de sus asociaciones. Se espera que estos eventos puedan seguir siendo autogestionados por las organizaciones locales, consolidando así un modelo de desarrollo rural participativo y sostenible. Esta continuidad permitiría fortalecer el tejido social, mejorar las prácticas productivas y fomentar la resiliencia de las comunidades agrícolas frente a los desafíos del sector.

Respecto al manejo de costos de producción, el 80,41 % de los productores encuestados no lleva registro, mientras que solo el 19,59 % ha tomado conciencia de la importancia de realizarlo para la planificación de sus parcelas productivas. Es menester aclarar que, antes de implementar estrategias más complejas de monitoreo, como el seguimiento de plagas u otros aspectos técnicos, es fundamental fomentar el hábito de llevar registros básicos entre todos los agricultores de la zona. Esta práctica sentará las bases para una gestión efectiva de la información y facilitará la posterior adopción de sistemas de monitoreo más robustos, lo que permitirá tomar decisiones con fundamento en datos reales. Iniciativas de capacitación y acompañamiento serán claves en la toma de conciencia, por parte de los productores, sobre la importancia de los registros, y para brindarles las herramientas necesarias para gestionarlos de manera sencilla, como guías o libros de campo.

En cuanto a la comercialización, gran parte de la producción agrícola sin valor agregado se vende a intermediarios que compran los productos directamente en el lote y los destinan a ciudades como Pasto, Bogotá, Cali, Ibagué, Zipaquirá y al municipio de La Cruz.

Para el sistema pecuario, la ganadería de leche representa una actividad económica tradicional de importancia para la comunidad, con una producción promedio de 4 L/día. El litro es comercializado a \$ 1.800, y se reporta una elaboración ocasional de quesos artesanales, a un costo de \$ 5.500 en tiendas de barrio. Cabe destacar que esta actividad puede entrar en conflicto con los objetivos de conservación del páramo, de modo que se evidencia la necesidad de ofrecer estrategias de ganadería sostenible a los productores.

Dichas estrategias deberían enfocarse en minimizar el impacto ambiental de la actividad ganadera mediante prácticas como el manejo adecuado de desechos, la rotación de potreros para evitar el sobrepastoreo, el establecimiento de sistemas silvopastoriles que combinen la producción ganadera con la siembra de árboles y arbustos, y la implementación de técnicas de producción más limpia.

A continuación, se presentan algunas estrategias para encausar el manejo socioeconómico integral en la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C.

Economía solidaria

Las estrategias de acción colectiva buscan aunar esfuerzos para mejorar la productividad y la forma de comercialización, de manera que los productores del CPDJ puedan ver en la asociatividad una alternativa para mejorar sus condiciones a partir de a) consecución de activos; b) compra de insumos; c. acceso a fondos y recursos financieros locales, nacionales e internacionales; d) intercambio de experiencias y conocimiento; e) reducción de riesgos y cargas; f) economías de escala, y g) comercialización conjunta.

Además, la implementación de acciones de economía solidaria se presenta como un componente esencial para reducir el impacto ambiental. A través de prácticas agrícolas sostenibles, como la planificación colectiva —que involucra la rotación de cultivos—, la eficiencia en el uso de pastizales, la creación de áreas de descanso para prevenir la erosión del suelo, la adopción de sistemas de riego eficientes, el fomento de negocios verdes y la obtención colectiva de certificaciones ambientales, se refuerza el compromiso conjunto de los productores de la zona con la protección del medio ambiente.



En este sentido, articular las asociaciones con otras organizaciones del sector agropecuario, como cooperativas, gremios, entidades gubernamentales y ONG, debe ser una tarea prioritaria. La articulación se logrará mediante el establecimiento de alianzas estratégicas y mecanismos de coordinación efectivos. Se promoverá el diálogo constante y la comunicación abierta, creando mesas de trabajo conjunto donde se puedan discutir desafíos, compartir buenas prácticas y acordar planes de acción colaborativos. Además, se explorarán oportunidades para participar en iniciativas conjuntas, como proyectos de investigación, programas de capacitación o campañas de sensibilización ambiental. Estas actividades permitirán aunar esfuerzos, optimizar recursos y lograr un mayor impacto.

Por otro lado, se establecerán convenios y acuerdos formales que definan los roles y compromisos de las partes involucradas, para garantizar una gestión coordinada y el aprovechamiento idóneo de los recursos naturales. Tanto los asociados como los funcionarios de diversas instituciones deben trabajar de manera conjunta para asegurar que los recursos sean aprovechados de forma sostenible, lo que promueve una gestión responsable y colaborativa de los activos ambientales en la región.

Costos de producción, comercialización y mercadeo para la reconversión productiva

Los constantes fenómenos a los que se ven expuestos los productores por cambios climáticos, incrementos en insumos agropecuarios, volatilidad en los precios de los productos finales, políticas agrícolas, entre otros factores, han puesto en peligro la rentabilidad y sostenibilidad de sus actividades agropecuarias. Si bien la ubicación de estas unidades productivas en zonas de páramo cuestiona su sostenibilidad ambiental, este tipo de situaciones los ha llevado a ser conscientes de la optimización de recursos, en busca de alternativas que les permitan mejorar la toma de decisiones y reducir los costos de producción (Husain-Talero, 2018; Casanova et al., 2021). En ese contexto, y sujetas a un análisis exhaustivo de su viabilidad ambiental a largo plazo, algunas opciones que el productor podría contemplar son:



- » *Identificación de procesos inadecuados*: establecer una guía de campo que permita delimitar aquellas actividades con mayor requerimiento de recursos, e identificar ineficiencias o cuellos de botella que puedan presentarse en la producción. Reconocer estos procesos permitirá mejorar la toma de decisiones. Sumado a esto, es necesario realizar planeación de siembra, con el fin de mitigar las posibles pérdidas por condiciones climáticas.
- » *Adquisición de insumos a bajos precios*: realizar compras asociativas en volumen de insumos, materiales o servicios puede ser una alternativa para obtener precios más amables a las necesidades del productor.
- » *Fabricación de compostaje*: implementar alternativas más amigables con el ambiente, como el uso de fertilizantes orgánicos y fabricados en finca. Es recomendable poner en marcha prácticas de manejo integral en el control de plagas y enfermedades, ya que su administración puede ser un mecanismo en la reducción de agroquímicos, pues es bien sabido que, en la mayoría de las estructuras de costos de producción, este rubro es el de mayor carga económica por parte de los productores.
- » *Cultivos para ganado*: sembrar forraje o pastos para alimentación del ganado, en lugar de comprarlos, puede reducir el costo en estos insumos. Por otra parte, la rotación de parcelas permitirá la recuperación de vegetación, lo que reduciría el uso de suplementos alimenticios.
- » *Implementación de buenas prácticas agrícolas BPA*: reducir o aprovechar los desechos en finca para el desarrollo de abonos y optimización de labores agropecuarias puede mejorar los gastos inadecuados. Por otra parte, la rotación de cultivos puede ayudar a mejorar la calidad del suelo, lo que se traduciría en menor uso de fertilizantes y pesticidas, siendo una menor carga financiera para los pequeños y medianos productores. La asociación de cultivos puede convertirse en otra alternativa.
- » *Mecanización agrícola sostenible*: contemplar el uso de herramientas mejoradas y tecnologías mecanizadas que no requieran una alta inversión en ciertas etapas del proceso productivo puede optimizar la



productividad, además de abrir la posibilidad de un cambio de enfoque desde una agricultura de subsistencia a una de mercado.

- » *Articulación estratégica:* establecer vínculos con actores locales, como secretarías de agricultura, unidades municipales de asistencia técnica (Umata), casas comerciales, centros de investigación o universidades, puede ayudar en la consecución de talento humano idóneo para brindar asesoría técnica, lo que puede mejorar el proceso productivo y los rendimientos en los lotes de los productores, como también contribuir en la ayuda de negociación con proveedores para establecer mejores precios y acuerdos de pago.

Así mismo, tales vínculos pueden convertirse en una fuente de ofertas tecnológicas que incluyan procesos de I+D+i, como en el caso de nuevas variedades disponibles en el mercado, que sean más rentables y con mayor resistencia a plagas y enfermedades.

Economía de escala: mejorar el volumen de producción puede ser una opción para reducir costos unitarios, siendo alternativa para ello la economía solidaria, que facilitaría comprar insumos al por mayor; alquilar maquinaria, transporte y bodega; adquirir o arrendar lotes más amplios o en mayor número, y aprovechar programas locales o nacionales, entre otros beneficios que se verían materializados en mayor productividad.

Trabajo colaborativo: implementar acciones de trabajo comunitario — tipo mingas— en momentos de alta demanda puede ayudar a solventar los costos por contratación de mano de obra en actividades como preparación del terreno, siembra y cosecha, acciones donde se requiere un nivel alto de jornales. Participar de estos escenarios puede también generar espacios de intercambio de saberes y conocimientos para compartir estrategias en la reducción de costos.

Circuitos cortos de comercialización: vender directamente al consumidor, en lote o en plazas locales, reducirá los costos asociados a transporte e intermediación.

Las opciones enlistadas tienen como objetivo reducir los costos de producción. La adecuada optimización de recursos puede traducirse en una serie de eventos favorables en la administración de la unidad productiva, lo cual puede describirse como un círculo virtuoso, detallado en la figura 45.

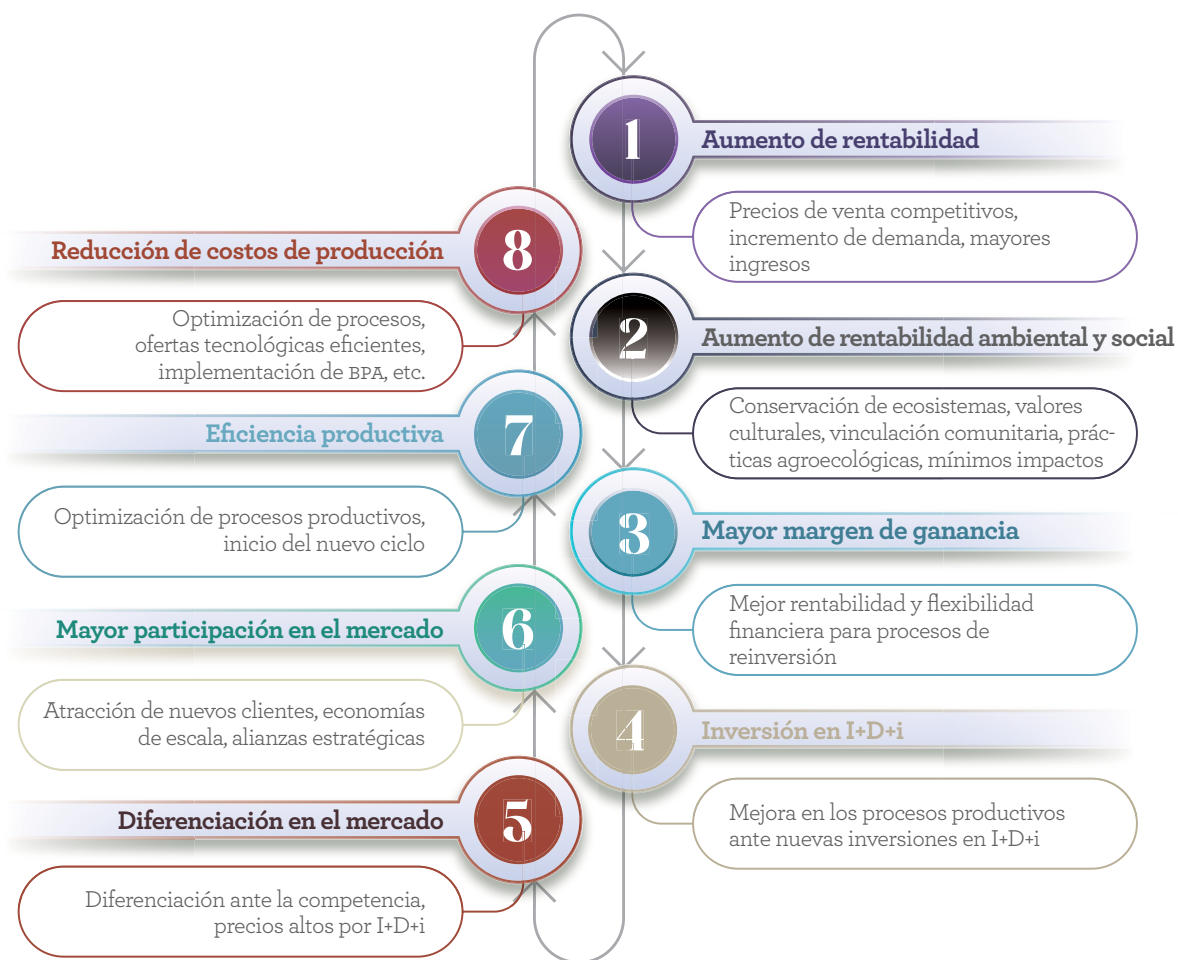


Figura 45. Círculo virtuoso ante la adecuada administración de los costos de producción.
Fuente: Elaboración propia con base en Soto y García (2020), Casanova et al. (2021), Izar y Hernández (2011)

Por su parte, la comercialización es un cuello de botella al que muchos productores tienen que enfrentarse, debido a factores como a) limitada capacidad para tomar decisiones debido a la presencia de numerosos intermediarios; b) dificultades para acceder a nuevos nichos de mercado o canales de comercialización; c) bajo valor agregado o, si existe, mal remunerado; d) desconocimiento del *marketing* y los procesos de negociación; e) fluctuaciones en precios y producción, y f) limitada información relacionada con los mercados (precios, proveedores, competencia, entre otros) (Acevedo & Palacio, 2016; Martínez et al., 2022). En este contexto, algunas opciones a considerar para mejorar los procesos de comercialización se pueden detallar en la figura 46.

Conocimiento del mercado: conocer las necesidades del cliente, para definir acciones acordes a sus requerimientos. Así se identificará la oferta y la competencia, sus fortalezas y debilidades, para establecer procesos de *benchmarking* y nichos de mercado efectivos y potenciales. Un mecanismo para recolectar información básica pueden ser los **sondeos de mercado**, en los que se incluyen variables como precio dispuesto a pagar, cantidad requerida, lugares frecuentes de compra, presentaciones requeridas, entre otras. Si las investigaciones requieren análisis más profundos para realizar inteligencia de mercados, se recomienda aplicar **estudios de mercado**.

Inclusión de atributos diferenciadores: generar factores que diferencien los productos (valor agregado) puede convertirse en una alternativa para mejorar su precio. Algunas opciones pueden ser: a) mejorar calidad a través de opciones agroecológicas; b) gestionar métodos de cultivo sostenibles; c) adquirir sellos como denominación de origen, agricultura campesina, familiar, étnica y comunitaria (ACFEC), buenas prácticas agrícolas (BPA), *fairtrade*, alimento ecológico, Ambiental Colombiano, Rainforest Alliance, y finca libre de *Brucella* y tuberculosis, etc.

Diferenciación en precios: conocer muy bien los **costos de producción** de la unidad productiva, identificando **costos directos (preparación del terreno, mano de obra, insumos)**. Esto permitirá pensar en precios diferenciadores respecto a la competencia, de acuerdo con el valor que ofrece el producto, atendiendo a los márgenes de ganancia y expectativas de mercado. Sumado a ello, se puede pensar en incentivos a clientes frecuentes, ejemplo: promociones, descuentos, etc.

Canales de distribución y alianzas estratégicas: definir cuál es el mejor camino para llevar el producto al consumidor final, atendiendo los márgenes de ganancia para el productor, ya que incluir una mayor cadena de intermediarios implicaría menos ingresos. Como alternativas se puede pensar en **circuitos cortos de comercialización, ventas directas en plazas de mercado o punto de venta, ventas en línea, tiendas minoristas o, incluso, la vinculación con empresas ancla a través de los almacenes de grandes superficies**. Sin embargo, pensar en esta última opción requiere tener estándares de calidad y volúmenes de producción altos. Pensar en alianzas estratégicas con restaurantes locales, tiendas especializadas o distribuidores puede ser otra alternativa para ampliar el alcance.

Capacitaciones constantes: es importante estar a la vanguardia, no solo en asuntos técnicos o productivos. Siempre es necesario capacitarse en temas de **mercadeo, marketing y negociaciones efectivas** para ser competitivos.

Procesos de mejora: las sugerencias del cliente pueden mejorar los productos y procesos. Es necesario realizar seguimiento a las estrategias implementadas, con el fin de ajustar acciones, si es necesario. Así mismo, es indispensable contar con una planeación ante situaciones de cambios estacionales, ya sea en momentos de alta o baja demanda.

Figura 46. Estrategias alternativas para favorecer la comercialización de los productores.

Fuente: Elaboración propia

Agregación de valor de productos agroalimentarios en campo

Pese a que la caracterización y el diagnóstico de este proyecto se centraron en los cultivos de papa y en los productos de ganadería, en la tabla 5 se presentan breves recomendaciones para alimentos que, según fuentes de información secundaria, también son producidos en la región. Así mismo, en el anexo C se presenta un paso a paso del manejo poscosecha.

Tabla 5. Recomendaciones poscosecha por sistema productivo

Alimento	Recomendaciones		
Papa	Eliminar humedad y tierra residual de cosecha.	Separar materiales defectuosos, manchados o enfermos.	Presentaciones en bultos de 50 - 62,5 kg, almacenamiento en oscuridad y ventilación.
	(Peña, 2006).		
Fresa y mora	Emplear recipientes de baja capacidad para recolección (250 - 500 g).	Usar contenedores de superficies lisas para evitar magulladuras.	AGROSAVIA recomienda emplear carretillas de transporte de 60 kg.
	(Acuña-Caita & Fisher, 2020; Bolaños-Benavides et al., 2020).		

Alimento

Recomendaciones

Pasifloras (maracuyá, gulupa y granadilla)

Garantizar temperaturas bajas para almacenar la fruta.

Usar empaques de polieliteno de baja densidad o vitafilm.

Opcional, emplear cera para conservar frutos.

(Miranda et al., 2009).

Tomate de árbol

Fruta menos perecedera.

Realizar enfriamiento de frutas con agua o aire.

Garantizar una manipulación mínima.

(García, 2008).

Uchuva

El capacho facilita su conservación.

Secar el carpacho con energía solar o secado convencional a 24 °C por 6 h.

El empaque depende del mercado (100 o 150 g en cajas plásticas o de cartón).

(Londoño, 2011).

Alimento

Recomendaciones

Plantas aromáticas

Emplear cuchillos, tijeras y contenedores desinfectados.

Usar canastillas de 1 a 5 kg.

Empaques perforados o microperforados, capacidad de 1 libra, organizados verticalmente.

(Bareño, 2004; Franco et al., 2022).

Cebolla larga

Eliminar humedad y tierra residual de cosecha.

Retirar falsos peciolo, calcetas, raíces largas, cormos o niguas.

Presentaciones en ruedas de 5, 15 o 20 kg, canastillas de 20 kg, costales o mallas.

(Herrera et al., 2006; Huertas-Carranza et al., 2020).

Arveja

La vaina facilita la conservación de la arveja.

Clasificación según frescura, firmeza y llenado de vainas.

Separar vainas manchadas, dañadas o enfermas.

Presentaciones en bultos de 50 kg, canastillas de 20 kg, empaques de 250 g.

Almacenamiento ventilado para evitar abultamientos y compresiones.

(AGROSAVIA, 2019; Galindo-Pacheco, 2020).

Alimento	Recomendaciones		
Achira	Emplear maquinaria en acero inoxidable.	Tamizado manual y mecánico con empleo de agua.	
	Decantado por 1 h.	Lavar hasta eliminar impurezas y detectar color blanco.	
	Secado de 6 a 9 h.	Empaque en sacos de 50 kg.	
	Almacenamiento con ventilación y condiciones frescas.		
	(Caicedo et al., 1999).		
Quinua	Corte o siega al detectar color amarillo pálido o 30 % de humedad.	Emparvado para eliminar humedad, de 7 a 15 días.	Eliminación de paja, hojas y tallos.
	Limpieza de grano.	Secado de 12 a 15 % de humedad.	Almacenamiento en condiciones secas y frescas, evitar contenedores plásticos.
	(Forero & Leyva, 2012).		

Fuente: Elaboración propia



Foto: Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Ahora bien, teniendo en cuenta la fortaleza de la ganadería doble propósito en la región, es necesario abordar generalidades sobre la industria lechera y la elaboración de quesos. Así, en el ordeño, se debe realizar el lavado y la desinfección del equipo de trabajo, preferiblemente aquel hecho de acero inoxidable. Así mismo, hay que evitar el estrés en el ganado y garantizar un entorno tranquilo. Posteriormente, es necesario refrigerar la leche o mantenerla a una temperatura baja. En cuanto al transporte, se debe realizar en condiciones de refrigeración, o cerca a los 4 °C, en un ambiente hermético o aislado de fuentes de contaminación externa (ICA, 2011).

Según la legislación colombiana, la leche debe cumplir con a) características organolépticas normales: aspecto, sabor, olor y color propios, sin alteraciones de deterioro o contaminación; b) contenido de grasa: 3-4 %; c) contenido de proteína: 2,8-3,2 %; d) contenido de lactosa: superior a 4,5 %; e) sólidos no grasos: 8,2-9,2 %; f) contenido de bacterias: inferior a las 100.000 unidades formadoras de colonias de bacterias aerobias mesófilas por mililitro, y g) sin residuos de medicamentos veterinarios.

Se recomienda: a) sanidad del ganado, b) buenas condiciones sanitarias en predios, c) colecta y transporte en condiciones higiénicas, y d) empleo de recipientes que garanticen la conservación para que la leche sea comercializada en condiciones de calidad e inocuidad (Ministerio de la Protección Social, 2006).

El queso, por su parte, se obtiene a partir de leche pasteurizada. La pasteurización es de vital importancia para cualquier producto fresco. La figura 47 describe el proceso de obtención de queso según la FAO (2011).



Figura 47. Proceso de obtención de queso fresco molido.

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2011)

Ahora bien, el suero de quesería o lactosuero es un subproducto de la elaboración de queso que resulta luego de obtener la red de caseína. Se estima que por cada kilogramo de queso se producen 9 kg de lactosuero, correspondientes al 85-90 % del volumen de la leche. El suero tiene un alto contenido de nutrientes, como proteínas, lactosa y minerales. Esta composición le confiere versatilidad en su aprovechamiento como alimento humano, alimento para animales, fertilizante y biocombustible.

Es primordial hacer un buen manejo del suero de quesería, puesto que, de ser dispuesto en cuerpos de agua o directamente en el suelo, se pueden generar graves afectaciones por su contenido de sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y bacterias. Por cada 100 kg de lactosuero se generan aproximadamente 3,5 kg de demanda biológica de oxígeno y 6,8 kg de demanda química de oxígeno, parámetros que evidencian el potencial contaminante de este subproducto (Cossio & Chipana, 2022).

Distintos estudios respaldan el potencial del suero como materia prima de bebidas refrescantes, fuente de calcio y aceites unicelulares, y para elaboración de ácidos orgánicos —como el ácido láctico— y productos de panadería y confitería (Ávalos, 2018). Una alternativa corresponde a la obtención de requesón, un insumo de interés para la elaboración de galletas, postres y tortas. El requesón es un precipitado de proteínas séricas, albúminas y lactoglobulina; puede tener consistencia débil, de modo que debe ser sazonado para potencializar sus características organolépticas (Salazar, 2023). En la figura 48 se describe el proceso de obtención de requesón consolidado por Salazar (2023).



Figura 48. Proceso de elaboración de requesón.
Fuente: Elaboración propia con base en Salazar (2023)

Referencias

- Acevedo González, G., & Palacio Martínez, J. (2016). Evaluación de factores que afectan la comercialización de agro-productos de pequeños y medianos productores del Oriente Antioqueño. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 5(2), 60-69. <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/jals/article/view/1268>
- Acuña-Caita, J., & Fischer, G. (2020). *Fresa (Fragaria × ananassa' Duch.): manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36815/Ver_documento_36815.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Africano Pérez, K. L., Cely Reyes, G. E., & Serrano Cely, P. A. (2016). Potencial de captura de CO₂ asociado al componente edáfico en páramos Guantiva-La Rusia, departamento de Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 21(1), 91-110. <https://doi.org/10.19053/01233769.4572>
- AGROSAVIA TV. (2019). *Recomendaciones para poscosecha en el cultivo de arveja* [video]. <https://youtu.be/CqUiujAM6zM>
- Aguilar-Carpio, C., Escalante Estrada, J. A. S., Aguilar-Mariscal, I., & Pérez-Ramírez, A. (2017). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad del maíz VS-535 en función del biofertilizante y nitrógeno. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 475-483. <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v4n12/2007-901X-era-4-12-00475.pdf>
- Alapin, H. (2008). *Rastrojos y algo más: historia de la siembra directa en Argentina*. Teseo. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1515-59942011000200019
- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F., & Ingelmo, F. (2001). Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 76(2), 125-129. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852400000900>
- Altieri, M. A., & Nichols, C. I. (2018) Agroecología: ciencia fundamental para el diseño de fincas resilientes a plagas. *Leisa. Revista Agroecológica*, 34(1), 5-13. <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol34n1.pdf>
- Amézquita, E. (1999). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *Palmas*, 20(1), 73-86. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/692>



- Amorocho Cruz, C., Sánchez, C., & Murcia, G. (2012). Efecto del sistema de labranza conservacionista en las propiedades de los suelos de ladera en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). *Ingeniería y Región*, 9, 83-92. <https://doi.org/10.25054/22161325.778>
- Araujo Febres, O. (2005). *Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales*. IX Seminario de Pastos y Forrajes, Universidad del Zulia. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf
- Ávalos de la Cruz, D. (2018). Potencial de aprovechamiento del suero de queso en México. *Agro Productividad*, 11(7), 101-106. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/922>
- Bacca A., P. P., & Burbano M., D. L. (2018). Restauración ecológica de disturbios antrópicos presentes en la zona altoandina. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 36-50. <https://doi.org/10.22267/rcia.183502.90>
- Bacca Acosta, P. P. (2022). Rasgos morfológicos de especies nativas potenciales para procesos agroecológicos alto Andinos, Nariño, Colombia. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(2), 101-110. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572022000200101&script=sci_abstract
- Baker, C., Saxton, K., Ritchie, W., Chamen, W., Reicosky, D., Ribeiro, M., Justice, S. E., & Hobbs, P. R. (2008). *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3005b531-0179-4635-b26b-a1e35ba68621/content>
- Bareño Rojas, P. (2004). Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco: manejo agronómico, producción y costos. En *Manejo productivo, postcosecha y exportación en fresco de hierbas aromáticas*. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/14068>
- Baumhardt, R. L., Stewart, B. A., & Sainju, U. M. (2015). North American soil degradation: processes, practices, and mitigating strategies. *Sustainability*. 7(3), 2936-2960. <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/3/2936>
- Benavides Machado, P., Gil-Palacio, Z., Góngora, C. E., & Arcila-Moreno, A. (2013). Manejo integrado de plagas. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (vol. 2, pp. 179-214). Cenicafé. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4339>
- Bohórquez, W. (2019). *El proceso del compostaje* (Vol. 1). Universidad de La Salle.



- Bolaños-Benavides, M., Cardona, W., García-Muñoz, C., Zapata-Narváez, Y., Beltrán-Acosta, C., Vásquez-Romero, R., Martínez-Lemus, E., Hio, J., Ortega-Flórez, N., Peña-Holguín, A., Bautista Montealegre, L., & López-Melo, D. (2020). *Mora (Rubus glaucus Benth.): manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36825/Ver_documento_36825.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Bonilla Buitrago, R., & Morales, J. G. (2002) Monibac: un fertilizante con base en cepas nativas de *Azotobacter* sp. para aumentar la productividad y sostenibilidad del algodón. *Innovación y Cambio Tecnológico*, 30-34. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15346/42804_46937.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bonilla Buitrago, R., González de Bashan, L. E., & Pedraza, R. O. (2021). *Rol de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36976/Ver_Documento_36976.pdf?sequence=5
- Botero Ramírez, A., Padilla Huertas, F. L., & García, C. (2022). Suelo, clima y prácticas de manejo asociadas a la prevalencia de la hernia de las crucíferas en Colombia. *Agronomía Colombiana*, 40(2), 228-236. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=So120-99652022000200228&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Bugarín Prado, J. O. (2012). *Interacción suelo: planta: animal en un sistema silvopastoril*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nayarit]. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1353/1/2009%20interaccion%20suelo%20planta%20animal%20en%20un%20sistema%20silvopastoril.pdf>
- Caicedo, G., Rozo, L., & Bonilla, U. (1999). *Cultivo y beneficio de achira ('Canna edulis' Ker)*. Corpoica.
- Camelo, M., Vera, S. P., & Bonilla, R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista de Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 159-166. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945031010.pdf>
- Campo, J. M., B. Volverás, O. Pérez, y G. Sánchez. (2014). Condición física del suelo andino bajo el sistema de siembra de papa en guachado (wachado). En E. Ñustez et al. (Eds.), *Memorias XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP)* (p. 81). ALAP. <http://www.papaslatinas.org/home/alap2014/>
- Campos-Granados, C. (2015). El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales. *Revista Animal Tropical*. 9(1), 1-23. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5166282.pdf>



- Cardona Iglesias, J. L., Castro Rincón, E., Avellaneda, Y., Valenzuela Chirán, M., Ríos Peña, L.M., & Rodríguez Monroy, T. (2022). *Alimentación estratégica en sistemas ganaderos del trópico alto colombiano*. AGROSAVIA. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/273>
- Carrasco Chaico, M. R. (2021). *Aplicación de bacterias y hongos para la biodisponibilidad de nutrientes y recuperación de suelos degradados: revisión sistemática* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75717/Carrasco_CHMR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrera, R, Fierro, N, Jiménez, L, & Capa Mora, D. (2021). Buenas prácticas de ganadería sostenible en ecosistema de páramo y bosque alto andino: una alternativa de resiliencia al cambio climático. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 20(2), 7-19. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192021000200007&lng=es&tlng=es
- Casanova Villalba, C. I., Núñez Liberio, R. V., Navarrete Zambrano, C. M., & Proaño González, E. A. (2021). Gestión y costos de producción: balances y perspectivas. 27(1), 302-314. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065533025/html/>
- Casanova Villalba, C. I., Núñez Liberio, R. V., Navarrete Zambrano, C. M., & Proaño González, E. A. (2021). Gestión y costos de producción: balances y perspectivas. *Revista de Ciencias Sociales*, 36(1), 302-312. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065533025/28065533025.pdf>
- Castro Franco, H. E., & Gómez Sánchez, M. I (2013). Fertilidad de suelo y fertilizantes. En H. Burbano Orjuela & F. Silva Mojica (Eds.), *Ciencia del suelo: principios básicos* (2ª ed.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. <https://sabio.eia.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15854>
- Castro Jiménez, A., Vargas Ramírez, D. N., Suárez Villota, P D., & Tobar Sánchez, S. L. (2023). *Manual de costos de producción de semilla para pequeños y medianos productores*. AGROSAVIA.
- Castro Rincón, E., Cardona Iglesias, J. L., Meneses Buitrago, D. H., Morales Montero, S. P., Zapata Molina, J. J., Portillo López, P. A., & Hernández Oviedo, F. (2022). *Características, uso y manejo de gramíneas y leguminosas en sistemas de producción bovina del trópico alto colombiano*. AGROSAVIA. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/274/256/1640-1>
- Céspedes, C. & Millas, P. (2015). *Relevancia de la materia orgánica del suelo*. Boletín INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/3a71bbf6-dee5-4c97-bc6b-ce57b88fef26/content>



- Chaboussou, F. (1997). *La teoría de la trofobiosis: nuevos caminos para una agricultura sana*. GAIA Medio Ambiente y Desarrollo. <https://es.slideshare.net/slideshow/teora-de-la-trofobiosis-20276381/20276381#31>
- Chávez-Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., Ruíz Ramírez, S., & De los Santos Villalobos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423-1436. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492>
- Correa Mahecha, F., & López Pérez, G. (s. f.). Abonos orgánicos sólidos, maduración y eficiencia. *Teoría y Praxis Investigativa*, 2(2), 60-65. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3063185.pdf>
- Cossio Colque, Y., & Chipana Mendoza, G. J. (2022). Aprovechamiento industrial del suero lácteo. *Revista Estudiantil en Producción, Transformación y Comercialización agropecuaria*. 1(2), 40-45. <https://cipycos.umsa.bo/index.php/1/article/view/15>
- Cotes A. M. (Ed.). (2018). *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros* (Vol. 1). AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33829>
- Criollo, P. J., Obando, M., Sánchez, L., & Bonilla, R. (2012). Efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) asociadas a *Pennisetum clandestinum* en el altiplano cundiboyacense. *Revista Corpoica de Ciencia y Tecnología*, 13(2), 189-195. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v13n2/v13n2a09.pdf>
- Cuesta, X., Peña Herrera D., Velásquez J., Racines M., & Castillo C. (2021) *Guía de manejo de la punta morada de la papa* (2ª ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5345>
- Dagnachew, M., Moges, A., Kebede, A., & Abebe, A. (2020). Effects of soil and water conservation measures on soil quality indicators: the case of Geshy Subcatchment, Gojeb River Catchment, Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2020, 868792. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2020/1868792>
- Daniel A. I., Fadaka, A. O., Gokul, A., Bakare, O. O., Aina, O., Fisher, S., Burt, A. F., Mavumengwana, V., Keyster, M., & Klein, A. (2022). Biofertilizer: the future of food security and food safety. *Microorganisms*, 10(6), 1220. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35744738/>
- De la Cruz Abarca, C. (2018). Manejo ecológico de plagas. *LEISA. Revista de agroecología*, 34(1), 1729-7419. <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol34n1.pdf>
- Deagustini, C. A., Domínguez, G. F., Agostini, M. de los Á., Studdert, A., & Tourn, S. N. (2017). Vicia como cultivo puente y sistemas de labranza: efecto sobre propiedades físicas del suelo. *Ciencia del Suelo*, 35(2), 325-335. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672017000200012&script=sci_abstract

- Decreto 616 de 2006. “Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país”. Ministerio de la Protección Social de Colombia. <https://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006d616.aspx>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2005). *Censo General 2005 Perfil La Cruz - Nariño*. DANE. https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/narino/la_cruz.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2018). *Anexo censal pobreza municipal 2018*. DANE. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/informacion-censal/anexo-censal-pobreza-municipal-2018.xlsx
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2023). *Proyecciones de población a nivel municipal. Periodo 2020-2035*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Donovan, M. (2020). ¿Qué es la agricultura de conservación? Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). <https://www.cimmyt.org/es/noticias/ques-la-agricultura-de-conservacion/>
- Du Pré, L. (2020). *Agricultura circular; lo que une a Colombia con los Países Bajos. Áreas de enfoque prioritarias de agricultura circular en Colombia y las correspondientes agendas de trabajo 2020-2022 para el departamento de agricultura en Bogotá*. Ministerio de Agricultura, Naturaleza y Calidad de los Alimentos de los Países Bajos. <https://bit.ly/3BW8Wxh>
- Eirin, M., Sánchez Vallduví, G., & Tamagno, N. (2015). Siembra de consociaciones de girasol con leguminosas forrajeras. En S. J. Sarandón & Abbona, E. A., *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Universidad Nacional de La Plata. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56516/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flórez, R. V., Fischer, G., Sora R., A. D. (2000). *Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L)*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53455>
- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA], Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], INNOVA Agricultura Familiar, & Grupo Social Feep (2020). *Sistema de riego por goteo, microaspersión y aspersión*.
- Forero Camacho, C. A., & Leyva Valdés, G. A. (2012). *Un cultivo ancestral y nutricional: la quinua, alternativa de producción sostenible y de seguridad alimentaria*. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1733>

- Franco, G., Bernal, J. E., Ortiz, R., Díaz, C., Rubiano, J. A., Henao, J. C., Quintero, L. M., Tamayo, A., Ortiz, C., Zuluaga, C., Castro, L. E., Ballestas, K., Isaza, E., Jaramillo, G. J., Cano, L., & Madroñero, I. A. (2022). *Guía para el establecimiento y manejo de la hierbabuena ('Mentha spicata' L.) en el suroeste antioqueño*. AGROSAVIA.
- Forber, K. J. (2017). *The phosphorus transfer continuum under climate change*. [Tesis de doctorado, Universidad Lancaster].
- Galindo Castro, L. A., Martínez Osorio, J. W., & Estrada Bonilla, G. A. (2018). Compostaje enriquecido con fósforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(11), 7-15. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol2iss11.2018pp7-15>
- Galindo-Pacheco, J., Castro-Rodríguez, L. G., Castro-Juez, M. V., & Castellanos-Millan, C. (2020). *Arveja (Pisum sativum L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.
- García Muñoz, M. C. (2008). *Manual de manejo cosecha y poscosecha del tomate de árbol*. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13474>
- Gómez, R., & Pinzón, C. (2017). Propuesta de un sistema para bebederos automatizado en fincas de ganado en Veraguas. IEEE Central America and Panama Student Conference. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8277607>
- González Martínez, K. (2018). *Sales mineralizadas para el ganado bovino*. ZooVet. <https://zoo-vetesmipasion.com/ganaderia/alimentacion-bovina/sal-mineralizada-para-el-ganado>
- Gupta, M. M. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi: the potential soil health indicators. En B. Giri & A. Varma (Eds.), *Soil Health. Soil Biology* (pp. 183-195). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-44364-1_11#citeas
- Gutiérrez Mendoza, H. A. (2023). *Incidencia de la variación del precio de los insumos agrícolas en la producción de arroz en Colombia entre los años 2021-2022*. Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/24905/articulo%20%20HEIDY%20GUTIERREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera H., C. A., Sánchez L., G. D., & Peña, V. (2006). *Investigación, capacitación y transferencia de prácticas y tecnologías de producción más limpia del cultivo de cebolla de rama en el municipio de Aquitania (Boyacá)*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2150/41979_45033.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huang, X., Wang, L., & Lu, Q. (2018). Vulnerability assessment of soil and water loss in loess plateau and its impact on farmers' soil and water conservation adaptive behavior. *Sustainability*, 10(12), 4773. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4773>



- Huertas-Carranza, B., Martínez-Lemus, E., Clímaco-Hío, J., Galindo-Pacheco, J., Pérez-Parrá, M., Vargas-Díaz, R., & Polo-Murcia, S. (2020). *Cebolla de rama ('Allium fistulosum' L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36816/Ver_documento_36816.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Husain-Talero, S. (2018). Análisis de los costos de producción y la cadena de valor de las plantas tradicionales que cultivan los campesinos de Cundinamarca, Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 15(82),1-18. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr15-82.acpc>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la granadilla ('Passiflora ligularis'): medidas para la temporada invernal*. ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/ee408b8b-fd44-4cca-bf0b-44b6c34972e9/->
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia [Ideam]. (2017, 20 de abril). *El cuarenta por ciento de los suelos en Colombia tienen algún grado de erosión: causas de la degradación de suelos por erosión en Colombia*. Ideam. http://ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/LdWWoECY1uxz/content/el-40-por-ciento-del-territorio-colombiano-tiene-algun-grado-de-erosion
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2021). *Clasificación de las tierras por su capacidad de uso*. IGAC. https://www.igac.gov.co/sites/default/files/listadomaestro/in-gag-pc05-02_clasificacion_de_las_tierras_por_su_capacidad_de_uso.pdf
- IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible, & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2010). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1cd81c5b-9ee3-436c-ba6f-4dc460ab01d8/content>
- Izar Landeta, J. M., & Hernández García, V. (2011). Reducción de costos de los productos mediante la administración basada en actividades. *Hitos de Ciencias Económico-Administrativas*, 17(48), 75-82. <https://ri.ujat.mx/jspui/handle/20.500.12107/1889>
- Karami, A., Homaei, M., Afzalnia, S., Ruhipour, H., & Basirat, S. (2012). Organic resource management: impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 148, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.021>
- Koohafkan, P., & Altieri, M. (2011). *Sistemas ingeniosos del patrimonio agrícola mundial: un legado para el futuro*. FAO. <https://www.fao.org/4/i2232s/i2232s.pdf>

- Laich, F. (2011). *El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje*. Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo. Experiencias de fertilización orgánica en platanera. <https://www.icia.es/biomusa/en/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>
- Lambers, H., & Cong, W.-F. (2022). Challenges providing multiple ecosystem benefits for sustainable managed systems. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 9(2), 170-176. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2022444>
- Lehmann, A., Zheng, W., Ryo, M., Soutschek, K., Rongstock, R., Maass, S., Rillig, M. C. (2019). Fungal traits important for soil aggregation. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2904. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6962133/>
- Ley 1930 de 2018. “Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia”. Congreso de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>
- Liang, C., Schimel, J. P., & Jastrow, J. D. (2017). The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature Microbiology*, 25(2), 1-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28741607/>
- Londoño, M. (2011). Manejo sostenible del cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en el municipio de Apía, Risaralda. En J. A. Galviz, G. Fischer, & O. P. Gordillo (Eds.), *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva ('Physalis peruviana' L.) en Colombia* (pp. 165-190). Universidad Nacional de Colombia.
- Luna Geller, L. A., & Bolaños Benavides, M. M. (2007). *Producción de abonos orgánicos de buena calidad*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2167/42955_48662.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez Pachón, E., Ramos Zambrano, H. S., Luna Mancilla, L. T., Arana Chico, H. C., & Uribe Mejía, P. (2022). Plan de acción orientado a aumentar la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas productivos de papa en el departamento de Nariño. En E. Martínez, S. Insuasty, C. Benavides, L. Gómez, & P. Uribe (Eds.), *Caracterización del sistema productivo de papa en el departamento de Nariño 2015-2020: conocimiento para la toma de decisiones* (pp. 185-219). AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37070/Ver_documento_37070.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Maya Pantoja, J. A., & Bolaños López, A. (2011). Conservación y uso sostenible en la zona de amortiguamiento del páramo de Chiles, Departamento de Nariño. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 2(1), 75-82. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/907>



- Mendoza Martínez, G., & Ricalde Velasco, R. (2016). *Alimentación de ganado bovino con dietas altas en granos*. Universidad Autónoma Metropolitana. <https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/Bovinos.pdf>
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahita, W., Flórez, L. E. (Eds.) (2009). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las Pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12824/Ver_documento_12824.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morales-Vallecilla, F., & Ortiz-Grisales, S. (2018). Productividad y eficiencia de ganaderías lecheras especializadas en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 65(3), 252-268. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO120-29522018000300252
- Moreno Reséndez, A., Carda Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68-83. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO123-34752018000100068
- Navarro Guerrero, J., & Mueses Jojoa, A. H. (2015). *Evaluación de lixiviado de lombricompost como fertilizante sobre la producción de biomasa y el crecimiento del pasto miel ("Setaria sphacelata") en la finca Vergel, municipio de San Francisco, departamento de Putumayo* [Trabajo de grado de diplomado, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/1643/1/90742.pdf>
- Navas Panadero, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(19), 113-122. <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv/vol1/iss19/5/>
- Novillo, I. D., Carrillo, M. D., Cargua, J. E., Nabel, V., Albán, K. E., y Morales, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177-187. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5297>
- Ordóñez Castillo, E. (2007). *Efecto del sistema guachado (wachay) y uso del suelo sobre algunas propiedades físicas en la microcuenca del río Bobo, departamento de Nariño* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Nariño]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2460/eduardoordonezcastillo.2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4th ed.), OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2009). *Agricultura de conservación*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2011). *Manual 3. Procesos para la elaboración de productos lácteos*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3864af87-afec-4dda-a9d7-38a98b976e53/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2017). *Voluntary guidelines for sustainable soil management*. FAO. https://relief-web.int/report/world/voluntary-guidelines-sustainable-soil-management?gad_source=1&gclid=CjoKCQjw9Km3BhDjARIsAGUb4nxoOYKqCNVSTxHe49k-GAdze8kH3a2yIeIB9UCTfhyOgr9hAu1jognkaAh2MEALw_wcB
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). *Agricultura de conservación*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/332a1683-0e11-47ab-b008-b9a9cbb9b615/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADS] (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. FAO; MADS. <https://www.fao.org/3/i8864es/i8864ES.pdf>
- Ormeño, M. A., & Ovalle, A. (2007). *Preparación y aplicación de abonos orgánicos*. INIA Divulga. http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_10/rid10_ormeno_29-35.pdf
- Ortega, M. C., Mojica-Ramos, S. L., Vergara-Navarro, E. V., & Sotelo-Cardona, P. (2020). Entomofauna asociada al cultivo de achira *Canna indica* (Cannaceae) en tres zonas de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 46(1), e10167. <https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/view/10167/12557>
- Ortega, Y. M., & Agüero-Alvarado, R. A. (2005). Efecto de la cobertura de rastrojos en la germinación del arroz (*Oryza sativa* L.) y principales malezas asociadas. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 51-61. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5182>
- Peña Villamil, L. A. (2006). Cosecha y poscosecha. En Arcila González, B., *Manejo técnico y socioempresarial de la papa en el departamento de Nariño*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17333/41724_43696.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Porras, P. D., & Herrera, C. A. (2015). *Modelo productivo de la papa variedad Corpoica-Mary para los departamentos de Cundinamarca y Boyacá*. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13750>

- Ramachandran Nair, P. K., Mohan Kumar, B., Nair, V. D. (2021a). Historical developments: the coming of age of agroforestry. En *An introduction to agroforestry: four decades of scientific developments*, (pp. 3-20). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-75358-0_1
- Ramachandran Nair, P. K., Mohan Kumar, B., Nair, V. D. (2021b). Biological nitrogen fixation and nitrogen fixing trees. En *An introduction to agroforestry: four decades of scientific developments* (pp. 413-443). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75358-0_17
- Ramos, H., Rodríguez, D., Luna, T., Ríos, L., Meneses, D., Cortes, D., López, J., & Ortega, M. (2024). *Diagnóstico técnico y socioeconómico zona de amortiguamiento del complejo de paramos Doña Juana, municipio La Cruz, Nariño*.
- Real Academia Española [RAE] (2023). Barbecho. *Diccionario de la Lengua Española*. <https://dle.rae.es/barbecho?m=form>
- Rillig, M. C. (2004). Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science*, 84(4), 355-363. <https://doi.org/10.4141/S04-003>
- Rivera-Cruz, M., Trujillo-Narcía, A., & Alejo-Pereyra, D. (2010) Los biofertilizantes integrados con bacterias fijadoras de N, solubilizadoras de P y sustratos orgánicos en el crecimiento de naranjo agrio *Citrus aurantium* L. *Revista de Ciencia y Tecnología Interciencia*. 35(2), 113-119. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913150006>
- Romero-Perdomo, F., Abril, J., Camelo, M., Moreno-Galván, A., Pastrana, I., Rojas-Tapias, D., & Bonilla, R. (2017). *Azotobacter chroococcum* as a potentially useful bacterial biofertilizer for cotton (*Gossypium hirsutum*): effect in reducing N fertilization. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 377-383. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.006>
- Rouanet M., J. L., Acevedo H., E., Mera K., M., Silva, P., & Ferrada N., S. (2005) *Rotaciones de cultivos y sus beneficios para la agricultura del sur*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/55986>
- Rudić, Ž., Nikolić, G., Stević, D., Božić, M., Mačkić, K., & Potkonjak, S. (2019). Achieving sustainable irrigation development in agricultural areas of Serbia with limited water resources. *Outlook on Agriculture*, 48(2), 126-135. <https://doi.org/10.1177/0030727019831019>
- Ryan, J., Singh, M., & Pala, M. (2008). Long-term cereal-based rotation trials in the Mediterranean region: implications for cropping sustainability. *Advances in Agronomy*, 97, 273-319. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)00007-7)

- Salazar Martínez, N. (2023). *Elaboración de ácido láctico a partir de suero proveniente de los procesos queseros* [Tesis de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/58122/SalazarMNatalia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez Matta, L., Amado Saavedra, G. M., Criollo Campos, P. J., Carvajal Salcedo, T., Roa Triana, J., Cuesta Peralta, A., Conde Pulgarín, A., Umaña Arboleda, A., Bernal, L. M., & Barreto de Escovar, L. (2009). *El aliso ('Alnus acuminata' H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13489>
- Sanjuán Pinilla, J., & Moreno Sarmiento, N. (2010). Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1), 4-7. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/29576>
- Santos, M., Diáñez, F., De Cara, M., Camacho, F., & Tello, J. C. (2010). El control biológico de plagas y enfermedades: un encuadre crítico. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios*, 1, 61-72.
- Setiyo, Y., Gunadnya, I. B. P., Gunam, I. B. W., Mayun, I.D.G., Susrusa, I. K. B., & Lani, I. G. A. (2016). Improving physical and chemical soil characteristic on potatoes (*Solanum tuberosum* L.) cultivation by implementation of Leisa system. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 525-531. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.172>
- Somarriba, E., & Quesada, F. (2009). *Planificación agroforestal de fincas: manual para familias productoras*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Manual-Planificaci%C3%B3n-Agroforestal-de-Fincas.pdf>
- Soto Espinosa, E. E., & García Zambrano, X. L. (2020). Costos de producción mediante el sistema de costeo ABC y su efecto en la rentabilidad. *Revista Cumbres*, 6(2), 53-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8228817>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Varas, E., & Riquelme, J. (Eds.) (2002). *Tecnologías apropiadas para el manejo sustentable de los suelos de la región de Maule*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA]. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8304/NR28130.pdf?sequence=6>



- Vida, C., De Vicente, A., & Cazorla, F. M. (2020). The role of organic amendments to soil for crop protection: induction of suppression of soilborne pathogens. *Annals of Applied Biology*, 176(1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/aab.12555>
- Volverás-Mambuscay, B., Merchancano-Rosero, J. D., Campo-Quesada, J. M., & López-Rendón, J. F. (2020). Propiedades físicas del suelo en el sistema de siembra en wachado en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 743-760. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212020000300731&script=sci_abstract&lng=es
- Volverás-Mambuscay, B., Merchancano-Rosero, J. D., López-Rendón, J. F., & Campo-Quesada, J. M. (2021). Pérdida de suelo en el sistema ancestral wachado en el trópico alto de Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 120-136. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/39284/45238>
- Xing, Z., Toner, P., Chow, L., Rees, H.W., Li, S., & Meng, F. (2012). Effects of hay mulch on soil properties and potato tuber yield under irrigation and nonirrigation in New Brunswick, Canada. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138(8), 703-714. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000459](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000459)
- Yapa, K. A. S. (2013). *Prácticas ancestrales de crianza de agua: una guía de campo. Estrategias para adaptarnos a la escasez de agua*. United Nations Development Program. <https://www.preventionweb.net/publication/practicas-ancestrales-de-crianza-de-agua-una-guia-de-campo-estrategias-para-adaptarnos>
- Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 99-108. <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n1/1870-5472-asd-15-01-99-en.pdf>
- Zhang, Y. F., Li, Y. P., Sun, J., & Huang, G. H. (2020). Optimizing water resources allocation and soil salinity control for supporting agricultural and environmental sustainable development in Central Asia. *Science of the Total Environment*, 704, 135281. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31896221/>
- Zingore, S., Njoroge, S., Chikowo, R., Kihara, J., Nziguheba, G., & Nyamangara, J. (2014). *4R plant nutrient management in African agriculture: an extension handbook for fertilizer management in smallholder farming systems*. International Plant Nutrition Institute [IPNI]. [http://ssa.ipni.net/ipniweb/region/africa.nsf/o/79A037DA41071A8043257D9A0054739B/\\$FILE/4R%20Extension%20Handbook.pdf](http://ssa.ipni.net/ipniweb/region/africa.nsf/o/79A037DA41071A8043257D9A0054739B/$FILE/4R%20Extension%20Handbook.pdf)



Anexos

Anexo A. Proceso detallado del compostaje

Durante la elaboración del compost, se desarrollan tres fases: mesófila, termófila y maduración o enfriamiento (Arizaga Gamboa & Balladares Montero, 2021; Bohórquez Santana, 2019; Laich et al., 2011).

Tabla A.1. Cambios y características esperadas durante las fases del proceso de compostaje

Fase	Lo que ocurre	Variables de medición
Mesófila	Empieza la acción de microorganismos descomponedores sobre el sustrato. Liberación de lixiviados. Aumento de temperatura por acción de los microorganismos descomponedores.	<i>Acidez:</i> al inicio, el pH es de 4, pero se nivela en 7 al finalizar esta etapa. <i>Temperatura:</i> aumenta desde la ambiental hasta los 40 °C. <i>Humedad:</i> 70 %.
Termófila	A esta fase también se le conoce como higienización, dado que permite eliminar microorganismos patógenos y semillas de arvenses. Es importante destacar que la temperatura en la pila no debe superar los 65 °C, dado que puede afectar considerablemente la calidad biológica y química. El límite de temperatura se convierte en una variable determinante para realizar los volteos. De esta manera, se logra que un sustrato reduzca sustancialmente el riesgo biológico en el momento de ser aplicado a un cultivo.	<i>Acidez:</i> el pH llega a aumentar hasta 9 y luego descenderá hasta 7. <i>Temperatura:</i> aumenta desde los 40 hasta los 70 °C si las materias primas están adecuadamente balanceadas. <i>Humedad:</i> 70 %.
Maduración o enfriamiento	Durante el desarrollo de esta fase, la temperatura de la pila empieza a descender hasta nivelarse con la temperatura ambiente, debido a la disminución de la actividad microbiológica. Sin embargo, la mayoría de los nutrientes son inestables y al aplicarse al suelo pueden ser lavados. Por esta razón es necesario que el compost se madure y que, en el proceso, la mayoría de los nutrientes se estabilicen.	<i>Acidez:</i> el pH se estabiliza en 7. <i>Temperatura:</i> desciende a valores ambientales. <i>Humedad:</i> 70 %.

Fuente: Elaboración propia con base en Arizaga Gamboa & Balladares Montero (2021), Bohórquez Santana (2019), Laich et al. (2011)

Anexo B. Proceso de elaboración de un compost

Para elaborar un abono orgánico tipo compost bajo parámetros de alta calidad, se deben tener en cuenta los siguientes pasos y recomendaciones.

Alistamiento

Este paso corresponde a disponer de todos los elementos que se requieren para elaborar el compost, incluyendo insumos, equipos, herramientas y utensilios (Luna Geller & Bolaños Benavides, 2018).

Tabla B.1. Elementos requeridos para la elaboración de compost

Herramientas	Trinche de tres puntas	Facilita mover el compost cuando en su contenido hay forrajes.
	Palendra	Ayuda a mover el compost, incluyendo los volteos.
	Termómetro	Apoya el monitoreo de variable.
	Machete	Facilita la reducción de partícula.
Utensilios	Balde de 10 l	Sirve para diluir la melaza y los microorganismos en agua. También ayuda a hidratar la pila de compost.
	Regadera de 8 l	Ayuda a la distribución de agua en la pila cuando se requiera.
Insumos	Microorganismos eficientes	Aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica. Es posible usar microorganismos de montaña, comerciales, levadura, etc.
	Melaza	Aporta energía para la multiplicación de microorganismos en la pila de compost.
	Cintas de pH	Permite el monitoreo del pH a lo largo del proceso.

Fuente: Luna Geller y Bolaños Benavides (2007)

Formación de la pila de compost

La formación de la pila se puede realizar en capas, para luego apilar de abajo hacia arriba, de la siguiente manera:

Capa 1: es la capa en contacto con el suelo. Se recomienda ubicar material fibroso, como ramas, hojarasca o cualquiera que se haya seleccionado como aporte de carbono. Esta capa debe tener un grosor de entre 5 y 10 cm, dependiendo de la cantidad de materiales disponibles.

Capa 2: es la que corresponde a residuos ricos en nitrógeno. Esta capa es más pequeña en relación con la anterior. Se debe tener una proporción de una parte en relación con tres partes de material vegetal rico en carbono.

Capa 3: es aquella en que se realiza la inoculación de microorganismos. Corresponde a una capa de humedad (agua) en la que se han diluido melaza y microorganismos. Esta capa solo sirve para incorporar energía con la melaza y los microorganismos descomponedores. Si las materias primas están muy secas, deben humedecerse únicamente con agua.

Capa 4: es la capa con la que, si es el caso, el compost se puede enriquecer con fuentes minerales locales o comerciales. En el sustrato existe una amplia diversidad de microorganismos especializados en la descomposición de la materia orgánica, pero que, a su vez, son capaces de generar biodisponibilidad de minerales (microorganismos solubilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno), para que posteriormente puedan ser tomados por la planta. En este sentido, se pueden incorporar fuentes ricas en fósforo, como harinas de hueso o rocas fosfóricas, entre otras.

Finalizada la capa 4, se repiten las capas nuevamente hasta emplear todos los insumos. Es importante revisar que las pilas tengan un nivel adecuado de humedad, mediante una prueba de puño. Se finaliza cubriendo las pilas con un plástico negro de calibre 6 o superior, para disminuir las pérdidas de temperatura y mejorar el tiempo de descomposición (Bohórquez Santana, 2019; Laich et al., 2011; Román et al., 2013).

Anexo C. Paso a paso del manejo poscosecha por sistemas productivos

Poscosecha de mora



Figura C.1. Poscosecha de mora
Fuente: Elaboración propia con base en Antía y Torres (1998) y Guzmán et al. (2018)

Poscosecha de uchuva



Figura C.2. Poscosecha de uchuva
Fuente: Elaboración propia con base en Flórez et al. (2000) y Lanchero et al. (2007).

Poscosecha de achira



Figura C.3. Poscosecha de achira
Fuente: Elaboración propia con base en Caicedo et al. (1999) y Valenzuela Real (2023).

Poscosecha de tomate de árbol



Figura C.4. Poscosecha de tomate de árbol
Fuente: García Muñoz (2008)

Diagrama de proceso para ordeño



Figura C.5. Diagrama de proceso para ordeño
Fuente: FAO (2011a)

Elaboración de quesos



Figura C.6. Elaboración de queso
Fuente: Universidad Nacional de Colombia (1988) y FAO (2011b)

Anexo D. Elaboración de bloques multinutricionales

Pesaje de materias primas: según la dosificación, pesar cada materia prima que se agregará a la mezcla.



Figura D.1. Selección y pesaje de materias primas para la elaboración de bloques multinutricionales.

Fotos: Lina Marcela Ríos

Mezcla 1: cada una por separado, mezclar urea y melaza; mezcla 2: mezclar materias primas secas, como lo son harinas y minerales; mezcla 3: unir las mezclas 1 y 2, revolver bien hasta obtener una muestra homogénea, y hacer la prueba de dureza de puño: si se compacta bien, se procede a aplicar la mezcla en el molde.



Figura D.2. Mezclado de materias primas para la elaboración de bloques multinutricionales.
Fotos: Lina Marcela Ríos

Llenado de prensa o molde: en la superficie del molde, poner un plástico y una fina capa de cal, para la fácil extracción. Adicionar la mezcla en pequeñas partes y aplicar presión para compactar el bloque. Cuando ya no sea posible generar más presión, dejar el bloque aproximadamente cinco minutos y proceder a extraerlo.



Figura D.3. Llenado del molde y proceso de prensado de bloques multinutricionales.
Fotos: Lina Marcela Ríos

Almacenamiento: disponer los bloques elaborados en un lugar donde estén protegidos de lluvia o humedad, para evitar el deterioro del material elaborado. Se deben mantener en este sitio de 5 a 9 días, tiempo necesario para obtener la compactación deseada.



Figura D.4. Bloque multinutricional de cuatro kilogramos después del proceso de prensado.
Foto: Jhon James Borja

Suministro: cuando los animales no están acostumbrados a consumir bloques multinutricionales, se debe implementar un periodo de acostumbramiento para evitar intoxicaciones, principalmente por la presencia de urea en el bloque. Para esto se puede ofrecer en lapsos cortos, como en el momento del ordeño.



Figura D.5. Consumo de bloques multinutricionales en vacas de producción de leche, C. I. Obonuco.
Foto: Jhon James Borja

Referencias

- Antía, G. A., & Torres, J. F. (1998). *El manejo post-cosecha de mora (Rubus glaucus Benth)*. SENA. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6064>
- Arizaga, R., & Balladares, J. (2021). Elaboración de abonos orgánicos mediante dos técnicas de compostaje en mercados del cantón La Troncal. *Sathiri*, 16(1), 144-154. <https://doi.org/10.32645/13906925.1046>
- Bohórquez, W. (2019). *El proceso del compostaje* (Vol. 1). Universidad de La Salle.
- Caicedo, G., Rozo, L., & Bonilla, U. (1999). *Cultivo y beneficio de achira ('Canna edulis' Ker)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Cardona Iglesias, J. L., Castro Rincón, E., Guatusmal Gelpud, C., Valenzuela Chirán, M., Ríos Peña, L. M., & Urbano Estrada, M. F. (2022). *Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino: manual para actores del sector agropecuario*. AGROSAVIA. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/301/282/1750-1>
- Flórez, V., Fischer, G., & Sora, A. (2000). *Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.)*. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53455>
- FAO. (2011a). *Buenas prácticas de ordeño. Proyecto GCP/GUA/012/SPA II Fase Fortaleciendo las dinámicas locales en la cuenca del río Naranjo y cuenca del lago de Atitlán, con énfasis en la producción intensiva agrícola y la producción artesanal. De la reconstrucción al desarrollo*.
- García Muñoz, C. (2008). *Manual de manejo cosecha y poscosecha del tomate de árbol*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13474>.
- Guzmán, T. M., Cuenca, K., & Tacuri, E. (2018). Caracterización de la poscosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) tratada con 1-metilciclopropeno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1), 66-75. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542018000100007&lng=es&tlng=es
- Laich, F. (2011). *El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje*. Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo. Experiencias de fertilización orgánica en platanera. <https://www.icia.es/biomusa/en/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>



- Lanchero, O., Velandia, G., Fischer, G., Varela, N., & García, H. (2007). Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en post cosecha bajo condiciones de atmosfera modificada activa. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 61-68. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18231/42993_49120.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Luna Geller, L. A., & Bolaños Benavides, M. M. (2007). *Producción de abonos orgánicos de buena calidad*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2167/42955_48662.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2011a). *Manual 1. Buenas prácticas de ordeño*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8294dbcb-ac19-48fb-81f4-ca87e8221b07/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2011b). *Manual 3. Procesos para la elaboración de productos lácteos*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3864af87-afec-4dda-a9d7-38a98b976e53/content>
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: experiencias en América Latina*. FAO. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia. (1988). *Manual de elaboración de queso molido nariñense*. Universidad Nacional de Colombia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/28659/59197_14106.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valenzuela Real, C. P. (2023). *Alternativas de generación de valor para tubérculos y raíces comerciales*. Universidad del Tolima. <https://repository.ut.edu.co/entities/publication/86774661-df17-4c41-a8f3-ec901135a123>





Foto: Lina Marcela Rios Peña

Autoría

Diego Hernán Meneses Buitrago

Investigador Máster Asociado - C. I. Obonuco - AGROSAVIA

dmeneses@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3033-3079>

Ingeniero agropecuario y MsC en Ciencias Agrarias con énfasis en Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria. Tiene ocho años de experiencia en las áreas de manejo de suelos, aguas y cambio climático en sistemas productivos como ganadería, pastos y forrajes, cacao y limón, así como en formulación de proyectos y reconversión productiva. Su trabajo se ha concentrado en el desarrollo de estrategias para mejorar la resiliencia de los diferentes sistemas productivos a través del enfoque de agricultura climáticamente inteligente.

Martha Marina Bolaños Benavides

Investigador PhD Sénior - C. I. Tibaitatá - Sede Central - AGROSAVIA

mmbolanos@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/000-0003-4593-5523>

Bióloga con MSc y PhD en Manejo y Conservación de Suelos. Experta en colecta, propagación y evaluación de micorrizas arbusculares en diversos cultivos, así como en el manejo eficiente de la fertilización integrada y sus efectos, en suelos y en la productividad de cultivos como plátano, mora, maracuyá, guayaba y otros. Investiga y transfiere tecnología sobre interacciones rizosféricas y producción agroecológica, con énfasis en la adaptación y mitigación del cambio climático. Actualmente, es Jefe del Departamento de Producción Intensiva Sostenible en AGROSAVIA, donde contribuye en las políticas nacionales sobre agroecología, seguridad alimentaria y gestión sostenible del suelo.

Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Investigador Máster - C. I. Obonuco - AGROSAVIA

dlcortes@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0972-6719>

Ingeniero agrícola y magíster en Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, con amplia experiencia en la coordinación de equipos de trabajo dedica-

dos a la producción de cartografía temática, levantamiento de suelos, análisis de capacidad agrológica, zonificación de tierras y evaluación de variables agroclimáticas. Ha investigado sobre la evaluación y predicción de atributos hidrofísicos del suelo mediante geoestadística funcional, con un enfoque en la cartografía digital de suelos y el uso de tecnologías geoespaciales para la planificación y manejo sostenible del territorio. Actualmente, en la Corporación participa activamente en procesos de evaluación de resiliencia socioecológica, fortalecimiento de capacidades de agricultores campesinos y jóvenes rurales, e iniciativas de transición agroecológica que impulsan prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente. Su labor combina la investigación científica y la aplicación práctica para promover la sostenibilidad y el desarrollo territorial en contextos agrícolas.

Wilfrand Ferney Bejarano Herrera **Investigador Ph.D. Centro de Investigación Obonuco - AGROSAVIA**

wbejarano@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9094-5125>

Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia; con Maestría y Doctorado en Ciencias agrarias, con énfasis en Suelos y Nutrición de Plantas de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, de la Universidad São Paulo-Brasil. Experiencia como Vicerrector de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de la Amazonia (Caquetá-Colombia). Tiene experiencia de 13 años en las áreas de fertilidad de suelos tropicales, desarrollo de fertilizantes fosfatados y potásicos, biofertilización, evaluación de la salud del suelo y uso de técnicas de espectroscopia de rayos X para el análisis de planta y suelo. Actualmente es investigador PhD en el Centro de Investigación Obonuco, (Nariño-Colombia) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

David Rodríguez Puertas **Profesional de Apoyo a la Investigación - C. I. Obonuco - AGROSAVIA**

dpuertas@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7161-3013>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá con estudios de Maestría en Ciencias Agrarias, línea de investigación Protección de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Tiene experiencia en cultivos de clima frío, especialmente uchuva y papa, en las líneas de investigación en producción y protección de cultivos, además de evaluación de germoplasma. Ha trabajado con comunidades rurales, procesos de educación comunitaria y transferencia de tecnologías con agricultores y asistentes técnicos.

Pedro Pablo Bacca Acosta

Investigador máster - C. I. Obonuco – AGROSAVIA

pbacca@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0590-0396>

Ingeniero agroforestal de la Universidad de Nariño y magíster en Ingeniería Ambiental de la Universidad Mariana. Se ha desempeñado como docente e investigador en el área de sistemas agroforestales del Pacífico y la zona andina del departamento de Nariño, análisis e interpretación de imágenes satelitales, procesos de reconversión productiva y cambio climático. Actualmente es investigador máster adscrito a la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Obonuco.

Lina Marcela Ríos Peña

Profesional de Apoyo a la Investigación - C. I. Obonuco - AGROSAVIA

lmriosp@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7452-2317>

Zootecnista de la Universidad Industrial de Santander. El énfasis de sus investigaciones es la alimentación estratégica en sistemas ganaderos del trópico alto con el uso de especies forrajeras mejoradas, la suplementación estratégica y el uso de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero que permitan mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos ganaderos. Tiene experiencia en ejecución y formulación de proyectos de ciencia, tecnología e innovación del sector pecuario y extensión agropecuaria.

Housseman Steven Ramos Zambrano

Profesional de Apoyo a la Investigación - C. I. Obonuco - AGROSAVIA

hramos@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7959-9834>

Profesional en Economía, especialista en Alta Gerencia y magíster en Finanzas de la Universidad de Nariño. Tiene once años de experiencia en la construcción de caracterizaciones socioeconómicas en el sector rural, estudios de cadenas, valoración financiera, diagnóstico rural participativo y procesos de fortalecimiento de capacidades a organizaciones de productores. Conocimientos amplios en econometría, finanzas, planeación estratégica, innovación organizacional, estadística y formulación y evaluación de proyectos. Facilidades en manejo de programas de computación y herramientas ofimáticas, entre ellos Rstudio, Statgraphics, Stata, EvIEWS, Gretl, UCINET, Epi Info, Balance ScoreCard y MIC MAC.



Juan Fernando López Rendón

Investigador Máster - C. I. El Nus - AGROSAVIA

jflopezr@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7035-1880>

Ingeniero agropecuario y magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos Tropicales. Tiene experiencia en investigación y generación de tecnologías para la producción agroecológica de hortalizas, tubérculos y frutales. Ha trabajado en el fortalecimiento de capacidades de pequeños productores para la adaptación y mitigación del cambio climático, promoviendo sistemas integrados de producción agropecuaria, uso eficiente del agua, biodiversidad y agricultura climáticamente inteligente. Además, cuenta con habilidades en asistencia técnica y análisis de información en diversas zonas agropecuarias de Colombia, incluyendo la costa Caribe, el noroccidente y el sur del país.

Jhon James Borja Tintinago

Profesional de apoyo a la investigación - C. I. Obonuco - AGROSAVIA

[Correo: jbtorja@agrosavia.co](mailto:jbtorja@agrosavia.co)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5576-0280>

Ingeniero agropecuario de la Universidad del Cauca, con experiencia en suplementación estratégica y procesos de agroecología y economía circular en sistemas productivos de trópico bajo, medio y alto. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Obonuco.

María Camila Ortega Cepeda

Profesional de Apoyo a la Investigación - C. I. Obonuco - AGROSAVIA

mcortega@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8271-3175>

Profesional en Biología y magíster en Ciencias Ambientales, con experiencia en el diagnóstico sanitario de diferentes cultivos andinos como papa, achira, fríjol, arveja, evaluación fisiológica y agronómica de biofertilizantes, caracterización de entomofauna benéfica y construcción de indicadores de sustentabilidad a nivel de finca.



Lizeth Tatiana Luna Mancilla

Profesional de Apoyo a la Investigación - C. I. Obonuco - AGROSAVIA

lluna@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1181-0506>

Trabajadora social de la Universidad Industrial de Santander. Tiene experiencia en el desarrollo de investigaciones enfocadas a mejorar la resiliencia socioecológica en comunidades rurales con alta vulnerabilidad, promover el desarrollo territorial y la economía campesina. Ha desarrollado estrategias de trabajo e investigación participativa con campesinos y campesinas, promoviendo la integración de diferentes tipos de conocimientos. Ha participado en el desarrollo de caracterización socioeconómica y tipificación de productores en diferentes sistemas productivos. Ha promovido el enfoque de género en los sistemas alimentarios, mediante el mejoramiento de la seguridad y la soberanía alimentaria de hogares liderados por mujeres rurales, en zonas periurbanas de la ciudad de Pasto (Nariño).

Carmen Lorena Chavarro Rodríguez

Profesional de Apoyo a la Investigación - Sede Central - AGROSAVIA

lchavarro@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6583-1679>

Ingeniera agrónoma y magíster en Gestión y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional de Colombia. Experiencia en la búsqueda, formulación y gestión técnica, administrativa y financiera de proyectos agrícolas, así como en la investigación y transferencia de tecnologías aplicadas a sistemas productivos de clima cálido y frío, especialmente en las líneas de investigación de agricultura climáticamente inteligente y bioeconomía. Conocimiento en innovación y gestión tecnológica en agricultura, cadenas de valor agroalimentarias, fortalecimiento de capacidades dinámicas en organizaciones, gestión estratégica organizacional, agroemprendimiento, análisis de mercados y mercadeo agroalimentario, geomática aplicada, análisis de datos mediante estadística multivariada, ciencia del suelo y producción agroecológica. Actualmente está vinculada al Departamento de Producción Intensiva Sostenible de AGROSAVIA.

Estefanía Bohórquez Andrade

Profesional de Apoyo a la Investigación - Sede Central - AGROSAVIA

ebohorqueza@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-5269-3365>

Ingeniera ambiental con experiencia en la formulación, ejecución y seguimiento de proyectos de producción sostenible, el desarrollo de capacitaciones en buenas prácticas ambientales y la aplicación de tecnologías geoespaciales como apoyo a la

toma de decisiones para promover el uso adecuado de los recursos naturales, el ordenamiento de las actividades productivas y el desarrollo sostenible en las regiones. Actualmente está vinculada al Departamento de Producción Intensiva Sostenible de AGROSAVIA, y como scrum máster del equipo ágil Sistemas Productivos Resilientes, promueve la búsqueda de soluciones innovadoras con énfasis en agroecología y agricultura climáticamente inteligente.

Darío Camilo Pantoja Espinosa
Profesional de Apoyo a la Investigación - Sede Central - AGROSAVIA
depantoja@agrosavia.co
 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9053-6041>

Ingeniero agroindustrial con experiencia en la formulación y ejecución de proyectos de investigación agroindustrial/poscosecha en las áreas de influencia de los centros de investigación Obonuco, La Libertad y Sede Central de AGROSAVIA. Experiencia como scrum máster de equipos ágiles de agricultura climáticamente inteligente y agroindustria poscosecha, construcción del programa nacional de investigación en agroindustria, articuladamente con investigadores de todo el país. Coordinación de trabajo con instituciones como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Ambiente, Parques Nacionales Naturales, universidades nacionales e internacionales. Experiencia en agroindustria de los sistemas productivos arveja, papa, mora, caña panelera, guayaba, marañón y cacao.

Fabián Enrique Martínez Camelo
Investigador Máster - C. I. Tibaitatá - AGROSAVIA
fmartinez@agrosavia.co
 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0671-6443>

Ecólogo y magister en Conservación y Uso de Biodiversidad, que considera el sector ambiental eje del desarrollo económico y objetivo de conservación para el bienestar de comunidades rurales y urbanas y la resiliencia de sus sistemas productivos. Alto desempeño en la ejecución de acciones de investigación y extensión relacionadas con agricultura familiar, conservación de agrobiodiversidad, agroecología, agricultura urbana y periurbana, seguridad alimentaria, restauración ecológica como mecanismo de recuperación de estructura y función ecosistémica, ordenamiento territorial con perspectiva ambiental y enfoque territorial para la reconversión productiva de ecosistemas estratégicos, valoración económica de biodiversidad como estrategia de gestión y conservación, caracterización y medición de impacto ambiental de sistemas de producción agropecuarios y su biodiversidad asociada, además de su interacción e impacto en el paisaje y en la vida cotidiana de las comunidades que sustentan su economía en dichos sistemas.



Esta obra analiza los desafíos y oportunidades que enfrenta la zona de amortiguamiento del PNN Complejo Volcánico Doña Juana (PNNCVDJ-C), en el municipio de La Cruz, Nariño. El ecosistema de alta montaña, ubicado en el área protegida, es estratégico y esencial para la provisión de agua y la conservación de la biodiversidad, pero está bajo presión debido al cambio climático y las prácticas agropecuarias no sostenibles. En dicho contexto, la reconversión productiva se presenta como una solución integral para promover la sostenibilidad y la resiliencia en la región.

El libro está estructurado en tres capítulos principales. El primero ofrece un análisis detallado del contexto ambiental, político, social, económico y tecnológico, destacando las dinámicas que influyen en la gestión sostenible. El segundo capítulo aborda los enfoques y las herramientas de la reconversión productiva, presentando ejemplos concretos de implementación y casos de éxito liderados por AGROSAVIA en colaboración con actores locales. Finalmente, el tercer capítulo brinda recomendaciones prácticas para la zona de amortiguamiento del PNNCVDJ-C en el municipio de La Cruz, Nariño, enfocadas en la gestión sostenible de suelos, la diversificación productiva, el manejo integrado de recursos y la generación de valor, con el objetivo de equilibrar el desarrollo humano con la conservación ambiental.

Esta publicación es una guía inspiradora para comunidades, tomadores de decisiones e investigadores interesados en impulsar la transición hacia sistemas de producción sostenibles que contribuyan a la preservación y provisión de los servicios ecosistémicos en áreas de importancia ambiental y social.

Esta obra es resultado del trabajo realizado por AGROSAVIA y financiado por la Unión Europea (UE), la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el marco del programa DRET II, que buscó fortalecer las capacidades técnicas y humanas de la región para fomentar el desarrollo rural sostenible y proteger la biodiversidad en áreas de alta importancia ecológica.



BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Correo: bac@agrosavia.co

Teléfono: (+57 601) 4227300 ext. 1257 o 1274

Skype: [biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/name/biblioteca.agropecuaria)

www.agrosavia.co

Distribución gratuita

Prohibida su venta