



Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona Andina de Nariño, Colombia

Compiladora:
Eliana Martínez Pachón





Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona Andina de Nariño, Colombia

Compiladora:
Eliana Martínez Pachón

Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona Andina de Nariño, Colombia. / Compilado por Eliana Martínez Pachón. – Mosquera, [Colombia]: AGROSAVIA, 2023.

282 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye fotografías, gráficos y tablas.

ISBN: 978-958-740-692-4

ISBN e-Book: 978-958-740-693-1

1. Agricultura familiar 2. Agroecología 3. Aspectos socioeconómicos 4. Seguridad alimentaria 5. Biodiversidad 6. Enfoques participativos 7. Medidas fitosanitarias 8. Nariño (Colombia) I. Martínez Pachón, Eliana [Compiladora].

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

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Obonco. Kilómetro 5, vía Pasto-Obonuco, Nariño. Código postal 520038, Colombia.
Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14, vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es resultado de investigación del proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del COVID-19, en la subregión centro del departamento de Nariño” (BPIN 2020000100702).

Colección: Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Obras de Reflexión y Análisis

Fecha de recepción: 12 de abril de 2023

Fecha de evaluación: 4 de mayo de 2023

Fecha de aceptación: 11 de julio de 2023

Publicado: diciembre de 2023

Preparación editorial

Editorial Agrosavia

editorial@agrosavia.co

Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Liliana Gaona García

Corrección de estilo: Nathalie de la Cuadra y
Andrés Castillo Brieva

Diseño y diagramación: Mónica Cabiativa Daza

Citación sugerida: Martínez Pachón, E. (Comp.) (2023). *Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona Andina de Nariño, Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406931>

Cláusula de responsabilidad: 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, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno con relación a los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

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



Contenido

Introducción	10
Referencias	20

Parte I. Aspectos socioculturales, políticos y económicos de la agricultura campesina, familiar y comunitaria de la subregión centro de Nariño 22

Capítulo 1. Escalamiento de la Agroecología y la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria en Nariño 23

Resumen	23
Introducción	23
La agricultura campesina, familiar y comunitaria en Colombia	29
De la escasez a la suficiencia	30
Aproximaciones a experiencias en agroecología y agricultura campesina, familiar y comunitaria en Nariño	31
Derecho humano a la alimentación y la agroecología en Nariño	34
Conclusiones	35
Referencias	36

Capítulo 2. Dinámicas de comercialización y vínculos con los consumidores de las organizaciones productoras de agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona centro del departamento de Nariño 38



Resumen	38
Introducción	38
Desafíos de la agricultura campesina, familiar y comunitaria ante las dinámicas del mercado	40
Dinámicas y estructura de las organizaciones de productores de hortalizas en la zona centro del departamento de Nariño	43
Brechas y oportunidades de la producción y comercialización para las organizaciones de productores de hortalizas	46
Conclusiones	53
Referencias	54

Capítulo 3. Identificación de alternativas de agregación de valor en productos hortofrutícolas a través de la metodología adaptada del enfoque participativo en cadenas productivas, en unidades de agricultura campesina 55

Resumen	55
Introducción	56
Metodología	57
Resultados	64
Percepciones generales	71
Percepciones visuales	72
Opciones de mercado	74
Conclusiones	74
Referencias	75

Capítulo 4. La cultura digital en el campo como una oportunidad para innovar y mantenerse en el mercado 76

Introducción	76
Preparación antes del encuentro con la comunidad	79
Encuentro de nivelación, desafíos y resultados	80
Ambiente de capacitación: la capacidad tecnológica de los territorios	82
Construcción del entorno virtual de aprendizaje	85



Entre fragmentos y relatos, historias que son testimonios de apropiación digital	87
El portal de negocios de cada asociación	97
Conclusiones	103
Referencias	105

Parte II. Aspectos ecológicos de la agricultura campesina familiar y comunitaria de la subregión centro de Nariño 106

Capítulo 5. Aproximaciones al estudio de la agrobiodiversidad de plantas en agricultura campesina, familiar y comunitaria de Nariño 107

Resumen	107
Introducción	107
Aproximaciones metodológicas para el abordaje transdisciplinar de la agrobiodiversidad	109
Herbarios digitales	110
Codiseño de huertos para la seguridad alimentaria y nutricional y la soberanía alimentaria.	111
Resultados	112
Herbarios digitales	112
Codiseño de huertos.	129
Discusión	137
Conclusiones y recomendaciones	139
Agradecimientos	140
Referencias	140

Capítulo 6. La caracterización del paisaje y su utilidad en las transiciones agroecológicas: el estudio de caso de Gualmatán, 142

Resumen	142
-------------------	-----



Introducción	143
Metodología	145
Toma de fotografías aéreas con dron	145
Definición de área de trabajo	145
Contexto sociocultural y características biofísicas del sitio de estudio	147
Generación de fotografías aéreas	147
Procesamiento de la información para la generación de ortomosaicos del corregimiento de Gualmatán	147
Cálculo de índices de vegetación	148
Resultados	149
Análisis de índices de vegetación	149
Caracterización productiva a partir de imágenes aéreas con dron en el corregimiento de Gualmatán, municipio de Pasto	150
Referencias	156

Parte III. Investigación y desarrollo para el manejo de la nutrición y los desafíos sanitarios en la producción agroecológica 158

Capítulo 7. Uso potencial de biofertilizantes para mejorar la disponibilidad de fósforo en Andisoles 159

Resumen	159
Suelos andisoles	161
Distribución geográfica	161
Génesis de los andisoles	162
Propiedades de los andisoles	163
Fósforo en el suelo	164
Ciclo del fósforo en el suelo	165
Precipitación, disolución de minerales fosfatados	166
Adsorción/desorción del fósforo inorgánico	167
Mineralización e inmovilización de fósforo orgánico	169
Bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP)	171
Solubilización de fósforo inorgánico	171

Mineralización de fósforo orgánico	173
Hongos formadores de micorrizas arbusculares (hfma)	177
Efecto de la inoculación de hfma	178
Perspectivas	179
Referencias	179

Capítulo 8. Diagnóstico, técnicas de identificación y cuantificación, y estrategias de manejo de problemas fitosanitarios 192

Resumen	192
Introducción	192
Enfermedades causadas por bacterias	193
Enfermedades causadas por virus	195
Enfermedades causadas por hongos	196
Enfermedades causadas por protistas	197
Preguntas clave para un diagnóstico correcto de enfermedades	198
Técnicas de diagnóstico de enfermedades	199
Importancia de la complementariedad de los tipos de diagnóstico	202
Toma de decisiones para el manejo de enfermedades: muestreo y cuantificación	202
Cuantificación de enfermedades de plantas	204
Tipos de muestreo para estimación de enfermedades de plantas	204
Métodos directos para estimar enfermedades	205
Incidencia	205
Severidad	205
Métodos indirectos para estimación de enfermedades	205
Trampas de esporas	205
Sensores	206
Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)	206
Componentes del MIPE	207
Control cultural	207
Resistencia genética	211
Control biológico	211
Control químico	213

Referencias	215
-------------------	-----

Capítulo 9. Retos fitosanitarios en la producción de hortalizas y otros productos agropecuarios de la agricultura campesina familiar y comunitaria (ACFC) en Nariño 219

Introducción	219
Principales problemas fitosanitarios encontrados en los sistemas de ACFC de Nariño	220
Enfermedades causadas por bacterias	223
Enfermedades causadas por virus	224
Enfermedades causadas por hongos	225
Enfermedades causadas por protistas	230
Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de Colombia	237
Avances tecnológicos en la producción de hortalizas	238
Referencias	238

Capítulo 10. Hernia de las crucíferas por *Plasmodiophora brassicae*: caso de estudio, corregimiento de Gualmatán, Nariño..... 242

Introducción	242
Pérdidas en producción.....	243
Síntomas y signos de la enfermedad	243
Distribución de la enfermedad.....	245
Ciclo de vida de la enfermedad	248
Epidemiología de la enfermedad	248
Manejo integrado de la enfermedad en sistemas de crucíferas.....	249
Control legal	249
Control genético	250
Control cultural.....	251
Control físico.....	253
Control biológico.....	253
Control químico.....	254

Conclusiones	254
Referencias	255

Capítulo 11. Reflexiones en torno a las necesidades de ciencia, tecnología e innovación para la agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC) de Nariño. 260

Introducción	261
Necesidades de CTel para el fortalecimiento de la ACFC de Nariño	262
Consideraciones finales	269
Referencias	270
Los autores	272



Introducción

Eliana Martínez Pachón

La agricultura campesina familiar y comunitaria (ACFC) comprende las unidades de producción y consumo, cuya finalidad es la reproducción de la familia o de la comunidad, más allá de la generación de ganancias (Forero Álvarez, 2003). La mayor parte de la agricultura en Colombia es de tipo familiar y comunitario, con cerca del 52,5% de las unidades productivas agropecuarias, el 68,57% de las personas dedicadas a la agricultura y aproximadamente 63.892.440 ha (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2023).

La política pública colombiana, en la Resolución 464 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, define a la agricultura campesina, familiar y comunitaria como:

[...] sistema de producción y organización gestionado y operado por mujeres, hombres, familias, y comunidades campesinas, indígenas, negras, afrodescendientes, raizales y palenqueras que conviven en los territorios rurales del país. En este sistema se desarrollan principalmente actividades de producción, transformación y comercialización de bienes y servicios agrícolas, pecuarios, pesqueros, avícolas y silvícolas, que suelen complementarse con actividades

no agropecuarias. Esta diversificación de actividades y medios de vida se realiza predominantemente a través de la gestión y el trabajo familiar, asociativo o comunitario, aunque también puede emplearse mano de obra contratada. El territorio y los actores que gestionan este sistema están estrechamente vinculados y co-evolucionan combinando funciones económicas, sociales, ecológicas, políticas y culturales. (Barrera Gutiérrez & Millán Guzmán, 2022, p. 4)

La Resolución 464 menciona, además, 10 ejes estratégicos y 19 lineamientos de política pública para el fortalecimiento de la ACFC, junto con los instrumentos de focalización y caracterización de la población objetivo. Así, se identifican como sujetos de la política de la ACFC aquellos que cumplan simultáneamente con los siguientes criterios generales:

- Predominio de la actividad económica agropecuaria, desarrollada de forma directa.
- Uso predominante de la mano de obra familiar o comunitaria; al menos el 50% de la mano de obra empleada en la unidad productiva debe ser provista por

el hogar o la comunidad étnica a la cual pertenecen.

- Extensión máxima de la unidad productiva, que equivale a una unidad agrícola familiar (UAF) de la zona correspondiente relativamente homogénea.
- Residir o vivir dentro de un perímetro funcional a la finca, o territorio colectivo, del cual se derivan sus medios de vida.

Los agricultores familiares proporcionan la mayor parte de los alimentos del mundo, son los principales inversores de la agricultura y constituyen la columna vertebral de la estructura económica rural (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA], 2019). La apuesta por el fortalecimiento de la ACFC se debe a su potencial para impulsar el desarrollo rural con enfoque territorial en Colombia, así como la sostenibilidad y productividad de la actividad agropecuaria, puesto que mejora el bienestar y buen vivir de la población rural.

Debido a la gran variedad de categorías o tipologías de ACFC que se derivan de unir las particularidades de los territorios en Colombia con los criterios para definir a los agricultores campesinos, familiares y comunitarios, no es posible plantear una única vía de fortalecimiento de capacidades para este sector. Por esto, las estrategias son múltiples y es recomendable que se ejecuten a partir del esquema de la gestión adaptativa, en el cual es necesaria una lectura inicial del contexto, un diagnóstico y la construcción de planes de acción que se realicen desde un proceso de seguimiento y evaluación continuo que permita ajustar las actividades según los impactos que se observan.

Es importante reconocer la diversidad de la ACFC en el momento de construir una

institucionalidad para el desarrollo tecnológico apropiado para los pequeños productores, tema del que trata la mayor parte de este libro. Más allá del tamaño de predios y del tipo de mano de obra familiar, la tecnología local y el destino de la producción son los factores que determinan en gran medida las alternativas de fortalecimiento de capacidades. Por ejemplo, para algunos agricultores puede ser prioritario cumplir los requisitos para certificarse en producción orgánica, como en el caso de los agricultores especializados en productos de exportación como el café, mientras que para otros la prioridad puede ser el fortalecimiento de los mercados locales, comunitarios o agroecológicos, donde venden los excedentes de su producción usualmente variada y a pequeña escala.

En resumen, las rutas para promover la innovación en la ACFC son diversas y contexto-dependientes; no obstante, el desarrollo de tecnologías para los pequeños productores debe procurar ser inclusivo. En particular, se espera que mediante un enfoque de inclusión se reconozcan y potencialicen las habilidades y oportunidades para los agricultores de la ACFC, y que se creen las condiciones para que ellos aporten a la transformación del sector agropecuario y de las relaciones a las que están subordinados. Para lograr este propósito, más allá de la obtención del producto tecnológico, importa el proceso llevado a cabo para lograrlo; esto es, si se tomaron en cuenta las características agroecológicas, socioeconómicas, políticas y culturales del territorio, así como las necesidades, las expectativas y los conocimientos de los productores y consumidores.

Teniendo en cuenta lo anterior, desde diferentes sectores se ha propuesto que el paradigma de la agroecología tiene un

potencial grande para lograr el fortalecimiento de la ACFC, por cuanto puede promover el acceso a la innovación y a las nuevas tecnologías, junto con los conocimientos tradicionales (FAO, 2021a). La agroecología se destaca por ser uno de los paradigmas con mayor potencial para fortalecer la ACFC gracias a su enfoque integral, transdisciplinario y pluriepistemológico. Es integral porque busca comprender y transformar la realidad como un todo indisoluble que se debe abordar desde diferentes aristas; es transdisciplinar porque requiere la aplicación de conceptos y metodologías de disciplinas tan variadas como la agronomía, la ecología, la sociología, la antropología, la economía y la geografía, y es pluriespistemológica porque reconoce la diversidad de saberes que deben interactuar, en particular el conocimiento científico y el tradicional.

De acuerdo con López y Tendero (2014), la agroecología:

[...] toma partido por hacer ciencia con y para la gente, desde el supuesto de que es el sujeto investigado quien debe definir la finalidad y los objetivos de la investigación (qué y para qué), así como sus formas (el cómo). Lo cual se pretende conseguir a través de la implementación de metodologías participativas de investigación social y agronómica. (p. 30)

La gestión de ciencia, tecnología e innovación (CTel) agropecuaria desde la agroecología facilita el abordaje de la complejidad que plantea la ACFC, en la cual los actores locales reclaman mayor horizontalidad en el desarrollo y en la promoción de tecnologías apropiadas a sus contextos, y también porque atribuye a los productores un papel protagónico en los procesos de aprendizaje e innovación; además, considera los

conocimientos como el fruto de la cooperación de los productores y los científicos formales (FAO, 2014).

Desde la legislación colombiana se plantea el vínculo entre la ACFC y la agroecología para la creación y recreación de sistemas productivos sostenibles y territorios resilientes, y particularmente como un modelo de sistemas productivos en áreas de especial significación ambiental condicionadas por su uso, como aquellas sustraídas de la reserva forestal, o áreas protegidas que admiten uso sostenible, como los distritos de conservación de suelos y los distritos de manejo integrado, entre otras (MADR, 2017). Además del aporte a la sostenibilidad ambiental de los sistemas productivos, también se reconoce la relación entre la agroecología y la seguridad alimentaria y la nutrición (FAO, 2014). Este último aspecto, exacerbado por la pandemia del Covid-19, el aumento de las desigualdades y el incremento de la malnutrición, que han llevado a decenas de millones de personas al hambre (FAO, 2021a).

En Colombia, específicamente, se reportó un deterioro importante de la seguridad alimentaria en la pandemia, durante la cual los hogares tuvieron que implementar estrategias de supervivencia, como reducir el tamaño de las porciones de alimentos y el número de comidas; esta situación pasó del 54 % en 2015, según la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (EN-SIN), a un 67 % en 2022 (Programa Mundial de Alimentos [PMA], 2023). En un sentido más amplio, desde el Plan Nacional de Desarrollo 2023-2026 "Colombia, Potencia Mundial de la Vida" se propone la meta de "derecho humano a la alimentación", que está enfocada en el aumento de la soberanía y autonomía alimentaria, así como

en la superación de la pobreza y la eliminación del hambre en la primera infancia. Al respecto, es necesario recordar que el derecho humano a la alimentación adecuada (DHAA) se ejerce cuando “todo hombre, mujer o niño, ya sea sólo o en común con otros, tiene acceso físico y económico, en todo momento, a la alimentación adecuada o a medios para obtenerla” (Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales [CDESC], 1999).

Se han establecido cinco componentes del DHAA. El primero de ellos es la disponibilidad, que comprende la posibilidad de alimentarse directamente de lo que produce la tierra u otros recursos naturales, o a través de un sistema eficaz de distribución, procesamiento y comercialización que permita trasladar los alimentos desde el lugar de producción hasta donde sea necesario, según la demanda; el segundo es la estabilidad, que determina que la oferta de alimentos debe ser estable en el tiempo en cada lugar; el tercero es la accesibilidad, la cual indica que todas las personas deben tener acceso, en términos económicos y físicos, a alimentos suficientes y adecuados, sin que ello comprometa la provisión y satisfacción de otras necesidades básicas; el cuarto es la sostenibilidad, según la cual la gestión de los recursos naturales debe hacerse de tal forma que se garantice la disponibilidad de alimentos suficientes no solo para las generaciones presentes, sino también para las futuras, y el quinto es la adecuación, la cual señala que la alimentación disponible debe ser suficiente y nutritiva para satisfacer las necesidades alimentarias de las personas, sin sustancias nocivas y aceptable para la cultura del grupo humano al que pertenece cada persona (FAO, 2013).

Desde la FAO se destaca el vínculo entre el DHAA y las inversiones responsables en la agricultura, junto con una serie de principios que permiten asegurar, de manera progresiva, el derecho humano a la alimentación. En dichos principios se incluyen aspectos como la disponibilidad de tierras productivas y de recursos naturales, así como de sistemas de distribución, procesamiento y comercialización en buen funcionamiento; la creación de programas adaptados a los derechos y necesidades de los grupos y personas más vulnerables, y la adaptación cultural de la dieta y la inocuidad de los alimentos (FAO, 2021b).

La pandemia del Covid-19 ha agravado las desigualdades existentes y está llevando a millones de personas al hambre y a la pobreza, por lo que resulta fundamental movilizar a más personas y a los Gobiernos para transformar los sistemas alimentarios hacia un modelo más justo y sostenible. Un enfoque basado en los derechos humanos es un elemento vital para esta recuperación (FAO, 2021a). Para esto, es necesario superar el énfasis en lo tecnológico-productivo y dar mayor importancia a la reconfiguración de los eslabones de distribución y consumo de los alimentos. De acuerdo con la FAO (2021a), el consumo responsable —combinado con la acción comprometida del sector privado, el aumento de la gobernanza y determinados incentivos políticos y fiscales— puede marcar el camino hacia un desarrollo sostenible, ético y más justo.

De esta manera, el presente libro documenta reflexiones en torno al proceso de fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria de la subregión centro en el departamento de Nariño, con un enfoque agroecológico. En este contexto, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e

Innovación, a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías abrió en 2020 la convocatoria para el “Fortalecimiento de capacidades de investigación y desarrollo regionales e iniciativas de CTel y transferencia de tecnología y conocimiento orientadas a atender problemáticas derivadas del Covid-19”. En el departamento de Nariño, esta convocatoria buscó proyectos que atendieran la demanda de reactivación económica y seguridad alimentaria mediante el abordaje de retos en la logística de abastecimiento y distribución, la transformación de productos y procedimientos, además de la eficiencia productiva.

Así, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), la Universidad de Nariño y ParqueSoft Nariño formularon el proyecto titulado “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del Covid-19, en la subregión centro del departamento de Nariño”, financiado por el Sistema General de Regalías y la Gobernación de Nariño. Este proyecto se implementó durante el periodo 2022-2023 (BPIN 2020000100702).

La problemática central que abordó dicho proyecto incluyó las limitadas capacidades de los agricultores campesinos de Nariño para reorganizarse, enfrentarse y adaptarse a los cambios en la producción y la logística de abastecimiento y distribución de alimentos en la pospandemia. El objetivo principal de la iniciativa es mejorar las capacidades de los agricultores para la reorientación e innovación de procesos productivos enfocados en fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional de la población nariñense. Las

acciones identificadas para resolver este problema incluyeron:

1. El aumento de la eficiencia productiva con un enfoque agroecológico.
2. La innovación para la transformación de productos agropecuarios en subproductos.
3. La innovación en la logística de abastecimiento y distribución de alimentos.

El proyecto se llevó a cabo con 311 familias campesinas pertenecientes a nueve organizaciones de productores de la agricultura campesina, familiar y comunitaria, localizadas en los municipios de Pasto, Tangua, Consacá, La Florida y Guachucal (figura 1 y tabla 1). El desarrollo del proyecto impacta positiva y significativamente en la sociedad rural de los municipios priorizados, a través de estrategias y mecanismos de innovación que están orientados a la agroecología para lograr un aumento no solo en la eficiencia productiva de la agricultura campesina familiar y comunitaria, sino también en alternativas que busquen en las cadenas de valor condiciones óptimas para su producción, poscosecha y logística para el buen relacionamiento entre el productor y el consumidor, y así alcanzar canales de comercialización cortos que puedan beneficiar a los diferentes actores vinculados.

Con el tipo de intervenciones realizadas se buscó promover la acción colectiva y cooperante entre los agricultores y diferentes participantes de este proyecto. De esta manera, a través de métodos de investigación, transferencia de tecnología y un trabajo transdisciplinario, se construyó un diagnóstico participativo con el cual se identificaron las brechas de CTel existentes en los procesos articulados a la cadena de valor. Luego de esta identificación y caracterización de necesidades del entorno, se

quiso mejorar las condiciones de vida de los productores mediante el uso eficiente de los recursos, la adaptabilidad de las ofertas tecnológicas, la mejora en los enfoques de asociatividad y el uso de los sistemas de innovación, con el fin de que los productores tuvieran herramientas efectivas para una mejor resiliencia a escenarios futuros de crisis en este tipo de sistemas.

Como resultado del proyecto, se desarrollaron tecnologías para la producción agrícola ajustadas a los contextos socioeconómicos, culturales y ecológicos, así como para el manejo de poscosecha y la comercialización de sus productos en sistemas agroalimentarios localizados que acercan a los productores y a los consumidores.

Tabla 1. Organizaciones de productores vinculadas al proyecto

Organización	Descripción
Asociación de Productores Orgánicos La Tulpa	Es una iniciativa que surge a partir de dos personas interesadas en impulsar la producción orgánica mediante la gestión de recursos nacionales e internacionales. Actualmente, la asociación cuenta con grupos de trabajo en los municipios de Pasto (corregimientos El Encano y Gualmatán), La Florida, San Lorenzo, Consacá e Iles, y están iniciando un proceso en Tangua, con 38 familias asociadas de todos los municipios mencionados. Cuentan con un espacio de comercialización y realizan venta de canastas a domicilio.
Colectivos de agricultura urbana de Pasto	Se consolidaron a partir del programa Agricultura Urbana, promovido por la Secretaría de Agricultura de Pasto desde 2016. Hay 45 personas distribuidas en 5 grupos asociativos no formales que producen alimentos de manera colectiva en la finca Janacatú, un predio gestionado por la propia alcaldía. La mayor parte de la producción es para el autoconsumo de las familias y algunos comercializan con intermediarios en el Mercado de Potrerillo.
Cooperativa Multiactiva de Hortalizas del Sur (COOPHSUR)	Como cooperativa, nace a principios de la década de 2000 y desde entonces ha buscado principalmente ser una plataforma dedicada a la venta de productos agrícolas, en especial hortalizas, por fuera del corregimiento de Gualmatán y del departamento de Nariño. Actualmente cuenta con 26 asociados, de los cuales solo 18 son socios activos dentro de la cooperativa. Desde mediados de los 2000 logró vincularse con Grupo Éxito, y de esta manera se propició el fortalecimiento de la cooperativa, en cuanto a la adhesión de más productores a la venta masiva de hortalizas al Grupo Éxito.
Asociación Agroambiental Corazón de María	Está dedicada a la producción intensiva en minifundios de hortalizas, y es una organización visible y referente en el corregimiento de Gualmatán, gracias a su crecimiento y comercialización de grandes cantidades de hortalizas a diferentes cadenas comerciales del país. Esta asociación se constituyó legalmente en 2018, tras un proceso de organización previo de cuatro años. Se caracteriza por ser una asociación familiar y porque la mayoría de los socios son parte de la familia extensa.

Organización	Descripción
Cooperativa Multiactiva de Hortalizas y Frutas Orgánicas de Nariño (Cohorfrunar)	Es una cooperativa que opera en el corregimiento de Gualmatán, Pasto. Tiene una trayectoria de cinco años y se dedica a la producción y venta de hortalizas. Cada mes transporta aproximadamente dos toneladas de hortalizas, en especial a Cali, donde vende su producción, a un precio estándar, a almacenes de cadena.
Asociación Productora de Verduras Gualmatán	Es una asociación comercial ubicada en el corregimiento de Gualmatán, y es más conocida como Mercado de Potrerillo. Sus 129 socios han trabajado como grupo desde hace 45 años y se formalizaron en 2019. En la actualidad, cuentan con un espacio de comercialización en la plaza de mercado El Potrerillo.
Asociación Frescuy	Es una asociación de carácter familiar, constituida legalmente desde 2018. En la actualidad está dedicada a la producción intensiva en minifundios de fresas y, en menor proporción, de hortalizas en el corregimiento de Gualmatán.
Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas	Se constituyó como grupo asociativo en 2016. Actualmente se dedica a la producción y comercialización de hortalizas y otros productos agropecuarios en el corregimiento de Gualmatán.
Asociación Nacional de Usuarios Campesinos (ANUC), Guachucal	Es una organización campesina de carácter nacional que ha sido protagonista de las luchas y reivindicaciones campesinas desde la década de 1960 en el país. La seccional ANUC Guachucal se conformó en 1972, impulsada por el contexto de la exigencia de una reforma agraria que se estaba gestando a nivel nacional. Con el acompañamiento de diferentes instituciones, ha conformado la Escuela de Capacitación de Agricultura Familiar San Ramón (ECAAF San Ramón), con la cual ha fortalecido sus capacidades para la producción orgánica y la comercialización de excedentes en el mercado comunitario.

Fuente: Elaboración propia

Como logros principales del proyecto se destaca la conformación de redes de gestión de conocimiento alrededor de las escuelas de campo para agricultores. Estas últimas fueron espacios donde se promovieron las transiciones agroecológicas en aspectos como la sustitución de insumos contaminantes, la revaloración de la agrobiodiversidad y de los conocimientos de los campesinos, la apropiación de las tecnologías de la comunicación en los adultos mayores y el acercamiento entre productor y consumidor. De los desafíos más importantes se destacan la dificultad en la integración de diferentes tipos de conocimiento, la necesidad de seguimiento

continuo y contexto-específico a los procesos de adaptación y adopción de tecnologías, y la debilidad de los procesos asociativos, junto con la resistencia al desarrollo de acciones colectivas por parte de las asociaciones de productores.

Desde la perspectiva agronómica, el principal logro fue la mejora de la eficiencia productiva de los sistemas de producción hortícola. La integración de biodiversidad funcional en las parcelas de cultivos logró una sustitución hasta del 50% de las necesidades de fertilización mineral y la sustitución del 90% del control químico por biocontroladores, mediante el uso de extractos vegetales y control cultural, con rendimientos

similares o superiores a los obtenidos por las prácticas convencionales de uso intensivo de agroquímicos. A nivel institucional se logró mejorar la conexión del Centro de Investigación Obonuco de AGROSAVIA, la Universidad de Nariño y ParqueSoft con las comunidades campesinas, de tal forma que se gestó una estrategia de comunicación e intercambio de conocimiento que funcionó como plataforma de innovación y fortalecimiento de capacidades para la agricultura campesina en Nariño.

Los principales hallazgos en la ejecución de este proyecto se plasman en este libro, que se encuentra dividido en tres partes. En la primera, se describen

los aspectos políticos, socioculturales y económicos que afectan la agricultura campesina, familiar y comunitaria, y el escalamiento de la agroecología en la zona de estudio; en la segunda, se describen los aspectos ecológicos de la agricultura campesina, familiar y comunitaria, y en la tercera se presentan los aspectos relaciones con la investigación y el desarrollo para el manejo de la nutrición y los desafíos sanitarios en la producción agroecológica. Al final del libro los lectores encontrarán una reflexión sobre las necesidades de CTel para el fortalecimiento de la agricultura campesina familiar y comunitaria en el próximo quinquenio.

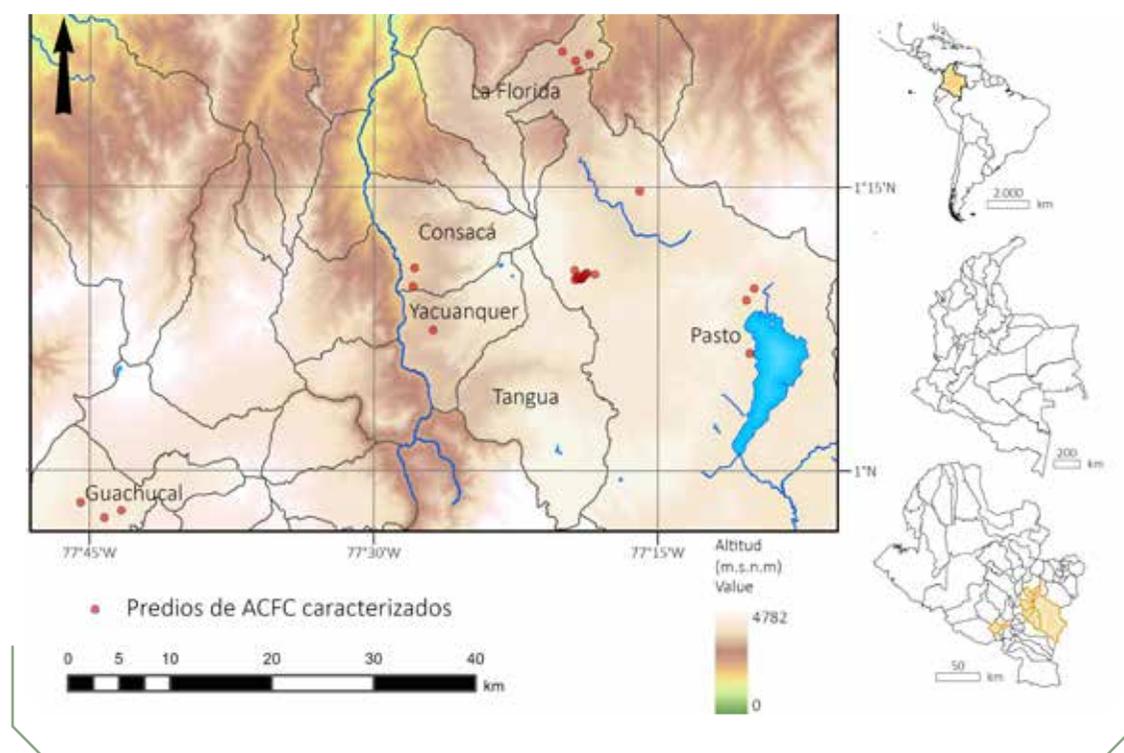


Figura 1. Localización del área de influencia del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

En la primera parte del libro, en el capítulo 1, Andrés Pacheco Jaimes discute la evolución del concepto de la agroecología y su relación con la agrobiodiversidad, la soberanía alimentaria y el derecho humano a la alimentación. Tras un abordaje de los aspectos socioculturales y políticos que distinguen a la ACFC en Nariño. El autor plantea una crítica a la forma como se aborda el fortalecimiento de capacidades para los agricultores campesinos e indígenas; además, invita a los actores institucionales a “ponerse en sintonía” con las apuestas que plantea el movimiento agroecológico nariñense, dado que el momento histórico lo demanda.

En el segundo capítulo, Luis Felipe Rincón Manrique y Gissela Fernanda Guerrero Díaz presentan un análisis de las estructuras de producción y los circuitos de comercialización empleados por las nueve organizaciones de productores campesinos que participaron en el proyecto. Después, muestran una tipificación de las organizaciones basada en la identificación de los mecanismos a partir de los cuales se da la venta de su producción, el grado de relacionamiento que establecen con los consumidores y los volúmenes de la producción. A lo largo del capítulo se encuentra una reflexión crítica sobre la manera como los modelos de desarrollo rural y agrario implementados en el país limitan la sostenibilidad en los sistemas de producción agropecuario.

En el tercer capítulo, Laura Latorre Vásquez, Diego Trejo Escobar, Luis Valencia Flórez, Diana Chaves Morillo y Diego Mejía España presentan los resultados que obtuvieron al aplicar la metodología de análisis participativo de cadenas productivas, cuyo objetivo fue identificar con las organizaciones las ideas o alternativas de negocios con potencial para mejorar la competitividad de

los productores de las unidades de agricultura campesina. Un aspecto por destacar es que la mayor parte de la producción se vende en fresco, con escasa agregación de valor y nula transformación. Los resultados confirman que los productores de la ACFC enfrentan serios desafíos en la adquisición de materias primas por los elevados costos, la comercialización, el transporte y la distribución.

En el cuarto capítulo, Gelber Orlando Moran Silva, Katherin Torres Eraso y Alejandra Cabrera Moncayo relatan la experiencia de ParqueSoft Nariño en el desarrollo de un piloto para el establecimiento de un ecosistema digital para la comercialización de los productos de la ACFC, junto con un proceso de apropiación tecnológica y mentalidad digital para los agricultores. Su discusión gira en torno a las condiciones que restringen el acceso a la tecnología, en particular sobre la ausencia de procesos educativos y el limitado acceso a internet en la zona rural; asimismo, en cómo fortalecer las capacidades y habilidades de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), mediante el uso de ofimática y redes sociales, y el manejo de dispositivos, que se visibilizan como una alternativa de comercialización. Entre sus logros destacan la apropiación de herramientas como la creación y el manejo adecuado de correos electrónicos, cuentas de redes sociales, personalización de estas, creación de contenido mediante la aplicación Canva y programación de contenido a través de Meta Business, que brinda una alternativa importante para la comercialización de la producción agrícola.

La segunda parte comienza con el quinto capítulo, que contiene una propuesta de Eliana Martínez Pachón, Andrés Pacheco Jaimes y Nubia Esperanza Orozco Ospina acerca de cómo abordar la gestión de la

agrobiodiversidad en los sistemas de agricultura campesina, familiar y comunitaria. Los autores adaptan las metodologías de construcción de herbarios digitales y herramientas de codiseño de huertas para fomentar la visibilización y documentación de los conocimientos tradicionales y ancestrales respecto a los usos de las plantas y el diálogo intergeneracional y de conocimientos que debe darse para garantizar una diversificación productiva que sea la base de la provisión de bienes y servicios ecosistémicos en las unidades de ACFC. Las metodologías propuestas en este capítulo se orientan a garantizar la soberanía alimentaria del territorio, por lo que su uso se recomienda para avanzar en las transiciones hacia la sostenibilidad de la agricultura en general.

En el sexto capítulo, Pedro Pablo Bacca Acosta, Yaritza del Carmen Galvis Burbano, Eliana Martínez Pachón y Jeisson Rodríguez Valenzuela exploran la caracterización de los paisajes de la agricultura campesina en Nariño mediante el empleo de fotografías aéreas con dron. Los autores aportan un paso a paso en la caracterización de los paisajes productivos, que va desde la preparación de los vuelos del dron, hasta la construcción de ortomosaicos de paisaje, uso de índices de vegetación y caracterización de coberturas vegetales a escalas espaciales finas, que permiten la caracterización de predios pequeños hasta la identificación de coberturas vegetales a escala más amplia. La reflexión del capítulo invita a la consideración de medidas de manejo a escala de paisaje para el logro de una agricultura sostenible basada en la provisión de servicios ecosistémicos.

En la tercera sección del libro se habla de las tecnologías de producción compatibles con las transiciones agroecológicas.

Así, en el séptimo capítulo, Daniel Torres, Daniel Rojas, Wilfrand Bejarano y Germán Estrada presentan el uso potencial de biofertilizantes para mejorar la disponibilidad de fósforo en andisoles. Los autores describen las tecnologías que han sido desarrolladas para mejorar la disponibilidad de P en los suelos y, por consiguiente, su absorción por las plantas, en particular, el uso de microorganismos del suelo como las bacterias, que tienen un importante potencial para el desarrollo de sistemas sostenibles y la optimización en el uso de los fertilizantes fosforados.

En el octavo capítulo, Carlos Moreno, Alejandro Villabona, Eliana Revelo, Carlos Marcillo, Lorena Dávila, Edwin Rodríguez, Francly García, Donald Riascos y Paola Zuluaga brindan un marco general para el análisis de problemas fitosanitarios para técnicos y productores interesados en profundizar sus conocimientos sobre el diagnóstico, las técnicas de identificación, cuantificación y estrategias de manejo de problemas fitosanitarios. Los autores hacen un recorrido por los principales grupos de organismos que causan enfermedades en los cultivos y exponen, mediante ejemplos, los síntomas que estos organismos generan en las plantas.

En el noveno capítulo, Carlos Moreno, Alejandro Villabona, Eliana Revelo, Carlos Marcillo, Lorena Dávila, Edwin Rodríguez, Francly García, Donald Riascos y Paola Zuluaga presentan los resultados del diagnóstico fitosanitario elaborado en el proyecto, en lo que han denominado retos de la agricultura campesina familiar y comunitaria en Nariño y estrategias para enfrentarlos. En este capítulo, técnicos y productores conocerán con mayor detalle los problemas fitosanitarios que afectan a los productos de la agricultura campesina de Nariño. Con

zonas de vida diversas que incluyen los bosques altoandinos y los bosques andinos propiamente dichos, esta caracterización incluye plagas y enfermedades de cultivos variados como café, tomate, hortalizas de hoja, crucíferas y frutales andinos.

En el décimo capítulo, Donald Riascos, Eliana Revelo, Carlos Marcillo, Eliana Martínez y Diego Cortes exponen el estado de avance de la hernia de las crucíferas en el corregimiento de Gualmatan a finales de 2022. Esta enfermedad es la principal amenaza para los medios de vida de numerosas familias dedicadas a la producción y venta de brócoli, coliflor y repollo en esta localidad. Los autores emplean los datos de caracterización de paisaje para ilustrar la variación espacial en la incidencia

de la enfermedad y brindan elementos de diagnóstico y manejo que pueden emplear productores, técnicos y tomadores de decisiones para el manejo de la hernia de las crucíferas.

Por último, en el undécimo capítulo se encuentran las reflexiones acerca de la importancia de la ciencia, tecnología e innovación para fortalecer la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria de Nariño. En este capítulo se identificaron vacíos de conocimiento, de tecnologías, de acciones, regulaciones y normas orientados al cumplimiento de los diez principios de la agroecología propuestos por la FAO (2018) para avanzar en las transiciones agroecológicas.

Referencias

- Barrera Gutiérrez, M. C., & Millán Guzmán, J. (2022). *Claves para la transversalización del enfoque de género en la Resolución 464*. Red Nacional de Agricultura Familiar. https://drive.google.com/file/d/1rZXFk8xhcbG570ihnaKQkn6w_uGJskFQ/view?usp=sharing
- Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales [CDESC]. (1999). *Observación general N.º 12: el derecho a una alimentación adecuada (artículo 11 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*. <https://www.refworld.org/es/type/GENERAL,,,47ebc-ce12,0.html>
- Forero Álvarez, J. A. (2003). Economía campesina y sistema alimentario en Colombia: aportes para la discusión sobre seguridad alimentaria. En *Memorias Seminario Regional Desarrollo Rural y Soberanía Alimentaria*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín; Corporación Vamos Mujer; Ecofondo; Centro de Investigación y Extensión Rural (CIER); Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- López, D., & Tendero, G. (2014). *Sembrando alternativas. Un pequeño manual práctico para la dinamización local agroecológica*. Graficas Daser.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2017). *Resolución 464. "Por la cual se adoptan los lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria se dictan otras disposiciones"*. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000464%20de%202017.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *El derecho a la alimentación en el marco internacional de los derechos humanos y en las constituciones*. Cuadernos de trabajo sobre el derecho humano a la alimentación. <https://www.fao.org/3/i3448s/i3448s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). *Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición. Actas del Simposio Internacional de la FAO*. <https://www.fao.org/3/i4729s/i4729s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *The 10 elements of agroecology: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems*. <http://www.fao.org/3/i9037en/i9037en.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021a). *Las organizaciones de consumidores y el derecho a una alimentación adecuada: estableciendo el vínculo*. <https://doi.org/10.4060/cb3685es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021b). *Nota de orientación: el derecho a la alimentación y la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios. Hacia la erradicación del hambre y la malnutrición: potenciar la inversión responsable en agricultura para contribuir al derecho a una alimentación adecuada*. <https://doi.org/10.4060/cb5582es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], & Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA]. (2019). *Decenio de las Naciones Unidas para la Agricultura Familiar 2019-2028. Plan de acción mundial*. <https://www.fao.org/3/ca4672es/ca4672es.pdf>
- Programa Mundial de Alimentos [PMA]. (2023). *Evaluación de seguridad alimentaria para la población colombiana. Resumen ejecutivo. Colombia, febrero 2023*. <https://reliefweb.int/report/colombia/evaluacion-de-seguridad-alimentaria-para-poblacion-colombiana-resumen-ejecutivo-colombia-febrero-2023>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2023). *Tipologías de agricultura campesina, familiar y comunitaria. Resolución 464 de 2017*. [Ponencia]. Reunión interinstitucional (AGROSAVIA-UPRA), Bogotá, Colombia.



Parte I

22

Aspectos socioculturales, políticos y económicos de la agricultura campesina, familiar y comunitaria de la subregión centro de Nariño

Capítulo 1. Escalamiento de la agroecología y la agricultura campesina, familiar y comunitaria en Nariño

Andrés Pacheco Jaimes

Resumen

La agricultura campesina, familiar y comunitaria en Colombia hace parte de la mayoría de la producción agropecuaria en el país, y es uno de los ejes fundamentales de organización y acción en el sector agrario. Desde este tipo de producción, se ha venido impulsando el paso de las formas alternativas de producción y organización —como la agroecología— a las heredadas por regímenes alimentarios y de producción coloniales y neoliberales que han activado las crisis alimentarias, climáticas y civilizatorias que se padecen en la actualidad. La forma como la agroecología, en cuanto modelo alternativo de producción agrario y forma de organización social, aboga por un mundo que no dependa de la

sobreproducción, sino de la eficiencia, resulta ser una de las maneras como el *etnocampesinado* ha logrado establecer un punto común a la salida de estas crisis. En el departamento de Nariño, estas apuestas se han expresado en diferentes tipos de organización que desarrollan su plan de acción alrededor de la agroecología y, aunque son minoría frente a la producción convencional, son un ejemplo notorio de que sí es posible la producción sostenible y ecológica, que apunte a un horizonte de eficiencia que permita la garantía del derecho humano a la alimentación expresada tanto en la seguridad como en la soberanía alimentaria.

Introducción

El campesinado del departamento de Nariño es un grupo poblacional con muchos matices en cuanto a sus formas de producción y aspectos culturales, étnicos y de creencias. Los pueblos afrocolombianos en el litoral Pacífico nariñense, la cercanía de los habitantes indígenas a las selvas del Putumayo y la convivencia estrecha y a veces invisible entre indígenas, campesinos

andinos y migrantes de todas partes del país, e incluso del Ecuador, son apenas la cuota inicial de lo que contienen las entrañas de los paisajes quebrados de este departamento cargado de historia de lucha campesina e indígena.

Gracias a la experiencia de conocer algunas iniciativas campesinas y autogestionadas de transición agroecológica,

producción agrícola convencional, procesos organizativos etnocampesinos¹ y diferentes formas de ordenanza del territorio, se puede decir que las tensiones entre las formas de vida y comprensión de los lugares de enunciación abundan, pero tienen varios puntos en común: el deseo de vivir bien (no *vivir mejor* como concepto de crecimiento dentro de las lógicas del capitalismo) como una apuesta que responde a necesidades comunitarias y ecológicas, y no solo a las necesidades del mercado y el sistema económico (Farah H. & Vasapollo, 2011), mejorar la eficiencia en la producción de su tierra y consolidar —o iniciar— los procesos de soberanía y autonomía.

Estas experiencias, de las más variadas, sientan un precedente de cómo abordar conceptual, metodológica y políticamente la agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC) y la agroecología en procesos organizativos del suroccidente, en especial en la subregión centro de Nariño.

Abordar estos temas en una región como el departamento de Nariño resulta más complicado de lo que se esperaba inicialmente. Es difícil debido a la amplitud del espectro para hablar de ello y comprender la profundidad del tema en un país que aún vive conflictos sociales, armados y políticos que tienen cimiento en la lucha agraria y de acceso a la tierra. No es en vano que hoy en día la concentración de la tierra en Colombia todavía sea una de las más desiguales del continente, pues solo el 1 % de la población tiene el 81 % de la tierra y las unidades de producción agropecuaria se han venido

reduciendo entre el pequeño campesinado (Comité de Oxford de Ayuda contra el Hambre [Oxfam], 2017); esto agudiza el problema estructural de una guerra inconclusa que la población espera desesperadamente que cese.

Es importante recordar que, debido a esa gran diversidad ecosistémica y geográfica quebrada, el departamento de Nariño ha sido uno de los más afectados por el conflicto armado, por causa de los cultivos de coca para uso ilícito. Hasta 2021, el crecimiento de dichos cultivos creció tanto en Nariño, como en Cauca y Putumayo, que son sus departamentos vecinos (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC], 2021). Este incremento está relacionado con el crecimiento y surgimiento de actores armados en los territorios; asimismo, con cambios de dinámicas sociales, comunitarias, económicas e incluso de movilidad. Aunque estos fenómenos sociales no se encuentren en todo el territorio de Nariño, sin duda afectan directa e indirectamente las perspectivas de vida que tienen los pobladores de cada territorio.

Esos conflictos por la tierra, sumados a la proletarización del campesinado, la especulación inmobiliaria sobre tierras de interés turístico, el emplazamiento de la población que habita en este territorio, el envejecimiento de la población rural, entre otros, son el escenario al que se enfrenta este proyecto.

Sin embargo, este capítulo está dedicado a comprender cómo desde la ACFC y la

1 Se entiende al sujeto etnocampesino como el proceso sincrético entre las comunidades étnicas racializadas con el campesinado, que generalmente cohabitan un territorio, caminan de la mano y comparten visiones de ordenamiento y gobernanza del territorio. Estos sujetos responden a procesos históricos de colonización a las comunidades originarias, despojadas de todas sus reivindicaciones culturales, pero que logran conservar las suficientes para ver en el otro un semejante.

agroecología en Colombia se ha propuesto un horizonte de respuestas a un país con vocación agraria, el cual tiene la posibilidad de retomar el camino de su transformación a una experiencia de producción agropecuaria y de espacios y territorios acordes con los retos climáticos y ambientales del actual momento histórico; por ejemplo, la reforestación y regeneración de ecosistemas claves en la captura de carbono, la garantía de la seguridad y soberanía alimentaria de la humanidad, sin seguir con la degradación de los suelos y produciendo con la ganadería extensiva.

Para entender la complejidad de este problema, es importante tener en cuenta la marca histórica de los procesos de colonización en el continente, especialmente en Colombia, que han supuesto el establecimiento de diferentes etapas de regímenes alimentarios hegemónicos. Estos últimos son una estrategia de control sobre la población y la producción agropecuaria que responden a las dinámicas vigentes del mercado y no precisamente de las necesidades poblacionales (Friedmann, 2005): comemos lo que aquellos que controlan el mercado nos permiten comer, porque dominan los circuitos de comercialización y cultivamos lo que es rentable cultivar. Un ejemplo territorializado de un régimen alimentario es la producción intensiva en cultivos de minifundio de hortalizas en Nariño; esto es lo más rentable económicamente para los pequeños productores, pero está muy lejos de la dieta alimentaria tradicional de los sujetos etnocampesinos. La lógica de este régimen alimentario hegemónico es vender hortalizas al por mayor, casi nunca consumir estas hortalizas y comer lo que se encuentre en pequeños comercios locales.

Continuar con estos regímenes trae como consecuencia que las prácticas de

cultivo, como los cultivos altamente diversificados en agrobiodiversidad, técnicas de diseño de cultivos dependiendo de la geografía del territorio, eficiencia y autonomía en la producción de insumos para la producción agropecuaria (compostaje, bioinsumos, etcétera), sean sistemáticamente eliminadas como una estrategia para borrar toda identidad cultural que sirviera como bastión de reivindicaciones en los pueblos originarios de los continentes de África y América (Friedmann, 2005).

Así, el trabajo agrario de los pueblos colonizados dio un salto para responder a los mercados emergentes del comienzo del capitalismo transatlántico y de los mercados actuales. Las compañías mercantiles (de azúcar, algodón, esclavistas, entre otras) fueron las responsables de la expansión colonial y una división geográfica del trabajo agrario, que obedecía a un entendimiento de los territorios del sur global como una despensa de materias primas para Europa, y así evitar la autodeterminación de los pueblos. Esta expansión no la realizaron propiamente los Estados europeos, excepto España y Portugal en América Latina, que impusieron dichos regímenes en el interior de los territorios colonizados (Bernstein, 2011).

Esta herida colonial que aún pervive y se acumula en el sentido común de la población se ha manifestado en expresiones amplias de discriminación racial, lo cual ha llevado a esta población indígena y afrodescendiente a la pobreza, a la marginalidad y a la eliminación física y cultural, y a la segregación social de la población LGBTIQ+; asimismo, en las mujeres que por siglos han visto cómo un sistema patriarcal les quita la posibilidad de existir de forma libre, entendiendo que este grupo poblacional es igualmente diverso en sus experiencias:

mujeres negras, campesinas, urbanas, trans, entre otras; en la población empobrecida que cada día experimenta en su cuerpo cómo crece la desigualdad y la imposibilidad de la movilidad social; población migrante víctima de sistemas xenófobos que les impone fronteras y limitantes para existir, y al mismo tiempo les niega el derecho a la migración y la dignidad humana. En pocas palabras, en sujetos subalternizados, excluidos de la sociedad mayoritaria.

Esos sujetos políticos (especialmente las poblaciones etnocampesinas) son, precisamente, los que se han encargado de llevar sobre sus espaldas el peso de la emancipación popular hacia una vida digna: su vida, su existencia y pervivencia son

la resistencia misma a un sistema que les condena a la miseria y degradación humana. Estas han sido las formas como los sujetos subalternizados combaten los designios casi hechiceros de la era en la que vivimos actualmente: el *capitaloceno*.

El *capitaloceno*, según Haraway (2019), es la era geológica en la que los impactos del capitalismo sobre la biodiversidad se han concentrado en su depredación, saqueo, destrucción y desplazamiento de poblaciones. El *capitaloceno* fue creado de manera relacional, no por un *ántrpos*² secular similar a Dios, ni por una ley de la historia, ni por una máquina en sí, ni por un demonio llamado modernidad. El *capitaloceno* debe ser desmantelado por sinergias relacionales.



Figura 2. Minga de preparación de terreno en el municipio de Consacá, Nariño.

Foto: Andrés Pacheco Jaimes

- 2 Haraway propone la diferenciación entre Antropoceno y *capitaloceno*, por cuanto ha sido el asentamiento del capitalismo durante las revoluciones industriales y verdes el que ha agudizado la crisis ambiental y civilizatoria. No son comparables los efectos de los primeros cazadores-recolectores con los efectos fetichistas de la mercancía, las formas de obtención de dichas mercancías y la explotación de los humanos que ha puesto en escena el capitalismo.

Estas sinergias relacionales son entendidas en el mundo andino como *mingas* (ver figura 2) y *juntanzas*, que son dinámicas de construcción colectiva que se desenvuelven en momentos de confluencia social que posibilitan cambios sorprendentes en el espacio y en el tiempo. Las personas que constituyen las sinergias relacionales son las que han enfrentado los efectos adversos de la agricultura de tamaños industriales, que hoy ponen en riesgo a la humanidad y la sostenibilidad del planeta. Un ejemplo de esto son algunas experiencias sistematizadas en el libro *Agroecología. Experiencias comunitarias para la agricultura familiar en Colombia* (Acevedo & Jiménez, 2019). En este libro, los autores ubican geográficamente en el territorio de Colombia experiencias de circuitos cortos de comercialización, escuelas de agroecologías campesinas, experiencias de producción orgánica, entre otras.

Desmantelar el capitaloceno y transitar hacia dinámicas de vida en comunidad, acordes a las necesidades humanas, resulta necesario si se pretende que la especie humana continúe viviendo en este planeta. En ese contexto, las apuestas de las sinergias relacionales, las *mingas*, las *juntanzas* y la agroecología son protagonistas.

Para seguir entendiendo por qué la agroecología es parte fundamental de las apuestas de transformación de la sociedad, es necesario definirla desde sus tensiones y contradicciones en las esferas de la teoría y la praxis. Lo anterior sugiere comprender que el discurso agroecológico difiere de la praxis agroecológica, en el sentido de su

incidencia en la realidad tangible. Así, podemos encontrar que los postulados de la agroecología pueden ser útiles para el desarrollo del capitalismo agrario, por cuanto logran reducir costos en la producción a partir del uso de conocimientos tradicionales y la réplica de un modelo de creación de paquetes tecnológicos, ahora basado en la fabricación de bioinsumos³, lo cual perpetúa los ciclos de dependencia a la nueva cara del agronegocio⁴, y no como una herramienta de autonomía y emancipación popular, que es aquello a lo que, según los movimientos sociales del sur global, apuntan.

Se puede entender entonces que la agroecología tiene varias acepciones en su definición. Gliessman (2018), desde una perspectiva académica, la entendería como:

[...] la integración de la investigación, la educación, la acción y el cambio que aporta la sostenibilidad a todas las partes del sistema alimentario: ecológica, económica y social. Es transdisciplinar, ya que valora todas las formas de conocimiento y experiencia en el cambio del sistema alimentario. Es participativa porque requiere la implicación de todas las partes interesadas, desde la de la granja a la mesa y de todos los demás. Y está orientado a la acción porque se enfrenta a las estructuras de poder económico y político del actual sistema alimentario industrial con estructuras sociales y políticas alternativas. El enfoque se basa en el pensamiento ecológico, que requiere una comprensión holística y sistémica de la sostenibilidad del sistema alimentario. (p. 2)

- 3 Productos de base biológica (extractos vegetales, microorganismos, macroorganismos) que son utilizados en la producción agropecuaria ecológica o sostenible.
- 4 Actividad económica con la cual la producción agropecuaria escala a niveles industriales y extractivos. Responde a las dinámicas de la revolución verde, que prima la producción en monocultivo y extensiva, y el manejo agronómico es a base de insumos sintéticos.

Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), que ha adoptado la conceptualización de la agroecología desde una perspectiva institucional y tendiente al trabajo asistencial, la define como:

[...] una disciplina científica, un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como ciencia, estudia cómo los diferentes componentes del agroecosistema interactúan. Como un conjunto de prácticas, busca sistemas agrícolas sostenibles que optimizan y estabilizan la producción. Como movimiento social, persigue papeles multifuncionales para la agricultura, promueve la justicia social, nutre la identidad y la cultura, y refuerza la viabilidad económica de las zonas rurales. Los agricultores familiares son las personas que tienen las herramientas para practicar la Agroecología. Ellos son los guardianes reales del conocimiento y la sabiduría necesaria para esta disciplina. Por lo tanto, los agricultores familiares de todo el mundo son los elementos claves para la producción de alimentos de manera agroecológica, 2021, s. p.)

presentista que no posterga la transformación. No es solo una fuerza reactiva contra las fuerzas del capital, sino un movimiento social con una propuesta concreta cuyo contenido prefigura un modelo civilizatorio de otro tipo. A contrapelo de la negatividad y el nihilismo desmovilizador del que se nutre el sistema, la agroecología es esperanzadora, pues más que gritarle un no rotundo al modelo necropolítico, es generativa de muchísimos síes. Su ánimo transformador rechaza este modelo suicida, pero lo hace mediante un impulso inspirador para que millones de personas en todo el mundo eviten la resignación de sucumbir ante el océano de muerte engendrado por el actual régimen alimentario ecocida, mientras de manera alegre regeneran ámbitos de comunidad y crean entornos reverdecidos. (p. 8)

Este autor aboga por el trabajo colectivo y el potencial transformador y liberador:

Gracias a la agroecología multitudes, en distintos rincones del planeta, están fugándose de los grilletes de la realidad existente, creando con sus esfuerzos colectivos otras imágenes de posibilidad, evocando otras alternativas de habitar, de un modo más convivencial, más acorde con los ciclos de la tierra. (p. 9)

Y es justo de esas multitudes que encuentran las grietas de fuga de las que habla el presente libro; de quienes, por definición, han adoptado los principios de la ACFC y los retos de una transición hacia la agroecología como oportunidad a la adaptación al cambio climático, la crisis económica, las guerras internacionales y la búsqueda de un *buen vivir*.

Algunos exponentes del movimiento agroecológico en Latinoamérica conciben la agroecología en términos políticos, filosóficos, productivos y de praxis en la realidad material. Giraldo (2022) reflexiona alrededor del proyecto agroecológico, sus alcances y limitaciones; también sobre cómo es posible volver efectiva una apuesta de esta envergadura, en lo que ya se ha mencionado que es el capitaloceno.

Me gusta el proyecto político agroecológico en la medida en la que es una utopía

La agricultura campesina, familiar y comunitaria en Colombia

El establecimiento de la ACFC en Colombia hace parte de una de las victorias de los movimientos étnicos (indígenas, afrocolombianidades y pueblos rom), campesinos (habitantes de la ruralidad colombiana) y populares (expresiones organizativas de la sociedad civil en general) en el ámbito institucional, y así se logra su reconocimiento en la expedición de la Resolución 464 de 2017, lo cual se sintoniza con las apuestas por la agricultura familiar que se han gestado en el resto del continente. En particular, esta resolución cuenta con el soporte de los Acuerdos de La Habana, que permiten profundizar en la implementación de la Reforma Rural Integral (RRI) y la superación de las desigualdades sociales rurales en Colombia. La RRI se da sobre la base de tres pilares fundamentales para su ejecución: vivienda rural, agua potable y saneamiento básico rural. De esta forma, el Estado colombiano pretende dar un avance a la redistribución de la tierra en Colombia, con el fin de crear las condiciones que permitan la transformación estructural del campo y garantizar una paz estable y duradera.

Sin duda, es una apuesta ambiciosa en el marco de un nuevo hito para el país, por el momento histórico de su expedición y por la forma como en la actualidad puede ser utilizada como impulso a movimientos campesinos, étnicos y populares para enfrentar la crisis alimentaria nacional y global. En particular en Colombia, según la FAO et al. (2021), la crisis alimentaria se manifiesta en los niveles elevados de inseguridad alimentaria, lo cual sitúa al país dentro de los 56 países con mayor número de personas subalimentadas en el mundo. Este problema se da, principalmente, por situaciones de conflicto, condiciones

climáticas extremas, desaceleraciones y debilitamientos de la economía.

La inclusión en esta apuesta institucional para impulsar los procesos agroecológicos en el interior de las prácticas de producción agropecuaria del país pone de manifiesto una urgencia por transitar hacia modelos *otros* de producción: una agricultura ecológica que tenga en cuenta las nuevas necesidades y emergencias socioambientales en diferentes territorios.

El establecimiento de la ACFC y sus lineamientos sería en principio un hito destacable, puesto que puede hacer contrapeso a las dinámicas del agronegocio en el país; sin embargo, superar las condiciones de abandono estatal de las zonas rurales y financiar modelos de vida y producción ajenos a aquellos propuestos y asumidos por la Revolución verde no se limita a un acto administrativo. Su implementación para favorecer las voluntades políticas de las diferentes esferas y la financiación económica son pilares que se omiten, y esto perpetúa las lamentables condiciones de vida de muchos y muchas campesinas del país.

Sin duda, el camino recorrido por los movimientos agrarios del país y el acompañamiento que se ha obtenido por parte de diferentes instituciones resultarían ser unas de las alternativas más viables para impulsar el cambio de paradigma de la agricultura en Colombia y aportar a la regeneración de la relación entre la sociedad y la naturaleza, y así olvidar esta falsa dicotomía, producto de una visión del mundo occidental en la que plantea que la relación entre la sociedad y la naturaleza es asimétrica y debe ser la sociedad la que “domestique” la naturaleza. La sociedad es superior a la naturaleza y no parte de ella.

Esta dicotomía es la que ha apalancado tanto las crisis alimentarias, ambientales y civilizatorias en el Antropoceno. Superar la dicotomía implicaría, entre otras cosas, *vivir bien*, acorde con los ciclos de vida, ecológicos y generando una relación simbiótica con el paisaje, el espacio y el territorio, no una relación parasitaria y extractivista.

El contexto colombiano arroja resultados poco esperanzadores en la implementación de políticas públicas que favorezcan el fortalecimiento de la ACFC y la agroecología. Las instancias de participación de las organizaciones del movimiento social se han visto limitadas para la implementación territorializada de estas políticas públicas;

De la escasez a la suficiencia

Una de las ideas sobre las que se ha erigido el paradigma de la Revolución verde es la del principio de la escasez; no hay suficiente alimento para toda la población, no hay suficiente tierra para las corporaciones transnacionales y por ello se debe recurrir al principio de la abundancia. Pero no ha sido una abundancia sincronizada con las necesidades ambientales, ecológicas y humanas, sino pensada desde la acumulación que deviene del plustrabajo y el plusvalor.

Esta ficción sobre la que aún se construye la agricultura a escala global ha derivado actualmente en la crisis ambiental mundial, alimentaria global y civilizatoria. En países como Colombia, la frontera agrícola⁵ ha corrido sus límites hacia bosques y selvas, y ha devastado los territorios junto con su biodiversidad; la ganadería extensiva y los monocultivos de soya se han tomado gran

asimismo, las instituciones encargadas de liderar estas apuestas no están en sintonía con las demandas concretas del campesinado y la financiación económica, la extensión rural agropecuaria y la falta de sensibilización de gobiernos locales para apalancar las iniciativas son prácticamente inexistentes. El cambio de Gobierno de uno de derecha a otro de izquierda progresista genera ciertas expectativas, pero no garantiza abandonar la perspectiva productivista de la ruralidad colombiana y sintonizarse con los cambios estructurales necesarios en el proceso de impulsar la ACFC y la agroecología.

parte del Amazonas; asimismo, la minería ilegal y la tala de árboles indiscriminada ha devastado las selvas del Chocó biogeográfico, entre otras actividades que asedian la sostenibilidad de ecosistemas clave que deben ser protegidos a toda costa. Estos son los resultados de pensar en producir más y no mejor.

En el horizonte de la suficiencia que plantea Giraldo (2022), se propone que la escasez genuinamente no existe, sino que su distribución y la capacidad de hacer circular los productos restantes a la suficiencia se desperdician enormemente en el sistema de producción actual. Querer dinamizar las economías solidarias y circulares es fundamental para superar las ficciones de la escasez y la abundancia entendida como acumulación. Tal como sucede en los ciclos ecológicos, el estancamiento solo produce

5 Según la Ley 1776, se define como el límite del suelo rural que separa las áreas donde se desarrollan las actividades agropecuarias, las condicionadas y las áreas protegidas, las de especial importancia ecológica y las demás áreas en las que las actividades agropecuarias están excluidas por mandato de la ley.

podriciones y la imposibilidad de distribuir para seguir construyendo y regenerando la vida.

Esta sería una solución accesible a los impulsos de organización de campesinos,

consumidores y población sensible a las crisis que vive la sociedad y que se niega a solucionar por la rentabilidad que esto genera a unos pocos, también empecinados en sostener el *statu quo*.

Aproximaciones a experiencias en agroecología y agricultura campesina, familiar y comunitaria en Nariño

Como se dijo anteriormente, este capítulo está encaminado a entender aquellas experiencias que encuentran una grieta en las formas de producción de vidas ancladas exclusivamente a la producción: familias campesinas de Nariño que practican de diferentes maneras la agroecología y se recogen a partir de la ACFC como su modo de producción. Acá es importante resaltar que no toda la ACFC en Nariño es agroecológica, puesto que la agricultura familiar también es un espacio de reproducción de manejos convencionales de cultivos o prácticas no solidarias entre campesinos y campesinas. Pero la agroecología sí recoge a la ACFC como un modo de producción y organización social alrededor de la economía campesina.

La agroecología en Nariño no es un asunto nuevo para abordar, pero sí es ejemplo sobre cómo el proyecto político agroecológico puede encontrar fugas a modelos de monocultivo expansionista en este territorio. En comparación con las grandes extensiones de tierra dedicadas a la producción convencional de papa, hortalizas, cacao o coca en el departamento, parecen ínfimas e incluso irrelevantes las experiencias en agroecología en Nariño. Pero nada está más lejos de esta afirmación. Justamente, las experiencias agroecológicas a pequeña escala funcionan como efecto dominó o propaganda; por ejemplo, logran impulsar

a otros campesinos a practicar diferentes modelos de vida no basados en las dinámicas del agronegocio; de la misma forma, campesinos sin tierra pueden interpelar al Estado para que estos modos de vida sean reconocidos y financiados dentro de las políticas públicas de impulso a la ruralidad colombiana. La agroecología es un movimiento aún pequeño, pero que retumba fuerte.

De Nariño se rescatan dos experiencias concretas de avance de las prácticas agroecológicas en sus amplias acepciones: La Tulpa (LT) en Consacá, La Florida y El Encano, y el mercado comunitario (MC) en Guachucal. Estos municipios cuentan con características diferentes entre sí, biogeográfica y socioculturalmente. Además de estas dos experiencias, directamente relacionadas con el proyecto, se encuentran muchas otras en agroecología que se entretajan entre sí: minga agroecológica, Red Agroecológica de Nariño, Guardianes de Semillas de Vida, Fundación Suyusama y Red de Escuelas Campesinas, las cuales apuestan a la formación académica desde la Universidad de Nariño con el diplomado en Agroecología y la Maestría en Agroecología, entre muchas otras.

La Asociación de Productores Orgánicos La Tulpa es una iniciativa que emerge a partir de dos personas interesadas en impulsar la producción orgánica mediante

la gestión de recursos nacionales e internacionales. En la actualidad, la asociación cuenta con grupos de trabajo en los municipios de Pasto (corregimientos El Encano y Gualmatán), La Florida, San Lorenzo, Consacá e Iles, y están iniciando un proceso en Tangua, con un total de 38 familias asociadas.

Desde 2019, la asociación se formalizó como una organización dedicada al apoyo a los productores orgánicos desde diferentes frentes de trabajo. Para ello, se han definido cuatro pilares de trabajo dentro de La Tulpa: producción, comercialización, organización y transformación. Cada uno de estos pilares rige el trabajo colectivo, pero se aclara que en el último se han dedicado casi de forma exclusiva a la producción y comercialización, y se han dejado de lado los otros dos pilares que se deben fortalecer, haciendo hincapié en incluir enfoque de género al pilar de transformación.

El funcionamiento de La Tulpa está basado en una estructura horizontal de trabajo, donde la asamblea general es el máximo órgano de decisión. También funciona la asamblea de delegados de cada uno de los grupos de trabajo en los cuales los delegados fungen como portavoz de las decisiones tomadas en los grupos de trabajo para agilizar la comunicación con los demás grupos. Paralelo a estas asambleas, existe un equipo de coordinación técnica que se dedica al acompañamiento técnico de cada grupo, con el fin de fortalecer la producción agroecológica. Este equipo está conformado por una persona que coordina el equipo y se apoya en los asistentes locales de los grupos. Por

su parte, el equipo de control monitorea las producciones de los asociados, para garantizar que los productos comercializados cumplan con el carácter orgánico que prometen.

El carácter de esta asociación se basa en el funcionamiento horizontal del trabajo y la distribución del trabajo a partir de la disponibilidad de productos de cada una de las familias asociadas. El proceso que se ha llevado a cabo demuestra un alto interés en dos aspectos, en particular dentro de los núcleos de trabajo de incidencia: la formación en nuevas tecnologías de base agroecológica y el aumento de la eficiencia productiva con estas tecnologías.

El avance del proceso de La Tulpa, con el propósito de ser una experiencia reconocida en materia agroecológica, está yendo por el camino del establecimiento de un sistema participativo de garantías (SPG)⁶, que asegure a su nicho de mercado y a potenciales redes de consumidores que los productos que están siendo comercializados en el mercado de La Tulpa, ubicado en Pasto, provengan de la agricultura familiar y agroecológica, y así aportar a la inocuidad de los alimentos, al cuidado de la naturaleza y a la preservación de prácticas etnocampesinas de producción agropecuaria. Este horizonte de los SPG garantiza sostenibilidad en el tiempo y la venta directa de los productos de los y las agricultoras de la asociación. Este reto es, sin duda, el camino más coherente en un régimen alimentario que subvalora estas experiencias por su "falta de calidad" y de garantía de una alimentación sana.

6 Según la Red Nacional de Agricultura Familiar (Renaf), los sistemas participativos de garantías son una herramienta para la inclusión de las y los agricultores familiares agroecológicos en mercados que reconozcan el valor de su labor y su producción en los territorios, a partir de un sistema de confianza que conecta directamente a los consumidores con los productores agroecológicos.

Asimismo, se encuentra el mercado comunitario del municipio de Guachucal. Este es un ejemplo de cómo funcionan las sinergias relacionales para la consecución de un fin común. Allí confluyen organizaciones e individualidades que están apostando por la producción orgánica de productos agrícolas, la sensibilización de otros campesinos y campesinas respecto a la transición de producciones convencionales a otras más sostenibles con la naturaleza. Así, organizaciones de vieja data como la Asociación Nacional de Usuarios Campesinos (ANUC) de Guachucal, el cabildo indígena de los pastos de Muellamués, la Escuela Campesina de Capacitación de Agricultura Familiar (ECAAF) de la vereda San Ramón, estudiantes, amas de casa, entre otros actores, conforman esta sinergia relacional que confluye en el mercado comunitario de Guachucal (figura 3).

El mercado comunitario es más que un mercado; es el espacio de encuentro de voluntades que pretenden garantizar la preservación de la agrobiodiversidad

de esta zona Andina. Practican entre sus participantes las metodologías de trabajo campesino-campesino en muchos de los aspectos productivos y sociales. La espiritualidad indígena y campesina es uno de los aspectos fundamentales para la conservación de esta sinergia.

El proceso del mercado comunitario tiene como bandera la seguridad alimentaria del municipio de Guachucal la preservación de la agrobiodiversidad, la formación constante y la incidencia política a nivel regional, en cuanto al movimiento campesino nariñense y, en algunas ocasiones, nacional. Su sinergia no se limita a las organizaciones locales y a voluntades particulares del territorio, sino que ha logrado extender esa sinergia hasta instituciones, universidades, centros de investigación y observatorios académicos; de esta manera, ha fortalecido su capacidad de gestión y articulación, con el fin de que la consolidación de este espacio sea cada vez más visible y un ejemplo para los municipios vecinos y organizaciones cercanas.



Figura 3. Mercado comunitario de Guachucal.
Foto: Andrés Pacheco Jaimes

Estos dos ejemplos de experiencias se quedan cortos en su complejidad de análisis. Las redes se expanden más allá del alcance de este proyecto y las iniciativas de fortalecimiento comunitario van avanzando conforme a las necesidades territoriales y a

cómo la imaginación de cada una de estas personas logra poner nuevos horizontes de acción política alrededor de la agricultura, la agroecología, el trabajo comunitario y la incidencia territorial que involucre a la mayor cantidad posible de actores.

Derecho humano a la alimentación y la agroecología en Nariño

Desde que el Estado colombiano se suscribió a los países garantes de los derechos económicos, sociales y culturales (DESC) a mediados de principio de siglo, se comprometió a velar por la garantía progresiva, entre otros, del derecho humano a la alimentación y sus escalas de realización: seguridad alimentaria y nutricional (SAN) y soberanía alimentaria (SA).

En este acápite se reflexiona acerca de cómo las experiencias anteriormente mencionadas hacen parte de la apuesta por la SA y las AA de cada territorio, propendiendo a dirigir la brújula hacia la sostenibilidad familiar y comunitaria alrededor de la producción y distribución de alimentos. Para ello, se tomarán como marco de referencia las conceptualizaciones de estas escalas de la vía campesina en la Declaración de Roma de 1996 (Vía Campesina, 2021), la cual indica lo siguiente:

Soberanía Alimentaria es el derecho de cada nación para mantener y desarrollar su propia capacidad para producir los alimentos básicos de los pueblos respetando la diversidad productiva y cultural. Tenemos el derecho a producir nuestros propios alimentos en nuestro propio territorio. La Soberanía Alimentaria es una precondition para la seguridad alimentaria genuina. (s. p.)

Esta escala de realización del Derecho Humano a la Alimentación (DHA) se encuentra

en sintonía con los postulados de la agroecología y las prácticas de las experiencias mencionadas. Asegurar la SA en las organizaciones de carácter agroecológico es el principio de la emancipación de las dinámicas de mercado que ya se han mencionado; sin embargo, entenderla sin el contexto pertinente resulta igual de insulso a no hacerlo.

En Nariño, en especial en las zonas de incidencia del proyecto, se ha dedicado la disposición del suelo a tres cadenas productivas mayoritariamente: lácteos, papa y coca. Esto pone en segundo plano la garantía de la SA de la población. Diversificar la dieta implica la compra de alimentos transportados de diferentes zonas del país que puedan suplir esa demanda, aun cuando se está en la capacidad productiva de hacerlo en el interior del departamento. Estas experiencias de La Tulpa y del mercado comunitario demuestran que la anterior afirmación es válida y que hay ejemplos que pueden ser replicables.

Lo anterior se pudo entender gracias a un muestreo etnobotánico en Guachucal, La Florida, Consacá y El Encano, el cual evidenció que cada territorio tiene más de 100 especies vegetales, por núcleo muestreado, asociadas a la agrobiodiversidad funcional dentro de los sistemas productivos, incluyendo árboles nativos, especies aromáticas difíciles de propagar y recuperación de semillas nativas.

La propagación y recuperación de semillas nativas es la mayor apuesta que se tiene desde ambas organizaciones para garantizar la SA a partir de la recuperación de la agrobiodiversidad y las semillas nativas y criollas que lentamente van perdiendo su espacio en las huertas y chagras del etnocampesinado. La pérdida de la agrobiodiversidad supone también la pérdida de miles de años de prácticas agrícolas indígenas y campesinas, y esto lesiona gravemente la continuidad de la herencia ancestral y cultural de estos pueblos. Las comunidades indígenas de Los Pastos invitan a pensar la alimentación más allá de la comida:

Para que estemos sanos siempre, hay que alimentar cuerpo, mente y alma. Por eso hacer una chagra es más que sembrar; acá alimentamos el alma cuando compartimos con los demás, alimentamos la mente al compartir conocimientos y alimentamos el cuerpo cuando no usamos químicos en la chagra. (Comunicación personal, integrante del cabildo de Muellamués de Guachucal)

Conclusiones

La agroecología en Nariño es un movimiento que busca el escalamiento del nivel productivo al cual se ha visto empujado por parte de las intervenciones institucionales que, aunque bien intencionadas y necesarias, deben superar dicha visión. El territorio de Nariño es actualmente un lugar de constante disputa, donde la agroecología cumple un papel fundamental para la recuperación de la agrobiodiversidad, la garantía del DHA y el fortalecimiento comunitario que devenga en la consolidación de la autonomía territorial.

Esto demuestra que para las comunidades indígenas y campesinas la comprensión del alimento y la SA está más allá de las prácticas orgánicas de producción o las formas de comercio directo; la construcción de la comunidad a partir de la tierra y las dinámicas que ahí se desenvuelven son, en ocasiones, más importantes que el alimento mismo. La recuperación de tubérculos nativos andinos, frutales andinos, hierbas aromáticas, maíces nativos y criollos, leguminosas como frijoles y arvejas, entre otros, son las especies de la agrobiodiversidad que han despertado interés entre los habitantes y para las cuales se han tomado acciones para preservar.

Salvaguardar estos bienes comunes evidencia un nivel más profundo de lo que es la SA, que no es necesariamente producir los propios alimentos. Las dimensiones socioculturales llevan por delante las intenciones de la SA, y están acompañadas de una capacitación y un mejoramiento técnico que responde a las lógicas de la agroecología como práctica productiva y dialéctica política.

Es importante que los demás actores que intervienen e inciden en el territorio nariñense se sintonicen con las apuestas que propone el movimiento agroecológico, dado que el momento histórico lo demanda y se debe estar a la altura de la historia. Insistir en enfoques de producción convencional y priorizar las cadenas de producción en un territorio tan diverso en cuanto a sus especies vegetales y a las formas de producción solo llevaría a la continuación de las crisis alimentarias, ambientales y civilizatorias.

Campeños e indígenas han demostrado históricamente que su capacidad de preservación, combinada con su capacidad de producción, es un acierto para la sostenibilidad

ambiental y un ejemplo que deben tener en cuenta otras iniciativas de políticas públicas e intervenciones de otras organizaciones que hacen presencia en el territorio.

Referencias

- Acevedo Osorio, Á., & Jiménez Reinales, N. (Comps). (2019). *Agroecología. Experiencias comunitarias para la agricultura familiar en Colombia*. Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto); Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/tp9789587842326>
- Bernstein, H. (2011). *Dinâmicas de classe da mudança agrária* (B. Medina, Trad.). Universidad Estatal Paulista (Unesp).
- Comité de Oxford de Ayuda contra el Hambre [Oxfam]. (2017). *Radiografía de la desigualdad. Lo que nos dice el último censo agropecuario sobre la distribución de la tierra en Colombia*. https://oi-files-d8-prod.s3.eu-west-2.amazonaws.com/s3fs-public/file_attachments/radiografia_de_la_desigualdad.pdf
- Farah H., I., & Vasapollo, L. (Coords.). (2011). *Vivir bien: ¿paradigma no capitalista?* Centro Internacional para el Desarrollo Sostenible (CIDES)-Universidad Mayor de San Andrés (USMA); Sapienza; Comité de Oxford de Ayuda contra el Hambre (Oxfam).
- Friedmann, H. (2005). From Colonialism to Green Capitalism: Social Movements and Emergence of Food Regimes. En F. H. Buttel, & P. McMichael (Eds.). *New Directions in the Sociology of Global Development* (Vol. 11, pp. 227-264). Emerald Group Publishing Limited. [https://doi.org/10.1016/S1057-1922\(05\)11009-9](https://doi.org/10.1016/S1057-1922(05)11009-9)
- Giraldo, O. F. (2022). *Multitudes agroecológicas*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida.
- Gliessman, S. (2018). Defining Agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 599-600. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329>
- Haraway, D. J. (2019). *Seguir con el problema. Generar parentesco en el Chthuluceno* [H. Torres, Trad.]. Consonni.
- Ley 1776 de 2016. "Por la cual se crean y se desarrollan las zonas de Interés de Desarrollo rural, económico y social, Zidres". Congreso de la República. *Diario Oficial*, n.º 49.770. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1776_2016.html
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC], & Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos [SIMCI]. (2021). *Colombia. Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2021*. https://www.unodc.org/documents/colombia/2022/Octubre/Otros/Informe_de_Monitoreo_de_Territorios_Afectados_por_Cultivos_Illicitos_2021.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). *Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar*. www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA], Organización Mundial de la Salud [OMS], Programa Mundial de Alimentos [PMA], & Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas [Unicef]. (2021). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. <https://doi.org/10.4060/cb4474es>

Vía Campesina. (2021). *1996: Declaración de Roma de La Vía Campesina que define por primera vez la Soberanía Alimentaria*. <https://viacampesina.org/es/1996-declaracion-de-roma-de-la-via-campesina-que-define-por-primera-vez-la-soberania-alimentaria/>

Capítulo 2. Dinámicas de comercialización y vínculos con los consumidores de las organizaciones productoras de agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona centro del departamento de Nariño

Luis Felipe Rincón Manrique, Gissela Fernanda Guerrero Díaz

Resumen

La producción agropecuaria en el departamento de Nariño está soportada, en su mayoría, por el segmento de productores de la agricultura campesina, familiar y comunitaria. Este sector ostenta condiciones particulares, como el limitado acceso a la tierra y a los medios de producción, el escaso acompañamiento técnico y financiero, el bajo valor agregado de la producción y las relaciones inequitativas en la comercialización. Adicionalmente, dentro de las dificultades que presentan predominan las relacionadas con la participación en los mercados asociados a la generación de precios justos y la garantía de una demanda continua y duradera en el tiempo. Sin embargo, los agricultores son los garantes

de proveer las hortalizas en los mercados a nivel local, regional y nacional. En este capítulo, se presentan los resultados y las reflexiones del proceso de acompañamiento a organizaciones de productores de hortalizas en el marco del proyecto de fortalecimiento de la agricultura campesina, familiar y comunitaria en el departamento de Nariño, en los aspectos de tipología de la producción, descripción de la cadena de valor y redes de actores con los que cooperan. Con esto se busca conocer las particularidades que determinan las relaciones que las organizaciones de productores tienen con los mercados e identificar posibles acciones para superar las limitantes.

Introducción

A la agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC), orientada a la producción de alimentos, se le ha reconocido su importancia y su rol como garante del abastecimiento de productos de consumo básico y popular para la población, durante periodos en los que el incremento en los precios

de los agroinsumos, la desaceleración de la economía y las afectaciones ambientales generan presión sobre la producción de alimentos en diversas regiones del país. Por esto, los agricultores mantienen la producción diversificando productos, ampliando su rango de clientes, disminuyendo

la aplicación de insumos o reduciendo sus márgenes de ganancia para garantizar la continuidad del proceso productivo.

Lo anterior se suma a problemáticas estructurales, como la ausencia de un sistema de acompañamiento técnico para los productores, el déficit en la infraestructura rural (vías, conectividad digital, distritos de riego, entre otros), la escasa fuerza de trabajo disponible y las inequitativas negociaciones para la comercialización de los productos, por mencionar algunos. Estos desafíos los afronta de manera particular el segmento de productores de hortalizas, los cuales desarrollan la producción en pequeña escala, enfrentan diversas presiones fitosanitarias, volatilidad en la comercialización y limitantes para generar valor agregado a sus productos.

Como rasgos del sector, se resalta que en Colombia la producción se desarrolla a partir del modelo de economía campesina y se destina a satisfacer el mercado interno. La producción se lleva a cabo en pequeña escala, y en esta el 75% de los predios cuenta con un tamaño menor que 3 ha y el 40% de estos es menor que 1 ha. La cadena, en su conjunto, genera anualmente cerca de 350.000 empleos, de los cuales aproximadamente 117.000 son directos y alrededor de 233.000 son indirectos. Para 2020, el departamento de Nariño reportaba un área sembrada de 20.915 ha (15,38% del total nacional), una producción de 190.45 t (8,17% del total nacional) y un rendimiento por hectárea de 10,17 t/ha (por debajo del promedio nacional de 18,76 t/ha). La escasa generación de valor agregado de los productos limita la oferta a su comercialización en productos, en su mayoría, en fresco (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

Con el propósito de fortalecer capacidades de los productores, las cuales les permitan afrontar las limitantes productivas, de organización comunitaria y vinculación con los mercados, en el marco del proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del Covid-19, en la subregión centro del departamento de Nariño”, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), se estableció un proceso de acompañamiento con organizaciones de productores de hortalizas de la zona central del departamento enfocado en: 1) identificar la cadena de valor de principales productos comercializados; 2) caracterizar la red de actores con los que se vincula y generan dinámicas de cooperación para sistemas productivos priorizados, y 3) reconocer puntos críticos en las dinámicas de producción, comercialización y relacionamiento con clientes, con el propósito de generar capacidades locales para su resolución.

El proceso contó con la participación de organizaciones de productores de la ACFC, los cuales se caracterizan por ser pequeños productores que realizan sus actividades productivas en terrenos propios o familiares. En su mayoría, la agricultura se constituye en la principal actividad económica de las familias, y se destaca la participación de los diferentes miembros de la familia en los procesos productivos, en especial el papel sobresaliente que realiza la mujer.

El proyecto cuenta con una organización en el municipio de Guachuca (Nariño): la Asociación Nacional de Usuarios

Campeños (ANUC) Guachucal; asimismo, con un grupo de productores no organizado en el municipio de Tangua (Nariño) y seis organizaciones ubicadas en el corregimiento de Gualmatán (municipio de Pasto): Asociación Frescu, Asociación Productora de Verduras de Gualmatán, Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, Asociación Agroambiental Corazón de María, Cooperativa Multiactiva de Hortalizas del Sur (Coophsur) y Cooperativa Multiactiva de Hortalizas y Frutas Orgánicas de Nariño (Coohorfruna), y un colectivo de productores ubicado en el corregimiento de Morasurco (municipio de Pasto), llamado Colectivos de Agricultura Urbana; además, hay una organización que opera principalmente desde la

cabecera municipal de Pasto: Asociación La Tulpa Familias Nariñenses en la Agricultura Orgánica, la cual se conforma por núcleos de trabajo ubicados en diferentes municipios de Nariño.

Todos estos grupos trabajan a partir de esquemas administrativos y organizacionales con dinámicas de producción y comercialización diferentes; algunos tienen un enfoque de producción convencional y otros agroecológico, y algunos están en proceso de transición hacia una producción más sostenible, entre otros. Por lo anterior, este capítulo se centra en aquellas experiencias con las cuales las organizaciones vienen desarrollando sus actividades comerciales de forma colectiva.

Desafíos de la agricultura campesina, familiar y comunitaria ante las dinámicas del mercado

La agricultura campesina y de base familiar enfrenta en la actualidad diversos retos, que van desde los aspectos técnicos-productivos, los impactos ambientales, como lograr su sostenibilidad económica y el establecimiento de mercados justos para los diversos actores involucrados en la cadena. En el contexto nacional, la agricultura se enmarca en una fase de desarrollo que busca impulsar los procesos extractivos, como mecanismo de acumulación de capital mediante el despojo de los bienes comunes naturales, impulsado por los incrementos en la demanda de materias primas y alimentos, la participación, cada vez mayor, del capital financiero y el carácter eminentemente especulativo de las transacciones a nivel global.

En este marco, la agricultura se ve impactada, entre otros, por las transformaciones en la matriz alimentaria a nivel mundial, que consisten en el desplazamiento del consumo de cereales y vegetales a las proteínas animales (en especial, carne porcina y aviar); esto con el objetivo de proveer alimentos baratos que mantengan a la baja los salarios de la fuerza de trabajo en las economías emergentes. El actual régimen alimentario se soporta en el control productivo, financiero y tecnológico de conglomerados transnacionales que, con una posición hegemónica y dominante sobre el sector, determinan los patrones de producción, los mecanismos de distribución y los precios de comercialización (Otero, 2013).

Rubio (2007) sostiene que para la agricultura latinoamericana se impone un modelo *agroexportador neoliberal*, cuyo carácter excluyente está determinado por tres factores: 1) los cultivos que impulsa la agroindustria global en la actual fase son altamente especializados, y explotados intensivamente o en grandes extensiones son excluyentes respecto al número de productores involucrados; 2) por ser un tipo de producción muy especializada, su desarrollo requiere altas inversiones de capital que proviene, constantemente, de los sectores financieros y no tradicionales agropecuarios, y 3) por el tipo de mercados que abastece, obliga a la agroindustria a incorporar paquetes tecnológicos y estándares de producción, y de esta manera restringe la participación de actores que puedan involucrarse (Teubal, 2008).

El país no es ajeno a estas tendencias en el esquema de acumulación capitalista en la agricultura. Con una importante tradición agraria, el desarrollo en buena parte de la historia estuvo soportado/impulsado por los excedentes que provenían del sector rural, principalmente el cultivo del café, los cereales, entre otros, que promovieron los procesos de industrialización y desarrollo urbano. Esta condición, sin embargo, no llevó a la democratización de las formas de apropiación, control y explotación de los medios de producción, así como tampoco de las relaciones económicas en el sector. Por lo tanto, con una estructura muy concentrada en la tenencia de la tierra, la consolidación del modelo extractivo de bienes comunes, la deficiente prestación de servicios básicos y el desarrollo de la infraestructura, el desestímulo frente a los mecanismos de comercialización y la baja participación de las entidades de asesoramiento técnico,

los sectores menos capitalizados encuentran limitaciones estructurales para una participación más equitativa en el modelo de producción agropecuaria, que suministre alimentos y materias primas para los mercados locales y regionales.

El sector rural colombiano se caracteriza por la diversidad de sujetos sociales, los cuales muestran rasgos identitarios específicos que se desprenden de los procesos históricos de ocupación del territorio y que corresponden a población indígena, campesinos y comunidades afrodescendientes, quienes tienen y reproducen relaciones sociales y prácticas culturales específicas. No obstante, se puede decir que en conjunto comparten una serie de prácticas productivas y una condición de clase. De esta manera, el sistema de economía campesina corresponde a una forma de producción que se soporta en el uso de la fuerza de trabajo del núcleo familiar, aunque no se descarta su contratación estacional. La retribución económica de su producción tiene como objetivo la reproducción de su unidad familiar y productiva, y no la sistemática acumulación de capital. Por lo tanto, al no estar presente la noción del salario, estos sujetos desarrollan un continuo proceso de autoexplotación. Además, se encuentran en una relación de subordinación con los mercados, a los cuales transfieren parte de su trabajo y ganancias, y no participan en la formación de los precios de su producción, lo que profundiza su condición de explotación. La relación con el territorio y la comunidad, así como su mantenimiento y reproducción, es un rasgo constitutivo de estos sujetos (Rincón, 2014; Shanin, 2005, 2008).

Estas condiciones los han llevado a mantener una relación de subordinación, tanto a nivel político como económico, respecto

al Estado y al mercado. Así, en las diferentes fases del desarrollo capitalista, que han moldeado y configurado las relaciones de producción en el país, los productores de economía campesina no han sido incluidos como sujetos políticos y económicos que contribuyan al desarrollo sectorial; por el contrario, son sistemáticamente excluidos, ya que no cumplen los ideales de "modernidad" que el régimen económico impone.

Esto se manifestó en el país mediante la sucesión de una serie de privatizaciones y liquidaciones de instituciones que tenían por objeto regular el mercado agropecuario, los precios bases de comercialización, la promoción de la producción campesina, el desarrollo de la investigación y la garantía de la extensión rural (Instituto de Mercado Agropecuario [Idema], Caja Agraria, Programa DRI, entre otros). Después del retiro del Estado de la gestión productiva, quedó en manos de los gremios de productores y de las industrias transnacionales la promoción de la producción y el monopolio de la comercialización para la exportación (Tobasura, 2006). En el marco neoliberal, se profundiza la apertura de los mercados y el libre comercio de productos, lo que lleva al dominio por parte de la agroindustria internacional para imponer patrones de producción y homogenizar el consumo. Estas condiciones llevan a la subordinación de los productores locales, principalmente los de economía campesina y las comunidades étnicas, que ante el esquema son integrados de manera subordinada o excluidos como actores productivos y sujetos sociales.

En este marco, la agricultura de base campesina, familiar y comunitaria del departamento de Nariño está en una situación

de subordinación particularmente crítica, pues presenta condiciones específicas que ahondan esta situación, entre las que se destacan: 1) bajo nivel de tecnificación de los procesos productivos; 2) baja escala de la producción; 3) deficiente acompañamiento técnico para la producción; 4) escaso valor agregado en la producción; 5) inequitativa distribución de los beneficios entre los actores que participan en la cadena de valor, y 6) aislamiento geográfico e inadecuada provisión de infraestructura para el acceso a mercados, entre otros factores. Esta situación se agudiza para los productores que avanzan hacia procesos de transición en la agroecología, por cuanto el acompañamiento institucional y el acceso a mercados y bajo valor agregado de la producción son las principales limitantes para lograr sostenibilidad en los sistemas de producción agropecuario.

Por tanto, unos de los factores que tienen importante incidencia en la sostenibilidad de los sistemas productivos son los procesos de comercialización y el acceso a mercados y consumidores; estos constituyen un punto de inflexión al cual se encuentran subordinados los productores de la agricultura de base familiar y comunitaria. En este sentido, las acciones propuestas en la caracterización de los canales de mercadeo y de las redes de consumidores de productos de la ACFC están orientadas a comprender y analizar las estructuras de producción y los circuitos de comercialización que muestran las organizaciones de productores participantes del proyecto; asimismo, a delinear estrategias que permitan relaciones recíprocas y equitativas para todos los actores de la cadena de valor involucrados.

Dinámicas y estructura de las organizaciones de productores de hortalizas en la zona centro del departamento de Nariño

Se ha desarrollado una serie de acciones que permiten ahondar, desde una perspectiva teórica y una empírica, en las dinámicas que enmarcan las relaciones de comercialización y acceso a mercados y consumidores por parte de las organizaciones de productores que se priorizan en este estudio. De igual forma, se ha avanzado en la aproximación empírica de la comprensión e identificación de la magnitud de la problemática que enfrentan los productores.

Como resultado de las actividades que se llevaron a cabo en relación con el análisis documental y el trabajo de campo con las organizaciones priorizadas, se consiguió una primera aproximación a un marco analítico que permita interpretar las dinámicas propias que se desarrollan en cada una de las asociaciones, así como la orientación de posibles acciones que ayuden a atender demandas concretas respecto a los mecanismos y circuitos de comercialización en los que se sustentan, y la articulación y el acceso a mercados y consumidores.

En esta línea, se establecieron tres categorías analíticas comunes en las organizaciones de productores vinculadas, las cuales son centrales y determinan sus dinámicas particulares de comercialización. Dichas categorías son: 1) mecanismos a partir de los cuales se da la venta de su producción; 2) grado de relacionamiento que establecen con los consumidores, y 3) volumen de la producción. Con la primera se busca identificar el grado de intermediación y el nivel de control que las organizaciones tienen con la producción que realizan. Se estableció que, en los procesos de transición hacia la agroecología y la agricultura autónoma, los

productores deben lograr un mayor control sobre la venta y comercialización de su producción. Esto, enfocado en tener un mayor contacto con el consumidor y en definir sus propios precios de venta, frecuencia, tipo y volumen de productos que ofertan al mercado; factores que, cuanto más compleja y numerosa sea la cadena de intermediarios, constituirán una pérdida de autonomía de los productores y, por tanto, mayores formas de explotación de su trabajo.

La segunda categoría busca determinar el grado de interacción que los productores tienen con sus segmentos de consumidores, lo cual está relacionado con el control que los agricultores ostentan de su proceso de producción y comercialización, pero también con las vías para entablar flujos de información y conocimiento en ambas direcciones: consumidor-productor y productor-consumidor, que permitan una rápida adaptación y respuesta satisfactoria a las necesidades y a la demandan en ambos segmentos del sistema.

La tercera categoría tiene el objetivo de estimar la escala de producción que cada asociación muestra, y parte de la noción de que todos corresponden a pequeñas unidades de producción de la agricultura campesina, familiar y comunitaria; no obstante, entre ellas se puede realizar una diferenciación teniendo como referencia la cantidad de productos comercializados y, por consiguiente, los mercados y el público de consumidores a los que pueden acceder. Teniendo en cuenta esto, se incluyen tres niveles de categorización de pequeño, mediano y alto volumen, y diversidad de productos comercializados (figura 4).

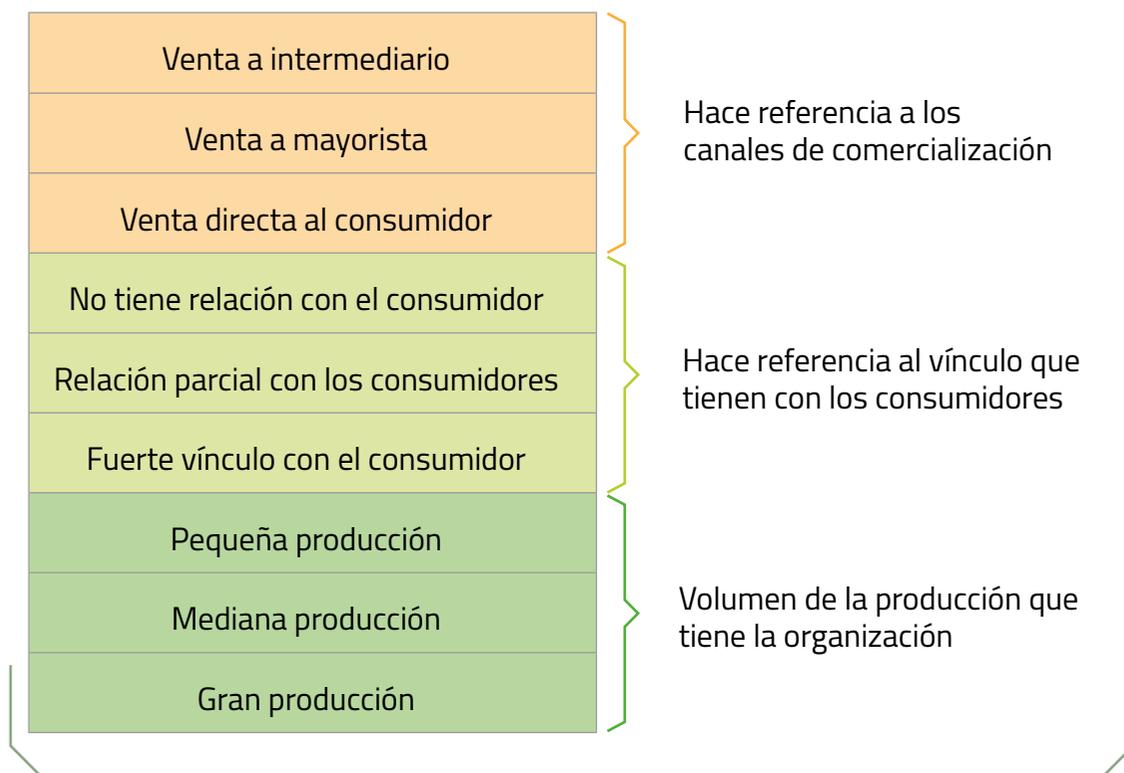


Figura 4. Categorías de análisis de las organizaciones de productores.

Fuente: Elaboración propia

Al analizar la categoría de cada organización, con base en las variables previamente mencionadas, se construyó una matriz que muestra, de manera más completa y diferenciadora, las dinámicas propias de las organizaciones (tabla 2). Es importante resaltar que las dinámicas que se expresan en dicha matriz son las que predominan

en cada organización y en cada una de las variables referenciadas; es decir, una organización puede mantener una venta a intermediarios y al mismo tiempo a consumidores directos, pero solo se destaca la que mayor incidencia tenga en la dinámica de esta.

Tabla 2. Categorización de organizaciones según variables establecidas

Nombre de la organización	La Tulpa	Coophsur	Corazón de María	Potrerrillo	ANUC	Guachucal	FMC*	AUP**	Cohorfrunar	Frescuy
Venta a intermediario				X			X	X		X
Venta a mayorista		X	X						X	
Venta directa a consumidor	X				X					
No tiene relación con el consumidor		X	X						X	
Relación parcial con los consumidores				X			X	X		X
Fuerte vínculo con el consumidor	X				X					
Pequeño volumen comercializado					X		X			
Mediano volumen comercializado	X		X					X	X	X
Alto volumen comercializado		X		X						

* FMC: Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas

** AUP: Colectivos de agricultura urbana de Pasto

Fuente: Elaboración propia

Brechas y oportunidades de la producción y comercialización para las organizaciones de productores de hortalizas

Con base en la anterior categorización de las organizaciones de productores, a partir de los criterios priorizados, el tipo de mercado al cual atienden comúnmente o con el cual se relacionan, el nivel de relacionamiento con los consumidores finales y el volumen de la producción, se clasificaron las organizaciones descritas en la

matriz de la figura 5. Esto permitió identificar cuatro niveles de desarrollo de los sistemas agropecuarios de la ACFC, que permiten, por una parte, identificar claramente su estado actual y, por otra parte, proponer acciones orientadas a garantizar su sostenibilidad en el tiempo.

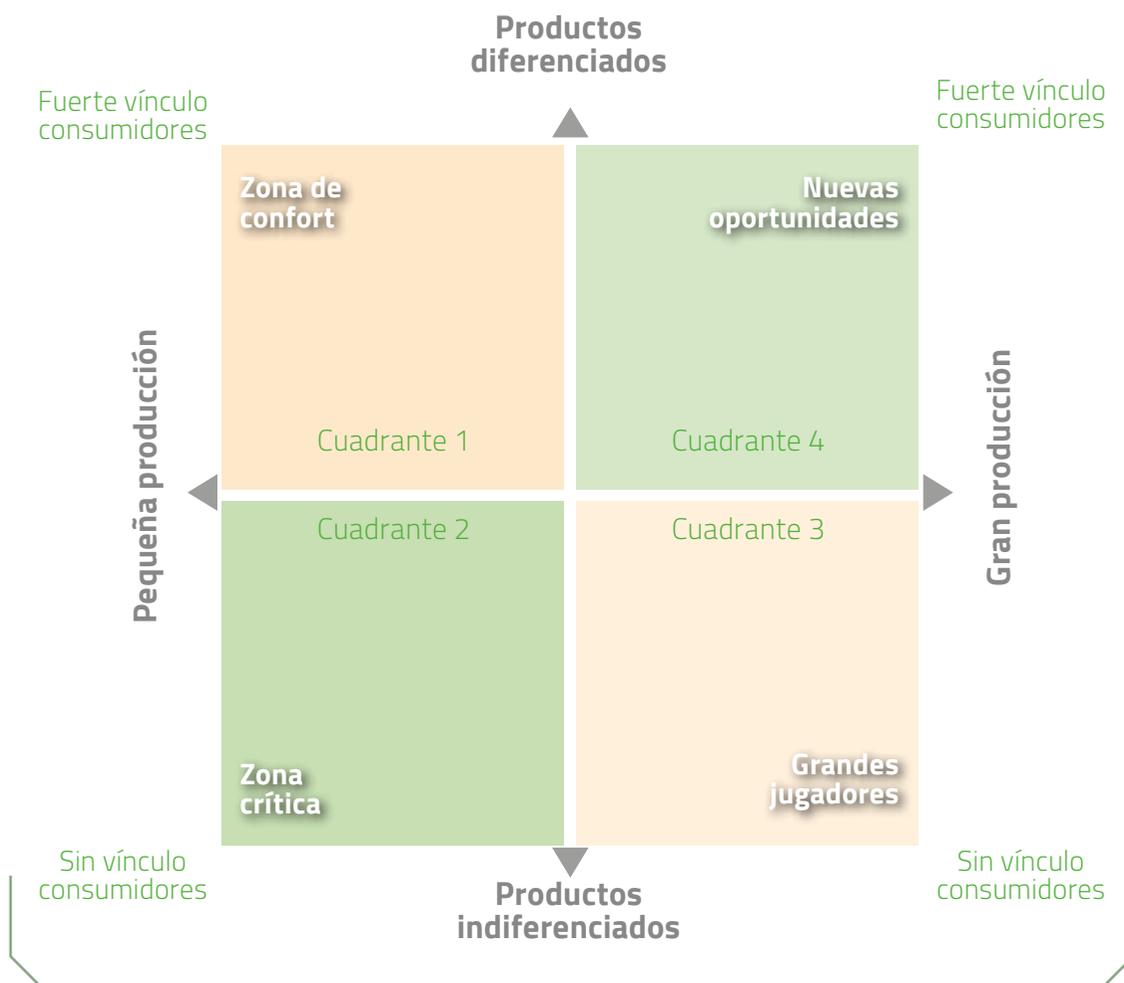


Figura 5. Matriz de categorización de sistema de producción agrícola.
Fuente: Elaboración propia

La matriz está compuesta por cuatro cuadrantes catalogados de la siguiente manera: cuadrante 1, zona de confort, que corresponde a los productores agropecuarios, individuales o asociados, que avanzan en procesos de transición a la agroecología o que ya la han implementado completamente, que desarrollan un tipo de producción con productos diferenciados, de baja escala o volumen de comercialización y que entablan fuertes vínculos con sus consumidores. Este segmento de productores corresponde, por lo general, a agricultores que han interiorizado y puesto en práctica los postulados de la producción agroecológica, y que tienen un nicho de mercado asegurado, pero que no muestran mayor interés o tienen limitada capacidad para promover a una escala mayor el desarrollo de los procesos de transición agroecológica.

El cuadrante 2, zona crítica, corresponde al segmento de productores que mantienen un bajo volumen de productos comercializados, comúnmente indiferenciados, y mantienen mínimo o nulo relacionamiento con los consumidores. En este cuadrante, están los productores agrícolas de corte convencional y baja escala que entregan sus productos a intermediarios y están condicionados a sus exigencias; además, no tienen posibilidad de influir en la definición del precio que reciben por sus productos. Este cuadrante enfrenta sistemáticamente condiciones adversas para mantenerse y poder crecer en el contexto de la producción agropecuaria; por lo tanto, corresponde a la condición menos ideal para las organizaciones.

El cuadrante 3, grandes jugadores, hace referencia a la producción de volúmenes altos de productos, casi siempre indiferenciados, que mantienen mínimos vínculos

con los consumidores. Este cuadrante corresponde a la producción agrícola masificada tipo agroindustrial, que no tiene interés en generar vínculos recíprocos con el consumidor y sus principales objetivos están orientados a la generación de un lucro. Su producción se destina principalmente a intermediarios y grandes superficies de comercialización, y puede entablar acuerdos de precios y volúmenes de producción; no obstante, mantiene una continua subordinación/dependencia de las dinámicas de oferta y demanda del mercado. Encuentra también dificultad para diversificar su portafolio de productos y de clientes que le permitan enfrentar de manera más resiliente los cambios económicos, sociales y ambientales del entorno.

Por último, el cuadrante 4, nuevas oportunidades, corresponde al segmento de productores que ofertan volúmenes significativos de productos altamente diferenciados y que logran establecer fuertes vínculos con los consumidores. En este, los productores y las organizaciones muestran una importante diversidad de productos, con arraigo local y con procesos de valor agregado, que los hace especialmente llamativos para un determinado público. El productor participa decisivamente en la definición del precio de los productos; ese precio debe cubrir costos de producción y márgenes de rentabilidad y valoración del trabajo. Los productos se comercializan en mercados propios, locales o regionales, en los cuales el productor participa activamente. Cuando existe alguna forma de intermediación, esta se rige por las premisas de la economía solidaria y el productor conoce cómo se distribuirán los ingresos en cada eslabón de la cadena de intermediación. Este sería el escenario ideal para que los demás productores vuelquen esfuerzos

y logren llegar a este; además, constituye un paso determinante para consolidar los procesos orientados a fortalecer la agricultura sostenible.

Con la información recabada y las reflexiones adelantadas por el equipo de trabajo, se realizó una primera clasificación de las organizaciones de productores vinculadas al proyecto, teniendo en cuenta el comportamiento y nivel de desarrollo

de las variables, para tener un mapeo más concreto según la matriz analítica propuesta. Como se puede observar en la figura 6, la mayoría de las organizaciones fueron clasificadas en los cuadrantes 2 y 3; no obstante, los cuadrantes 3 y 4 son el foco que mayor margen de crecimiento presenta para las organizaciones con las que se viene adelantando el proceso de acompañamiento en el proyecto.

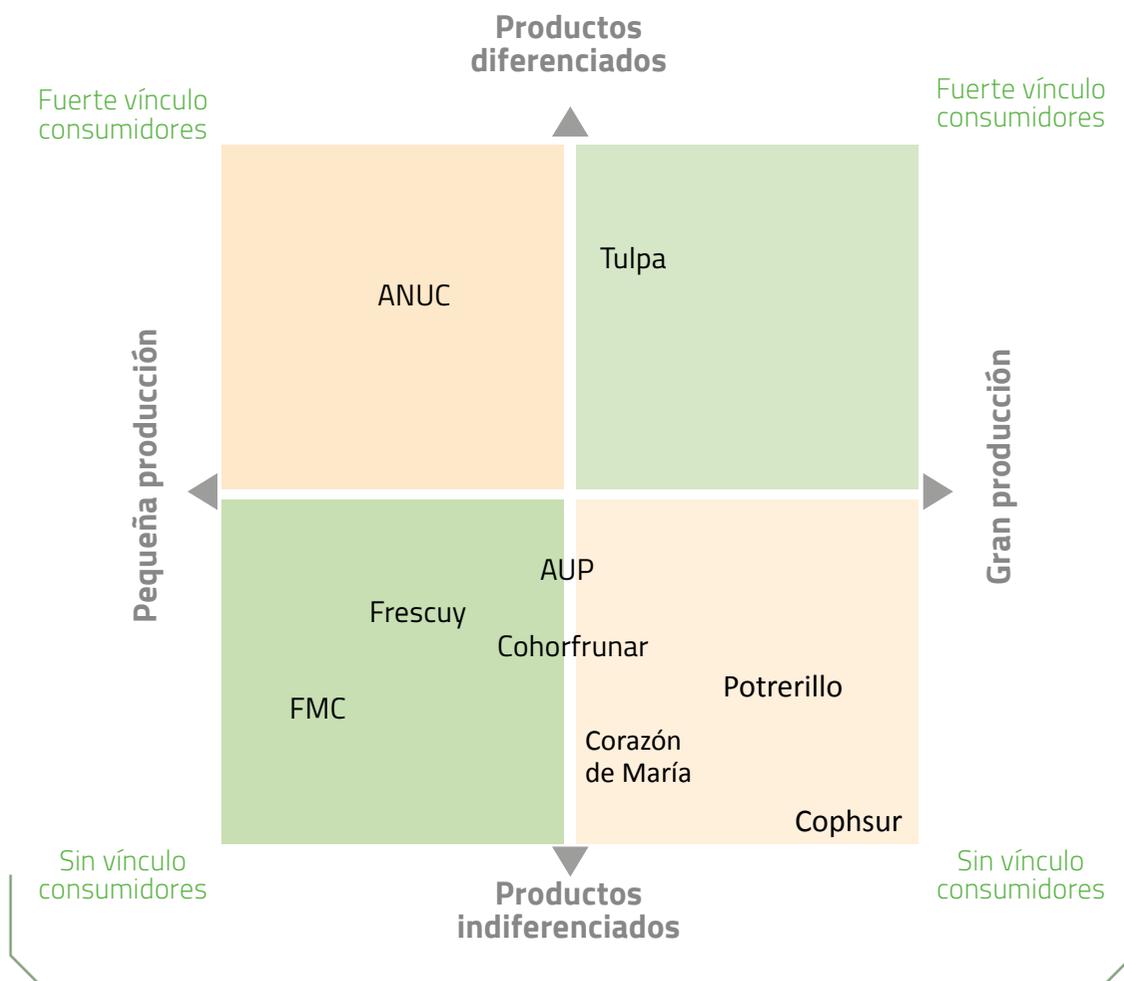


Figura 6. Matriz de categorización de las organizaciones de la ACFC en Nariño.
Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que las organizaciones objeto de este análisis se caracterizan por desarrollar una actividad productiva centrada en la producción de hortalizas de hojas, granos y tubérculos, que corresponden a la mayor oferta con la que el territorio cuenta. Estos alimentos se producen a partir de esquemas de agricultura convencional, con un intensivo uso de agroinsumos, escasos procesos de diversificación y rotación de cultivos, lo que ha llevado al incremento de afectaciones fitosanitarias de importancia económica para la zona. Estas condiciones de producción hacen que los productos se destinen principalmente a mercados regionales de intermediación o a grandes superficies a nivel nacional, donde los productores tienen escaso margen de negociación frente al precio de venta y son castigados constantemente por la calidad del producto. Por lo tanto, encuentran dificultades para acceder a nichos de mercado con productos diferenciados y entablar vínculos fuertes con consumidores que les permitan configurar nuevos relacionamientos a nivel productivo y de comercialización, orientados a la agricultura sostenible.

En los cuadrantes superiores, están las organizaciones enfocadas en desarrollar una apuesta concreta para la agricultura sostenible. Estas organizaciones se caracterizan por dirigir su actividad a la generación de productos diferenciados y con arraigo local, los cuales se ofertan a consumidores con quienes se establece y consolida una relación de confianza y reciprocidad frente al proceso productivo. Este vínculo es clave en dos vías: en la primera, el relacionamiento productor-consumidor genera un apoyo constante en el tiempo, lo que permite que los

productores puedan seguir desarrollando su actividad; en la segunda, se genera un flujo de información en las dos vías, que está orientada a compartir conocimientos y saberes en relación con el tipo, el uso, los beneficios y el consumo de los productos que se comparten. El gran desafío es generar incrementos en la escala y el volumen de los productos, lo que está supeditado a los esfuerzos que las organizaciones, como las entidades de soporte y del sector, desarrollen para garantizar el acceso a nuevos consumidores y un apoyo más decidido desde las políticas públicas a este segmento de la producción.

En relación con la cadena de valor, el diagrama de flujo horizontal de la figura 7 muestra las etapas del proceso que, de forma general, siguen la mayoría de las organizaciones de la ACFC de Nariño. En la etapa inicial, se resalta un eslabón poco común, pero con especial importancia, que corresponde a la etapa de planificación. La producción diversificada y escalonada, la presencia de productos de ciclo corto y la práctica de rotación de cultivos hacen que la selección de productos y la planificación de siembras sea una actividad continua, consensuada y de vital importancia para el sostenimiento de sus actividades productivas.

Otro eslabón está relacionado con la adquisición de materias primas. Con este se identificó que en el caso de las plántulas o semillas, estas se pueden obtener a través de la compra, el intercambio o la custodia de semilla propia; a la vez, pueden tener una procedencia certificada o no. Por su parte, la adquisición de productos o insumos agropecuarios, en la mayoría de las ocasiones, se hace de forma independiente; es decir, la organización generalmente no interviene en la compra colectiva de insumos.



En la etapa de producción, los productores muestran su mayor experiencia y campo de acción. En esta, se evidencia la participación de la familia y, en ocasiones, la contratación de mano de obra local; sin embargo, existe preocupación por la baja participación de los jóvenes, pues esto genera escasez de mano de obra y su encarecimiento. En esta etapa, son evidentes las diferencias en las prácticas y los tipos de producción, algunas tienen un enfoque convencional (uso intensivo de agroquímicos), otras agroecológico y otras están en proceso de transición hacia la producción agroecológica. Algunas motivaciones para esta transición responden a una producción y alimentación más responsable y sana, al sostenido encarecimiento o escasez de insumos agropecuarios, al cuidado y uso racional de los recursos naturales, así como a su conservación, diversificación de ingresos, resiliencia frente a crisis, entre otros.

Respecto a la cosecha y poscosecha, estas son actividades en las que cada organización ha venido tomando mayor experiencia a partir de los diferentes acuerdos comerciales, rechazos de productos e interacción con los consumidores. Esto ha permitido formar destrezas para la selección y clasificación de productos; sin embargo, aún es necesario mejorar y fortalecer los procesos de poscosecha.

En relación con la distribución y comercialización, se requiere mejorar aspectos de infraestructura para el acopio y almacenamiento de productos. En este eslabón, se presentan las mayores diferencias, principalmente porque la logística de cada organización depende de mercados de destino, acuerdos comerciales, requerimientos de calidad por producto, distancias de recorrido, clientes, presencia de intermediarios, entre otros. Algunas organizaciones han comenzado procesos de generación de

valor a partir de procesos agroindustriales, pero aún son procesos en etapa de desarrollo y consolidación, por lo que se requiere fortalecer estas áreas.

Por último, en la etapa de consumo también se presentan diferencias, dado que algunas organizaciones venden directamente a los consumidores finales y otras realizan sus ventas a intermediarios, almacenes o distribuidores. Esto impide una relación directa con el consumidor final para conocer sus expectativas y opiniones acerca del producto; no obstante, se responde a las exigencias de calidad, presentación, color, tamaño, etcétera, exigidas por los distribuidores mayoristas e intermediarios.

En la tabla 3, se presenta un resumen de los puntos críticos identificados en cada etapa de la cadena de valor.

En cada una de las etapas de la cadena interviene un grupo de actores de distinta tipología, y cada uno de ellos tiene un rol y una función específica. La interrelación que cada organización tenga con los diferentes actores promueve el intercambio de conocimiento, genera capacidades y habilidades para el emprendimiento, facilita el desarrollo de productos y servicios a través de la innovación, permite acercarse a la sociedad, a la cultura y a la dimensión democrática, y puede contribuir al desarrollo sostenible.

Tabla 3. Identificación de puntos críticos en la cadena de valor de las organizaciones de la ACFC en Nariño

Etapas de la cadena de valor	Puntos críticos
Planificación	Volatilidad en el comportamiento de los precios del mercado. Toma de decisiones con base en información de corte transversal y no longitudinal.
Adquisición de materias primas	Adquisición de insumos agropecuarios de manera independiente por productor. Alto costos o escasez de los insumos agropecuarios.
Producción	Disminución en la participación de los jóvenes en las actividades del sector agropecuario. Bajas capacidades para iniciar procesos de transición hacia la producción agroecológica. Bajas capacidades para la identificación, el control y el manejo de plagas y enfermedades. Cambio climático.
Cosecha y poscosecha	Afectación de productos por factores climáticos en el momento de la cosecha. Daños o deterioro de productos en proceso de poscosecha.
Distribución y comercialización	Falta de infraestructura para acopio y almacenamiento. Dificultades en la logística de transporte (conservación de productos, costos logísticos, distancias, eventos imprevistos). Limitadas opciones de venta. Dependencia de intermediarios. Baja generación de valor agregado.
Consumo	Baja interacción con el cliente. Bajo conocimiento respecto a gustos y preferencias sobre las nuevas tendencias de consumo.

Fuente: Elaboración propia

La interacción que existe entre los diversos actores permite conocer y dar respuesta a las problemáticas comunes de la cadena. Autores como Carayannis et al. (2012) proponen la clasificación de actores en cinco grupos, subsistemas o hélices: 1) sistema educativo; 2) sistema económico; 3) entorno natural; 4) público basado en los medios de comunicación y en la cultura o sociedad civil, y 5) sistema político (figura 8). La principal limitante en el momento de mejorar los puntos críticos de la cadena de valor es la falta de organización y la baja articulación de los agentes que intervienen en el proceso, una de las principales apuestas es trabajar desde una visión integral y multidisciplinar, y así generar confianza entre los actores, el trabajo colectivo y la unidad para reforzar su posición en la cadena y en el sistema de comercio.

En los acercamientos que se tuvieron con las organizaciones, se identificaron 44 actores que interactúan en la cadena, de los cuales casi la mitad pertenece a la hélice del sector empresarial, y están principalmente representados por proveedores, actores comerciales y, en menor medida, por entidades financieras, empresas privadas, medios de comunicación, entre otros.

La siguiente hélice de mayor referencia está relacionada con la sociedad civil. En esta, se destacan actores clave de cada territorio, y se valoran y reconocen los saberes locales y tradicionales con relación a la producción agropecuaria. Sin embargo, no se refleja la interacción con organizaciones sociales o movimientos cívicos y democráticos.



Figura 8. Modelo de la quintuple hélice.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Carayannis et al. (2012)

Continúa la hélice de universidad, que bien puede incluir otros actores relacionados con la generación y el intercambio del conocimiento. En esta se espera que la producción del conocimiento atienda realmente las necesidades y demandas que requiere la cadena, y que adicionalmente el proceso de apropiación y adopción sea eficiente y veraz.

La hélice gobierno y municipalidad se ubica en el cuarto lugar. Esta indica que las organizaciones reconocen su presencia e interacción con la cadena, en especial por parte de las secretarías de agricultura

municipales; sin embargo, se esperan mayores acciones en materia de política, asistencia y gestión.

Por último, está la hélice de medio ambiente. Esta se vio representada por un solo actor, el cual no tiene una participación activa y constante en la cadena, situación que revela un nuevo punto de mejora y de especial atención dado el carácter sostenible y sustentable que deben tener estos sistemas de producción, principalmente desde el escenario ambiental y climático en el que vivimos actualmente.

Conclusiones

La zona centro del departamento de Nariño, en particular de las áreas donde se asientan las organizaciones de productores de hortalizas abordadas en este estudio, comparte retos comunes; por ejemplo, mantenerse viables en el tiempo como abastecedoras de productos y alimentos en un contexto adverso determinado por cambios sociales, afectaciones ambientales, dificultades para trasladar sus productos y emergencias fitosanitarias que les hacen cada vez más vulnerables. Por tal motivo, es fundamental que este tipo de ejercicios les permita identificar puntos críticos de sus procesos productivos y de comercialización, en aras de desarrollar acciones para mitigar los riesgos.

La comercialización, en particular los vínculos que se establecen con intermediarios, grandes superficies y consumidores finales, es clave para cada organización, por cuanto esto determina el precio de sus productos. La cantidad y la continuidad de

las relaciones de compra y solidaridad que se tengan con los productores al afrontar situaciones críticas, como embates climáticos o afectaciones sociales, son vitales para mantener y configurar nuevas relaciones entre productores-consumidores que no estén marcadas exclusivamente por la noción de costo/beneficio, sino por relaciones de reciprocidad.

Por último, es fundamental que las organizaciones de productores avancen y desarrollen acciones orientadas a diversificar sus productos, que estos sean diferenciados y tengan un enfoque local que les permita acceder a nuevos mercados y entablar nuevas relaciones con los consumidores en el marco del desarrollo de la agricultura sostenible, así como seguir siendo una importante fuente de alimentos para la región y el país. Es importante que estén orientados a garantizar una producción limpia, con alimentos sanos, y que además fortalezcan los procesos locales y el territorio.

Referencias

- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. (2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1, 1-12, <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2020). *Cadena de las hortalizas. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf>
- Otero, G. (2013). El régimen alimentario neoliberal y su crisis: Estado, agroempresas multinacionales y biotecnología. *Antípoda*, (17), 49-78. <https://doi.org/10.7440/antipoda17.2013.04>
- Rincón, L. F. (2014). Vida y persistencia campesina en un contexto neoliberal. Análisis en una región de los Andes colombianos. *Veredas*, (28), 381-403.
- Rubio, B. (2007). ¿Hacia un nuevo orden agroalimentario energético mundial? *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, (26-27), 5-22.
- Shanin, T. (2005). A definição de componês: conceituações e desconceituações - o velho e novo em uma discussão marxista. *Revista NERA*, 8(7), 1-21. <https://doi.org/10.47946/rnera.v0i7.1456>
- Shanin, T. (2008). Lições Camponesas". En E. Tomiasi Paulino, & J. E. Fabrini (Orgs.), *Campesinato e territorios em disputa* (pp. 23-48). Expressão Popular.
- Teubal, M. (2008). O campesinato frente à expansão dos agronegócios na América Latina. En E. Tomiasi Paulino, & J. E. Fabrini (Orgs.), *Campesinato e territorios em disputa* (pp. 139-190). Expressão Popular.
- Tobasura A, I. (2006). Agricultura y desarrollo agrario. En I. Tobasura Acuña, & E. Castaño Ramírez (Eds.), *Desarrollo rural: conceptos, estrategias y métodos* (pp. 15-42). Universidad de Caldas.

Capítulo 3. Identificación de alternativas de agregación de valor en productos hortofrutícolas a través de la metodología adaptada del enfoque participativo en cadenas productivas, en unidades de agricultura campesina

Laura I. Latorre Vásquez, Diego M. Trejo Escobar, Luis F. Valencia Flórez, Diana M. Chaves Morillo, Diego F. Mejía España

Resumen

En Colombia, se estima que casi tres cuartas partes de los pobladores de las unidades de producción agropecuaria se perciben como parte de la agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC). Estos pobladores carecen de estrategias eficaces que les permitan incrementar su productividad. Además, el alto nivel de intermediación en el momento de comercializar la producción campesina genera un bajo retorno monetario para los agricultores, lo cual compromete la sostenibilidad de su actividad. Respecto al manejo poscosecha, este se limita a la recolección, selección y empaque a granel para la comercialización. Por esto, es necesario implementar prácticas adecuadas de poscosecha, que permitan retardar los procesos fisiológicos de maduración y prevenir el rápido deterioro de los productos agrícolas. El objetivo de este capítulo es identificar alternativas

de poscosecha mediante el trabajo participativo de la comunidad, que contribuyan a disminuir las pérdidas poscosecha de frutas y hortalizas cultivadas por los agricultores.

La metodología de enfoque participativo en cadenas productivas que se usó para esta investigación permitió identificar alternativas enfocadas en la transformación de frutas y hortalizas en siete asociaciones de productores de los municipios de Pasto (corregimiento de Gualmatán), Consacá, Guachucal y La Florida. Así, gracias al trabajo participativo se evidenció el interés de elaborar productos como encurtidos, mermeladas, bocadillo, productos cuarta gama y salsa de tomate; así, la transformación es una alternativa de aprovechamiento de aquellos productos de difícil comercialización y de disminución de las pérdidas poscosecha.

Introducción

En los últimos años, las discusiones sobre desarrollo rural en Colombia han configurado un interés político y académico creciente por el campesinado. A nivel internacional, la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas para los objetivos de desarrollo sostenible reconoce la importancia estratégica de una agricultura dinámica, resiliente y sustentable, que tenga protagonismo en aspectos como la seguridad y soberanía alimentarias, la adaptación y mitigación frente al cambio climático, la lucha contra la pobreza, la conservación de ecosistemas y culturas propias. Esto abre nuevas perspectivas para que los países establezcan y fortalezcan políticas diferenciales a favor de la agricultura familiar (Acevedo-Osorio & Schneider, 2020).

Sin embargo, la inestabilidad económica, el poco desarrollo social, la baja inversión en el área agraria por parte del Gobierno regional y central, y la falta de asistencia técnica organizativa hacen que los pequeños productores aumenten cada día sus costos de producción y disminuyan la rentabilidad en sus unidades productivas (Castro Rojas & Londoño Londoño, 2022).

El rápido crecimiento de la población urbana presenta retos especiales para los pequeños agricultores en los países en desarrollo, los cuales están bajo la creciente presión de satisfacer los nuevos requerimientos del mercado: mayor calidad de producto, volumen y continuidad en las entregas (Thiele & Bernet, 2005). No obstante, la tendencia actual de los hábitos de consumo, la valoración de la calidad, la conciencia creciente de la defensa de los derechos del consumidor y la conservación del medio ambiente y la biodiversidad

ofrecen nuevas oportunidades de mercado (Yumisaca et al., 2009).

Dichas oportunidades se pueden identificar mediante la aplicación de metodologías participativas, las cuales son un primer paso para el acercamiento a una realidad más clara, con mayores posibilidades de comenzar y transformar; además, implican procesos de trabajo con elementos e intenciones concretas, que buscan impulsar el desarrollo comunitario en pro de la calidad de vida de la población. Para ello, se requiere la participación de actores diversos, en especial de las personas de la comunidad, que contribuyan activamente a los procesos de enseñanza-aprendizaje para la resolución conjunta de problemáticas locales (Contreras et al., 2020).

El enfoque participativo en cadenas productivas (EPCP) se propone como un método eficaz para alinear a los diferentes actores de una cadena productiva en el aprovechamiento de las oportunidades existentes. Estas oportunidades de negocio pueden darse por la ineficiencia de la cadena en sí, lo cual baja los costos de transacción entre los actores mediante una mejor organización; también se dan para responder a una demanda por nuevos productos y servicios. El resultado de un proceso participativo es una combinación de diferentes innovaciones: institucionales, tecnológicas y comerciales (Thiele & Bernet, 2005).

La cadena productiva es el conjunto de operaciones que se necesitan para llevar a cabo la producción de un bien o servicio, que ocurren de forma planificada y producen un cambio o una transformación de materiales, objetos o sistemas. Se trata, por tanto, de una sucesión de operaciones de diseño,

producción y distribución integrada, realizada por diversas unidades interconectadas como una corriente; esto involucra una serie de recursos físicos, tecnológicos, económicos y humanos. La cadena productiva abarca desde la obtención y el proceso de manufacturado de la materia prima hasta el consumo final (Pendón et al., 2014).

El EPCP considera que las señales para realizar innovaciones deben provenir de la demanda, y hacer énfasis en las necesidades, los deseos y los requerimientos de los consumidores. Después de identificar las innovaciones en este nivel, se trasladan los cambios “hacia atrás”, es decir, a los otros miembros de la cadena (minoristas, procesadores, mayoristas y finalmente al agricultor), de manera que se produce, cualitativa y cuantitativamente, un producto que responde a las necesidades del mercado.

Metodología

Para esta investigación, se adaptó la metodología EPCP, desarrollada por el Centro Internacional de la Papa, la cual permite definir, analizar e implementar oportunidades de negocio en conjunto con los diferentes actores de la cadena (Pendón et al., 2014).

Se trabajó entre junio y octubre de 2022 con siete asociaciones de productores dedicadas al cultivo de frutas y hortalizas, que se enfocan en la agricultura campesina del departamento de Nariño (tabla 1 de la “Introducción” del presente libro) en cuatro municipios: Pasto, en el corregimiento de Gualmatán, Guachucal, La Florida y Consacá, pertenecientes a la población objetivo del proyecto. Los grupos que participaron en el ejercicio son los siguientes:

El método asegura que los cambios o las innovaciones se definan, se trabajen y se perfeccionen en cadena, o sea, mediante una participación colaborativa y, en lo posible, equitativa de los diferentes agentes que intervienen en la producción y comercialización (Ordinola et al., 2007). Este proceso participativo intenta gradualmente estimular el interés, la confianza y la colaboración entre los miembros de la cadena productiva. Las innovaciones que se generan pueden ser nuevos productos o procesos, nuevas tecnologías o instituciones, que tengan en común ofrecer beneficios directos o indirectos para los diferentes actores de la cadena (Thiele & Bernet, 2005),

El objetivo de este trabajo fue identificar ideas o alternativas de negocios que mejoren la competitividad de los grupos asociativos de pequeños agricultores de las unidades de agricultura campesina.

1. Asociación de Productores Orgánicos La Tulpa, núcleos de Consacá y La Florida.
2. Asociación Agroambiental Corazón de María, Gualmatán (Pasto).
3. Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, Gualmatán (Pasto).
4. Asociación Frescuy, Gualmatán (Pasto).
5. Asociación Nacional de Usuarios Campesinos (ANUC), Guachucal.
6. Cooperativa Multiactiva de Agricultores de Hortalizas del Sur (Coophsur), Gualmatán (Pasto).

En cada una de las asociaciones se aplicaron las siguientes etapas de la metodología EPCP adaptada (Antezana et al., 2008; Bernet et al., 2010):

Etapas 1. Diagnóstico. Se tomaron preguntas del diagnóstico rural participativo (DRP) aplicadas a las asociaciones beneficiarias del proyecto, para conocer la situación actual de las asociaciones en algunos aspectos enfocados en la venta de productos en fresco. En la figura 9, se aprecia una de las jornadas de aplicación del EPCP. Las preguntas fueron:

1. ¿Qué cantidad de hortalizas cosecha semanalmente?

2. ¿Qué cantidad de frutas cosecha semanalmente?

3. ¿A quién le vende su producción principalmente?

4. ¿Cuál es el principal destino de su comercialización?

5. ¿Qué aspectos específicos le solicitan sus consumidores o clientes?

6. ¿En qué etapa de la cadena de valor considera que existen mayores dificultades?



Figura 9. Aplicación de la metodología EPCP adaptada en la ANUC en Guachucal.
Foto: Universidad de Nariño

Etapas 2. Identificación de idea de negocio. En esta etapa de la metodología, se socializaron los conceptos y la importancia de las cadenas productivas y los canales de comercialización, con el fin de concientizar a los participantes respecto a la necesidad de optimizar la colaboración a lo largo de la cadena y así mejorar la coordinación de las actividades en los diferentes puntos de la cadena. Posteriormente, se aplicaron

herramientas como "lluvia de ideas" y filtro de impacto.

La "lluvia de ideas" es una herramienta de trabajo grupal que facilita el planteamiento de nuevas ideas sobre un tema. Para esta actividad, se le entregaron hojas adhesivas a cada uno de los participantes, en las cuales escribieron las ideas que les parecieron interesantes o que les gustaría implementar en su comunidad con los productos de la

huerta. Luego se socializaron y discutieron dentro del grupo todas las propuestas para escoger tres; estas fueron evaluadas con el filtro de impacto. En la figura 10, se presenta una jornada de aplicación de la metodología en el municipio de Consacá.

Por su parte, la herramienta “filtro de impacto” proporciona una evaluación cualitativa rápida del impacto que pueden tener diversas oportunidades de mercado en lo económico, social y ambiental (tabla 4). Para ello, se realizó una matriz con la cual se evaluaron los objetivos de desarrollo

que se pretenden alcanzar y qué productos se pueden implementar.

A los participantes del taller se les pidió que levantaran la mano según su respuesta. Después se realizó el conteo por respuesta a partir de su percepción, la cual se consideró como “baja”, “media” o “alta”, por cada idea identificada. Por último, se contabilizaron las respuestas por idea y se escogió por mayoría de votos la propuesta con la cual se continuaría trabajando la metodología.



Figura 10. Aplicación de la metodología EPCP adaptada con los miembros de La Tulpa en Consacá.
Foto: Universidad de Nariño

Tabla 4. Filtro de impacto para evaluación de ideas

Producto Criterios de evaluación	Idea 1			Idea 2			Idea 3		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Impacto económico									
1. Potencial para incrementar los ingresos en corto plazo.									
2. Potencial para aumentar los ingresos a largo plazo.									
3. Potencial para reducir los riesgos financieros asumidos por los agricultores.									
Total de votos	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Impacto social									
4. Potencial para aumentar la autoestima de los agricultores.									
5. Potencial para generar conocimiento y contactos que promuevan el desarrollo.									
6. Potencial para empoderar a las personas.									
Total de votos	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Impacto ambiental									
7. Potencial para el uso sostenible del agua y la tierra.									
8. Potencial para renovar y conservar la biodiversidad									
Total de votos	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Resultado total	----			----			----		

Fuente: Elaboración propia

Etapa 3. Evaluación de las potencialidades de las innovaciones y oportunidades de mercado.

Una vez identificada la idea u oportunidad de mercado en cada una de las asociaciones, se utilizó el esquema de análisis FODA, pues es una herramienta que puede aplicarse a cualquier situación objeto de estudio. Las variables analizadas y lo que estas representan son la base para tomar decisiones estratégicas que mejoren la situación actual en el futuro; además, permite conformar un cuadro de la situación actual del objeto de estudio, y así obtener un diagnóstico preciso que ayude a tomar

decisiones acordes con los objetivos y las políticas formuladas.

Esta herramienta se aplicó de manera participativa y se identificaron las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas potenciales asociadas a cada innovación. La matriz FODA proporcionó una importante mirada al potencial del mercado y a la viabilidad de la innovación propuesta.

Las siguientes preguntas planteadas a manera de guía ayudaron a obtener resultados en la discusión de oportunidades específicas de mercado (tabla 5).

Tabla 5. Matriz FODA con preguntas guiadas aplicadas

Fortalezas	Debilidades
¿Cuáles son las ventajas de la oportunidad de negocio? ¿Cuáles son sus fortalezas como grupo? ¿Qué fuentes relevantes de recursos son accesibles para ustedes?	¿Cuáles son las debilidades de la oportunidad de negocio? ¿Qué es lo que no van a poder realizar de la mejor manera como grupo? ¿Cuáles son las áreas clave que requieren su atención para evitar fracasar?
Oportunidades	Amenazas
¿Qué cambios en tecnología, mercados, políticas, patrones sociales y estilos de vida tienden a favorecer la oportunidad de mercado? ¿De qué tendencias interesantes tiene usted conocimiento?	¿Qué obstáculos enfrenta que se encuentran fuera de su control? ¿Qué es lo que la competencia hace mejor? ¿Podría enfrentar problemas de falta de liquidez de flujo de caja? ¿Podría alguna de sus debilidades poner en riesgo el éxito de su oportunidad de negocio?

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados del análisis anterior, al aplicar las preguntas guía de la tabla 5, se realizó una matriz FODA cruzada con estrategias que servirán de insumo para la elaboración del plan de negocios.

En esta etapa, para apoyar y fortalecer los conceptos que enmarcan la metodología EPCP se trabajó el concepto de marketing, que hace referencia a un conjunto

de características que proporcionan identidad a un producto. Para ello, se aplicó la herramienta “grupos focales”, los cuales ayudan a evaluar los diversos aspectos de comercialización asociados a productos y servicios, a través de discusiones grupales estructuradas en las que participan consumidores potenciales.

Con esta herramienta se identificaron las percepciones generales del producto, o de la idea, que se analizó con la metodología; las percepciones visuales, con las cuales se mostró el producto que se pretende

comercializar, y las opciones de mercadeo que se pueden implementar. Se tuvieron como guía las preguntas que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Grupo focal, preguntas guiadas

<p>Percepciones generales</p> <p>Sin mostrar el producto de análisis, se realizaron preguntas para entender las opiniones y los hábitos generales de los consumidores participantes.</p>	<p>¿Compra o consume este tipo de productos? ¿Por qué lo compra? ¿Cuáles son los beneficios en relación con productos alternativos? ¿Cuándo lo compra? ¿Con qué frecuencia lo compra? ¿Quién lo consume principalmente y por qué?</p>
<p>Lógica visual</p> <p>Se mostró el producto de análisis y se realizaron preguntas para entender cómo perciben los participantes el concepto visual de marketing y si es congruente con las ideas y los “factores determinantes de compra” mencionados, antes de que los participantes vieran el producto.</p>	<p>¿Qué piensa del producto? ¿Le parecen apropiados el tamaño y la forma del empaque? ¿Refleja el empaque las ventajas del producto? ¿Es claramente distinguible de otros productos? ¿Hay algo que le disgusta del empaque y que usted piense que deba mejorarse? ¿Dónde debería ser vendido este producto? ¿Cuánto pagaría por él?</p>
<p>Opciones de mercadeo</p> <p>Dado que hasta este momento los participantes conocían el producto, se compartieron sus opiniones con respecto a cómo podría ser mejorado el empaque y dónde y cuándo debe ser vendido.</p>	<p>¿En qué puntos se debe vender el producto y dónde debe ser colocado? ¿Cuál es el empaque más práctico al comprar y usar el producto? ¿Deberían ofrecerse diversos tipos de empaques? ¿Por qué? ¿Qué medios de promoción podrían ser los más eficaces para atraer la atención de los consumidores y estimular las ventas?</p>

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar esta etapa, se socializó el concepto de plan de negocios; se explicó que es un documento estratégico que describe todos los aspectos del desarrollo de una oportunidad de mercado, y que incluye una proyección de las ganancias previstas si se implementa en un negocio, el cual sirve como base para la toma de decisiones entre promotores y puede ser utilizado para persuadir a nuevos actores a involucrarse, en especial, nuevos socios

financieros; asimismo, ayuda a planear, tomar los pasos para implementar las operaciones y definir los roles de los socios.

Como complemento a las sesiones de la metodología EPCP, se realizó un taller práctico con las asociaciones que elaboran productos como mermelada, bocadillo, encurtidos, ungüentos y champú casero. En la figura 11, se observa uno de los talleres de elaboración de productos con las asociaciones.



Figura 11. Taller de elaboración de productos en la asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, en el corregimiento de Gualmatán, Pasto.

Foto: Universidad de Nariño

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada etapa.

Etapas 1. Diagnóstico. Con ayuda de algunas preguntas que se realizaron en el DRP aplicado a las organizaciones, se realizó un diagnóstico general con las características de cada grupo de beneficiarios (tabla 7).

Los agricultores de la Asociación de Productores Orgánicos La Tulpa, del municipio de Consacá, mencionan que cosechan semanalmente menos de 50 kilos de frutas y hortalizas, como lechuga, acelga, repollo, cebolla, cilantro, tomate de árbol, guayaba, aguacate, lulo, fresa, entre otros. La producción, en su mayoría, la venden a intermediarios o mediante venta directa al consumidor final, y en un menor porcentaje a empresas comercializadoras, a la asociación u organización a la que pertenecen o en plazas de mercado. Los usuarios enfatizaron en que el mercado regional es el lugar donde se comercializa la mayor parte de la producción. Sin embargo, identifican que la comercialización es la etapa de la cadena de valor que presenta mayor dificultad, seguida de la adquisición de las materias primas, el transporte y la distribución. En relación con los aspectos que solicitan los clientes, mencionan que contar con mayor diversidad de productos, mejorar la calidad e incrementar la frecuencia de venta son los más relevantes.

La Asociación Agroambiental Corazón de María, ubicada en el corregimiento de Gualmatán (Pasto), produce en sus fincas hortalizas como coliflor, brócoli, espinaca, acelga, aromáticas, entre otros; los asociados mencionan que la mayoría de los integrantes venden su producción a la asociación y esa producción tiene un destino nacional, principalmente a Cali; otros

lo hacen directamente al consumidor final en el mercado local. En cuanto a los aspectos que solicitan los clientes, mencionan mayor diversidad de productos, más frecuencia de venta, mejor calidad y precio. También indican que la etapa de adquisición de materias primas es la que presenta mayores dificultades en la cadena de valor, seguida de la transformación, el transporte y la distribución.

Las integrantes de la asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, del corregimiento de Gualmatán (Pasto), dicen que su producción la venden principalmente al consumidor final o en plazas de mercado como la del Potrerillo, el destino de su comercialización es el mercado local. Cultivan en sus unidades productivas espinaca, acelga, brócoli, repollo, lechuga, aromáticas, papa, entre otros. Entre las solicitudes de los clientes se encuentran mayor diversidad de productos y mejor calidad y precio. Además, los miembros de esta asociación identifican que la mayor dificultad en la cadena de valor es la adquisición de materias primas, el acopio y el almacenamiento, el transporte, la distribución y la comercialización.

La asociación Frescuy, en el corregimiento de Gualmatán, se dedica principalmente a la producción de fresa. Los integrantes de esta asociación afirman que venden la totalidad de su producción a intermediarios, quienes la recogen en la finca. El destino de sus productos es, en general, el mercado local y, en un menor porcentaje, el nacional. En los aspectos que los clientes piden mejorar, se encuentra principalmente la calidad. También identifican que la mayor dificultad que se presenta en la cadena productiva es la etapa de comercialización,

seguida de la transformación y la adquisición de materias primas.

Los agricultores que pertenecen a la Asociación de Productores Orgánicos La Tulpa, en La Florida, mencionan que venden su producción especialmente a la organización, una parte al consumidor final y otra a intermediarios, y el destino de su comercialización es el mercado regional. Los productores tienen en sus fincas productos como café, plátano, frutales, tubérculos, maíz, aguacate, entre otros. Los clientes, en su mayoría, solicitan mejorar calidad y diversidad de productos. También identificaron que la etapa de adquisición de materias primas es la que más presenta dificultades, seguida de la etapa de producción, comercialización, acopio y almacenamiento.

Los usuarios de la ANUC, en Guachucal, mencionan que su producción la venden principalmente al consumidor final en plazas de mercado locales y, en un menor porcentaje, al mercado nacional. En cuanto a los aspectos que solicitan los clientes mejorar, la mayoría menciona la calidad, el precio, la frecuencia de venta y la diversidad. Sus cultivos cuentan con diversas hortalizas y frutas, de las cuales cosechan menos de 50 kilos a la semana. Asimismo, identifican que el transporte y la distribución son la etapa que mayor dificultad presentan, seguida del acopio, el almacenamiento y la adquisición de materias primas.

Los agricultores que hacen parte de Coophsur, en el corregimiento de Gualmatán, venden su producción, en mayor medida, a la asociación, a empresas comercializadoras y en plazas de mercado. El destino de la comercialización es el mercado regional y,

en menor porcentaje, el mercado local y nacional. En relación con los aspectos que los clientes piden mejorar, mencionan diversidad, frecuencia, calidad y presentación. Por último, indican que la etapa de adquisición de materias primas es la que presenta mayor dificultad, seguida de la producción, comercialización y transformación.

Con lo anterior, se pudo identificar que no se encuentra articulada la cadena productiva. En su gran mayoría, los productores venden a intermediarios y estos se encargan del resto de la comercialización, lo cual les permite quedarse con ganancias mayores. Solo algunas organizaciones consolidadas venden o distribuyen mejor sus productos; sin embargo, es evidente que se está produciendo para la venta en fresco, con escasa agregación de valor y nula transformación, pues se vende a intermediarios y con esto se deja de recibir mejores ingresos. También cabe resaltar que la mayor dificultad en la cadena de valor se está presentando en la adquisición de materias primas por los elevados costos, la comercialización, el transporte y la distribución.

Con la información recolectada del DRP se puede identificar que las organizaciones de productores son la forma más común de agremiación rural, ya que brindan a sus miembros economías de escala para el acceso a recursos financieros y proporcionan un medio institucional para integrarlos; además, permiten el intercambio creciente de bienes y servicios entre los sectores tradicionales y otros subsectores de la economía, y facilitan el acceso a la transferencia de tecnología (Castro Rojas & Londoño Londoño, 2022).

Tabla 7. Principales características de las asociaciones participantes. Información comparativa

Características		Asociaciones de agricultura campesina familiar y comunitaria. Participantes del proceso participativo					
Asociación	La Tulpa, núcleo Consacá	Asociación Agroambiental Corazón de María	Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas	Asociación Frescuy	La Tulpa, núcleo La Florida	ANUC	Coophsur
Ubicación	Consacá	Gualmatán (Pasto)	Gualmatán (Pasto)	Gualmatán (Pasto)	La Florida	Guachucal	Gualmatán (Pasto)
Composición mayoritaria	Mixta.	Mujeres.	Mujeres.	Mujeres.	Mixta.	Mixta.	Mixta.
Participantes	18	11	7	7	8	13	15
Productos representativos	Lechuga, acelga, repollo, cebolla, cilantro, tomate de árbol, guayaba, aguacate, lulo, fresa.	Coliflor, brócoli, espinaca, acelga, aromáticas, papa, pastos.	Espinaca, acelga, brócoli, aromáticas, papa, pastos, repollo, lechuga y, en menor medida, coliflor y frutas.	Fresa, aromáticas, brócoli, espinaca, acelga y papa.	Café, plátano, tubérculos, maíz, frutales, aguacate, leguminosas, aromáticas y hortalizas.	Aromáticas, coliflor, brócoli, espinaca, acelga, papa, pastos.	Brócoli, coliflor, repollo, acelga, espinaca, lechuga, papa, zanahoria, plantas aromáticas y frutas.
Producción promedio asociado	50 kg semanal.	50 kg semanal.	50 kg semanal.	50 kg semanal.	50 kg semanal.	50 kg semanal.	50 kg semanal.
Dificultades	Comercialización, adquisición de las materias primas, transporte y distribución.	Adquisición de materias primas, transformación, transporte y distribución.	Adquisición de materias primas, acopio y almacenamiento, transporte, distribución y comercialización.	Comercialización, transformación y adquisición de materias primas.	Adquisición de materias primas, producción, comercialización, acopio y almacenamiento.	Transporte y distribución, acopio, almacenamiento y adquisición de materias primas.	Adquisición de materias primas, producción, comercialización y transformación.
Mercado	Local, regional.	Nacional.	Local.	Local.	Regional.	Local, regional.	Nacional.
Solicitud de clientes	Mayor diversidad de productos, mejor calidad e incremento de la frecuencia de venta.	Mayor diversidad de productos, más frecuencia de venta y mejor calidad y precio.	Mayor diversidad de productos y mejor calidad y precio.	Mejorar la calidad.	Mejorar calidad y diversidad de productos.	Mejorar la calidad, el precio, la frecuencia de venta y la diversidad.	Mayor diversidad, frecuencia y mejor calidad y presentación.
Idea seleccionada	Bocadillo 30 g.	Conservas de hortalizas 250 g.	Conservas de hortalizas 250 g.	Mermelada de fresa 300 g.	Salsa de tomate 500 g.	Conservas de hortalizas 250 g.	Productos cuarta gama 250 g.
Calificación idea	67	57	48	49	59	74	57
Precio estimado del producto-idea en el mercado	\$ 1.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 12.000	\$ 10.000	\$ 5.000

Fuente: Elaboración propia

Etapa 2. **Identificación de idea de negocio.** Gracias a la aplicación de las herramientas propuestas en cada organización, se identificaron varias ideas encaminadas a la elaboración de productos. Esas ideas fueron discutidas de forma general y se determinó su viabilidad teniendo en cuenta los recursos existentes (figura 12). Se

priorizaron entre dos y tres ideas para continuar con la herramienta de filtro de impacto, para evaluar cada propuesta desde los componentes económico, social y ambiental (tabla 4). Los resultados y la propuesta seleccionada por asociación se presentan en la tabla 8.



Figura 12. Aplicación de la metodología EPCP adaptada con los miembros de La Tulpa, en La Florida. Foto: Universidad de Nariño

Tabla 8. Resultados de la lluvia de ideas y el filtro de impacto

Asociación	Ideas identificadas (lluvia de ideas)	Ideas seleccionadas	Calificación (filtro de impacto)
La Tulpa, núcleo Consacá	1. Elaboración de dulces, mermeladas, pulpas y conservas.	Bocadillo.	67
	2. Aromáticas deshidratadas.		
	3. Elaboración de condimentos.	Mermelada de fruta de temporada.	62
	4. Harinas: zapallo, plátano, poroto, cidra, arracacha, yuca.	Deshidratación de plantas aromáticas.	56
	5. Vino de naranja.		
	6. Mermelada en envases ecológicos.		
	7. Productos empacados al vacío, cuarta gama y encurtidos.		
	8. Extractos, aceites esenciales.		

Asociación	Ideas identificadas (lluvia de ideas)	Ideas seleccionadas	Calificación (filtro de impacto)
Asociación Agroambiental Corazón de María	9. Elaboración de conservas y enlatados.	Conservas de hortalizas.	57
	10. Mejorar el empaque para transporte a granel de los productos.	Deshidratación de plantas aromáticas.	54
	11. Elaboración de hierbas aromáticas.	Mejorar el transporte.	42
	12. Mejorar la presentación del brócoli y la coliflor.		
	13. Empaques biodegradables, alternos al plástico.		
ANUC	14. Productos deshidratados para la elaboración de aromáticas y condimentos.	Conservas de hortalizas.	74
	15. Elaboración de aceites y jarabes a partir de plantas aromáticas.	Deshidratación de plantas aromáticas.	67
	16. Conservas de hortalizas y ají.	Compotas de frutas.	45
	17. Compotas de frutas.		
18. Mejorar el empaque de los productos para reconocimiento de la asociación.			
Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas	19. Champú a base de hortalizas.	Conservas de hortalizas.	48
	20. Crema con aromáticas.	Champú con plantas aromáticas.	43
	21. Transformación de hortalizas, conservas (habas, calabaza, zanahoria, coliflor, brócoli, remolacha).		
	22. Mejorar los empaques de las hortalizas.	Deshidratación de plantas aromáticas.	41
23. Deshidratación de aromáticas.			
Coophsur	24. Elaboración de ensaladas de brócoli (troncos y tallos).	Productos cuarta gama.	57
	25. Mezcla de lechugas <i>gourmet</i> .		
	26. Productos cuarta gama cortados.		
	27. Productos listos para consumo.		
28. Aprovechamiento de los productos de calidad no comercial.			
La Tulpa, núcleo La Florida	29. Salsa de tomate.	Salsa de tomate.	59
	30. Elaboración de dulces y mermeladas.	Presentación de café molido.	46
	31. Productos a base de zapallo.		
	32. Conservación del aroma y el sabor en el café.	Mermeladas y dulces.	29
	33. Elaboración de postres a partir de cítricos.		
	34. Elaboración de productos a partir del apio, la arracacha, la yuca y la cidra.		

Asociación	Ideas identificadas (lluvia de ideas)	Ideas seleccionadas	Calificación (filtro de impacto)
Asociación Frescuy	35. Mermelada de fresa. 36. Elaboración de postres. 37. Fresas con crema. 38. Elaboración de yogurt. 39. Encurtidos. 40. Vino y bebidas fermentadas. 41. Apoyo en transporte y comercialización.	Mermelada de fresa.	49
		Yogurt de fresa.	35

Fuente: Elaboración propia

Etapas 3. Evaluación de las potencialidades de la innovación y oportunidades de mercado. Después de identificar las ideas o alternativas de poscosecha en cada una de las asociaciones, se realizó un análisis FODA para determinar, de manera participativa, las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas potenciales de cada innovación.

Este ejercicio proporcionó una primera información potencial del mercado y de la viabilidad de las innovaciones propuestas. Para este análisis, se llevaron a cabo pruebas piloto con los productos seleccionados por organización, para explorar previamente su aceptación en la comunidad (figura 13).



Figura 13. Taller de elaboración de productos en la Asociación Agroambiental Corazón de María, corregimiento de Gualmatán, Pasto.

Foto: Universidad de Nariño

Debido a que las asociaciones tienen similitudes en su participación en el mercado y en la forma de agricultura, se presenta un FODA unificado, y se resaltan en algunos

casos las diferencias que presenta cada asociación. En la tabla 9, se evidencian los resultados de la aplicación de la matriz FODA con las preguntas orientadoras.

Tabla 9. Resultados de la matriz FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proceso de transición agroecológica. ▪ Comercialización con productos artesanales. ▪ Diversidad agroecológica. ▪ Acceso a un punto de venta (La Tulpa). ▪ Disponibilidad de materia prima por temporada. ▪ Proceso de capacitación de apropiación digital. ▪ Acceso a mercados locales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Logística de comercialización. ▪ Dependencia de intermediarios para el transporte de productos. ▪ Falta de maquinaria e infraestructura. ▪ Escaso valor agregado de los productos que se comercializan. ▪ Procesos ineficientes de mercadeo. ▪ Baja apropiación digital. ▪ Dependencia de los productos de temporada. ▪ Individualismo dentro de la organización. ▪ Falta de compromiso de los miembros de la organización. ▪ Baja liquidez en la asociación.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tendencias de consumo (productos libres de conservantes y químicos, artesanales, agroecológicos). ▪ Demanda de productos frescos, naturales, de fácil acceso y consumo. ▪ Acceso a proyectos. ▪ Acceso a nichos de mercado especializados. ▪ Diversidad de cultivos. ▪ Reconocimiento de la asociación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desastres naturales (amenaza volcánica, cambio climático). ▪ Precio de la producción tradicional. ▪ Costos de los insumos, fertilizantes. ▪ Paros agrarios, influencias políticas. ▪ Pandemias. ▪ Contrabando de productos. ▪ Vías en mal estado. ▪ Transporte limitado para la salida del producto. ▪ Escasas políticas agrarias para pequeños productores.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la Organización de Productores Orgánicos La Tulpa, en los núcleos Conzacá y La Florida, se resalta que una de sus fortalezas es que cuenta con un punto de venta en Pasto, donde comercializa productos frescos y procesados, gracias a que la organización se ha venido fortaleciendo y capacitando en la elaboración de productos. En la actualidad, cuenta con una planta de transformación ubicada en el corregimiento de Gualmatán, Pasto.

Así, después de identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de

las organizaciones participantes, se realizaron algunas estrategias cruzando los factores internos y externos de la matriz (tabla 10), que servirán como insumo para la elaboración del plan de negocios. Con esto, se identificó que las estrategias FO son aquellas que se requieren para aprovechar las oportunidades; las estrategias FA sirven para evitar las amenazas; las estrategias DO ayudan a superar las debilidades aprovechando las oportunidades, y las estrategias DA permiten minimizar las debilidades y evitar las amenazas.

Tabla 10. Resultados de la matriz FODA cruzada

Factores internos Factores externos	Fortalezas	Debilidades
		Proceso de transición agroecológica. Comercialización con productos artesanales.
Oportunidades	Estrategias FO	Estrategias DO
Tendencias de consumo. Demanda de productos frescos.	Ofrecer productos elaborados con materias primas cultivadas de forma agroecológica. Satisfacer la demanda potencial con productos elaborados de manera artesanal y amigable con el ambiente.	Generar valor agregado a través de la elaboración de productos saludables. Implementar estrategias de mercadeo para satisfacer la demanda de productos.
Amenazas	Estrategias FA	Estrategias DA
Precios de la producción tradicional. Contrabando de productos.	Ofertar productos con precios que reflejen sus características distintivas. Fomentar el consumo local de productos frescos y elaborados de forma artesanal.	Mitigar los costos de producción con las utilidades generadas con la agregación de valor. Plantear estrategias de comunicación que reflejen las ventajas y cualidades de los productos locales.

Fuente: Elaboración propia

Con la metodología EPCP adaptada, se trabajó con los participantes de cada asociación el desarrollo de un concepto de mercadeo, el cual requiere un trabajo que combine de manera coherente características valiosas para un grupo específico de consumidores. Dichas características deben comunicar efectivamente el diseño

global del producto, considerando aspectos como el propósito del producto, por qué es diferente y mejor que otros productos, y quién debe consumirlo (Bernet et al., 2010). Para ello, se aplicó la herramienta de “grupos focales”, cuyos resultados por asociación e idea seleccionada se presentan a continuación.

Percepciones generales

En cuanto a las percepciones generales de los productos, los participantes de los grupos focales como consumidores potenciales mencionan que los productos, si los consumen, los compran por ser naturales y saludables, ya que se elaboran, a diferencia

de otros, de forma artesanal y con materias primas e insumos agroecológicos. Los compran generalmente por gusto, necesidad o como parte de la canasta familiar; en el caso del bocadillo, lo compran cuando se realiza alguna actividad física. Respecto a

la frecuencia de compra, esta es ocasional o, en algunos casos, semanal, quincenal o mensual, de forma individual o como parte de la canasta familiar, y los miembros del hogar, independientemente de la edad, son los consumidores de los productos. En el

caso de las conservas de hortalizas, como los encurtidos, debido a que son poco comercializadas en la región, su consumo es ocasional; sin embargo, resaltan el tiempo de vida útil y su forma de consumo, pues están listas para servir (tabla 11).

Tabla 11. Resultados de los grupos focales

Producto	Presentación	Precio	Asociaciones
Bocadillo	Porción individual de 30 g.	De \$500 a \$1.000.	La Tulpa, núcleo Consacá.
Conserva de hortalizas	Frasco de vidrio con tapa metálica de 250 g.	De \$5.000 a \$10.000.	Asociación Agroambiental Corazón de María ANUC Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas
Verduras cuarta gama	Bolsa perforada de 250 g.	Alrededor de \$5.000.	Coophsur
Salsa de tomate	Botella de vidrio con tapa metálica de 500 g.	De \$10.000 a \$12.000.	La Tulpa, núcleo La Florida
Mermelada	Frasco de vidrio con tapa metálica de 300 g.	De \$5.000 a \$10.000.	Asociación Frescuy

Fuente: Elaboración propia

Percepciones visuales

Al observar los productos (como una porción personal de bocadillo en empaque plástico) que tienen una disminución en el porcentaje de azúcar y que no presentan conservantes en su proceso de elaboración, los participantes manifiestan que fueron elaborados de manera adecuada. Sin embargo, no es apropiado el tamaño de la porción ni el empaque, que al ser de plástico no permite reflejar las ventajas del producto, que debe resaltar la producción agroecológica. Por ende, se debe mejorar el empaque individual y buscar así

una relación amigable con el ambiente, que pueda comercializarse en tiendas especializadas y ferias (figura 14).

Por su parte, las conservas de hortalizas son un producto que llama la atención visual por su diversidad de colores, y se elaboran con una mezcla de hortalizas conservadas en una solución de agua con vinagre. Su envase, un frasco de vidrio, y la cantidad se consideran adecuadas. Primero, porque el frasco permite observar las características propias del producto, las hortalizas con colores vibrantes y textura firme, y segundo,

porque es una porción que se puede consumir una sola vez; estas características las diferencian de otros productos similares. Su empaque se puede mejorar haciendo énfasis en su presentación a las raíces o a la cultura de la región, además de agregar especias condimentarias que mejoran el sabor y la imagen visual del producto.

De los productos cuarta gama, una mezcla de verduras cortadas y empacadas en bolsas perforadas, los participantes opinan que están listos para preparar, son de fácil acceso y tienen una cantidad adecuada. Su presentación y etiquetado reflejan las ventajas del producto, y se distinguen de los demás por su forma de elaboración y utilización de materias primas cultivadas de forma agroecológica. Respecto al empaque, este se puede remplazar por uno más amigable con el medio ambiente y adecuado para el producto.

La salsa de tomate es un producto que llama la atención por su color y consistencia. Viene empacada en un frasco de tamaño familiar que refleja sus características: ser elaborada con tomates de un cultivo orgánico, sin conservantes ni colorantes añadidos; esto la distingue de otros productos similares. Como alternativa de mejora, se sugiere diversidad en tamaños de presentación y el uso de empaques amigables con el ambiente.

El último producto, la mermelada, en particular de fresa, les llama la atención a los participantes por su color, consistencia y por la presencia de trozos de fruta. El envase permite observar el producto, además de mostrar sus características, y su cantidad es adecuada. Podría mejorarse la presentación con imágenes alusivas a la región en el diseño y el etiquetado.



Figura 14. Productos elaborados en las asociaciones de productores.
Foto: Universidad de Nariño

Opciones de mercado

Los participantes de los grupos focales mencionaron que los productos deberían venderse en tiendas especializadas y supermercados; que podrían exhibirse en las cajas registradoras, para que sea una compra por impulso, o en las secciones para cada tipo de producto en un estand que esté a la altura de la vista del comprador, en empaques individuales o presentaciones con diferentes cantidades, según el gusto y consumo, y que sean amigables con el ambiente. Se pueden vender por docena o manejando embalajes de varias

unidades en las que se resalten las características y los beneficios del producto. Dicha presentación puede ser una estrategia de promoción. Asimismo, se pueden ofrecer degustaciones del producto, venderlo con otros productos complementarios, aumentar las unidades por paquetes, ofrecer porcentajes de descuentos o promociones, como pagar lo mismo por una mayor cantidad, pagar doce y llevar trece, entre otros; estos son aspectos que podrían estimular las ventas.

Conclusiones

1. La aplicación de la metodología EPCP hace que la comunidad reflexione sobre aquello que le resulta urgente para generar soluciones de manera autogestionada.
2. La mayoría de los agricultores de las asociaciones que participaron en la metodología EPCP tienen problemas de comercialización y distribución de sus productos, debido a la falta de intermediación y logística de transporte, principalmente.
3. A través de la metodología EPCP adaptada de forma participativa, se identificaron cinco ideas de negocio que pueden implementarse en alguna de las asociaciones beneficiarias del proyecto.
4. Con la aplicación de las diferentes herramientas de la metodología EPCP adaptada, se identificaron los factores que afectan el desempeño de las organizaciones, desde una perspectiva grupal.
5. Se observó que con la asociatividad se genera un crecimiento económico a través de la comercialización de los productos generados en las unidades de agricultura campesina, lo cual permite obtener un valor agregado al aumentar los ingresos económicos de las familias y, por ende, de los municipios donde se encuentran las asociaciones.

Referencias

- Acevedo-Osorio, Á., & Schneider, S. (2020). Agricultura campesina, familiar y comunitaria: una perspectiva renovada del campesinado para la construcción de paz en Colombia. *Luna Azul*, (50), 132-155. <https://doi.org/10.17151/luaz.2020.50.7>
- Antezana, I., Bernet, T., López, G., & Oros, R. (Eds.). (2008). *Enfoque participativo en cadenas productivas (EPCP). Guía para capacitadores*. Centro Internacional de la Papa.
- Bernet, T., Thiele, G., Zschocke, T., López, G., Velasco, C., & Devaux, A. (Eds.). (2010). *Enfoque participativo en cadenas productivas (EPCP). Manual del usuario*. Centro Internacional de la Papa.
- Castro Rojas, J. D., & Londoño Londoño, J. S. (2022). *Diseño de estrategias para promover la asociatividad en pequeños productores apícolas del municipio de San Pedro de los Milagros – Antioquia* [Trabajo de especialización, Unilasallista Corporación Universitaria]. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/3372>
- Contreras, A. A., Hurtado Escoto, B. E., Martínez Aguirre, C. R., Pérez Mora, H. A., & Cruz Vázquez, J. A. (2020). Metodologías participativas: propuesta para la promoción del desarrollo comunitario. El caso del centro comunitario “La Colmena” Miramar. *IXAYA*, 10(19), 151-173.
- Ordinola, M., Bernet, T., Portillo, Z., & Alva, M. E. (Eds.). (2007). *Promoviendo innovaciones con los actores de la cadena y revalorizar la biodiversidad de la papa. El desarrollo y aplicación del Enfoque Participativo de Cadenas Productivas (EPCP) en el Perú*. Centro Internacional de la Papa.
- Thiele, G., & Bernet, T. (Eds.). (2005). *Conceptos, pautas y herramientas. Enfoque participativo en cadenas productivas y plataformas de concertación*. Centro Internacional de la Papa (CIP); Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP).
- Pendón, M. M., Williams, E., Cibeira, N., & Castroman, A. (2014). Metodologías de análisis de cadenas productivas con enfoque participativo y de cadena de valor: análisis comparativo. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, 2(3), 133-149. <https://doi.org/10.5380/relainep.v2i3.38421>
- Yumisaca, F., Aucancela, R., Haro, F., Pérez, C., & Andrade Piedra, J. L. (2009). Encontrando soluciones sostenibles con pequeños productores de papa a través de investigación participativa en la sierra centro de Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 86-89. <https://doi.org/10.37066/ralap.v15i1.160>

Capítulo 4. La cultura digital en el campo como una oportunidad para innovar y mantenerse en el mercado

Gelber Orlando Morán Silva, Katherin Torres Eraso,
Alejandra Cabrera Moncayo

Introducción

El impacto del Covid-19 en el sistema agroalimentario en época de pospandemia, principalmente en poscosecha cuando los y las productoras deben sortear la crisis climática, se suma a una nueva tarea de percibir mayores ganancias a través de la comercialización directa o a una comunicación más horizontal con el interesado en los productos de la tierra nariñense.

La ejecución del proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del Covid-19, en la subregión centro del departamento de Nariño” contó con la participación de ParqueSoft Nariño de Colombia, una fundación privada que se creó en 2003. Durante 19 años de experiencia, la fundación ha evidenciado que el buen uso de la tecnología ayuda a que los emprendimientos, las empresas y los grupos organizados, como las asociaciones, sean más productivos, lleguen a nuevos mercados y ganen autonomía digital.

El presente trabajo se enfocó en desarrollar un piloto para el establecimiento de un ecosistema digital, para la comercialización de los productos de la agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC),

junto con un proceso de apropiación tecnológica y una mentalidad digital para los agricultores. De esta manera, para entender lo anterior, en este capítulo se comenzará hablando de apropiación digital, y de los desafíos y retos que sortearon las comunidades para llegar a espacios digitales en términos de empoderamiento.

Nuestra experiencia con las comunidades campesinas en la ejecución del presente proyecto nos permitió conocer de qué manera estas comunidades lograron estar más cerca de la tecnología, siendo esta última una alternativa para que, a través de redes sociales y de manera empírica en época de pandemia, sus productos estuvieran en circulación para cumplir con las necesidades mínimas; entre ellas se destaca la capacitación en tecnología y marketing digital. En este caso, fue necesario un proceso de capacitación para saber cómo aprovechar al máximo las herramientas tecnológicas, como dispositivos móviles, redes sociales y páginas web; asimismo, la creación de contenido atractivo, la gestión de perfiles en línea y la comprensión de las mejores prácticas de marketing digital, la promoción y la visibilidad mediante estrategias de visibilidad (figura 15).



Figura 15. Proceso de apropiación tecnológica llevado a cabo con la Asociación Nacional de Usuarios Campesinos (ANUC), en el municipio de Guachucal, Nariño.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Así, pues, es importante conocer el panorama de lo que significó para los y las campesinas enfrentarse a un confinamiento y las implicaciones que esto trajo, considerando el bajo acceso a la tecnología que tienen.

Para tener un panorama del contexto nacional, un estudio publicado anualmente por la empresa *We are Social* evalúa la situación digital de Colombia en el periodo 2021-2022 (Kemp, 2022). El autor menciona que el 69,1% de la población tiene acceso al servicio de internet. Por su parte, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) de Colombia indicó que en 2021 hubo 38 millones de accesos a internet móvil, sobre 8,4 millones de internet fijo. Esa masificación se dio en la época de pandemia y, con esta, el acceso a celulares inteligentes aumentó. Con estos teléfonos, a través de planes de celular ofrecidos por diferentes operadores, podían tener acceso

a la información (Vanguardia, 2022). Un ejemplo de esto se presenta con las asociaciones campesinas, las cuales usaban muy poco la tecnología como forma habitual de movilizar su negocio. Con la llegada de la pandemia, se masificó el acceso a celulares y, con ello, a planes de telefonía celular, los cuales debían desafiar la cobertura de la zona rural porque no había suficientes antenas de internet en los paisajes o porque las montañas no permitían que la señal fuera estable o de buena calidad. Esos celulares que se adquirieron en ese momento no estaban destinados directamente a las asociaciones, sino a las necesidades del contexto; es decir, a la comunicación con sus familiares y la educación de los niños y jóvenes.

En la figura 16, se presenta el esquema metodológico implementado en el proceso de apropiación tecnológica.

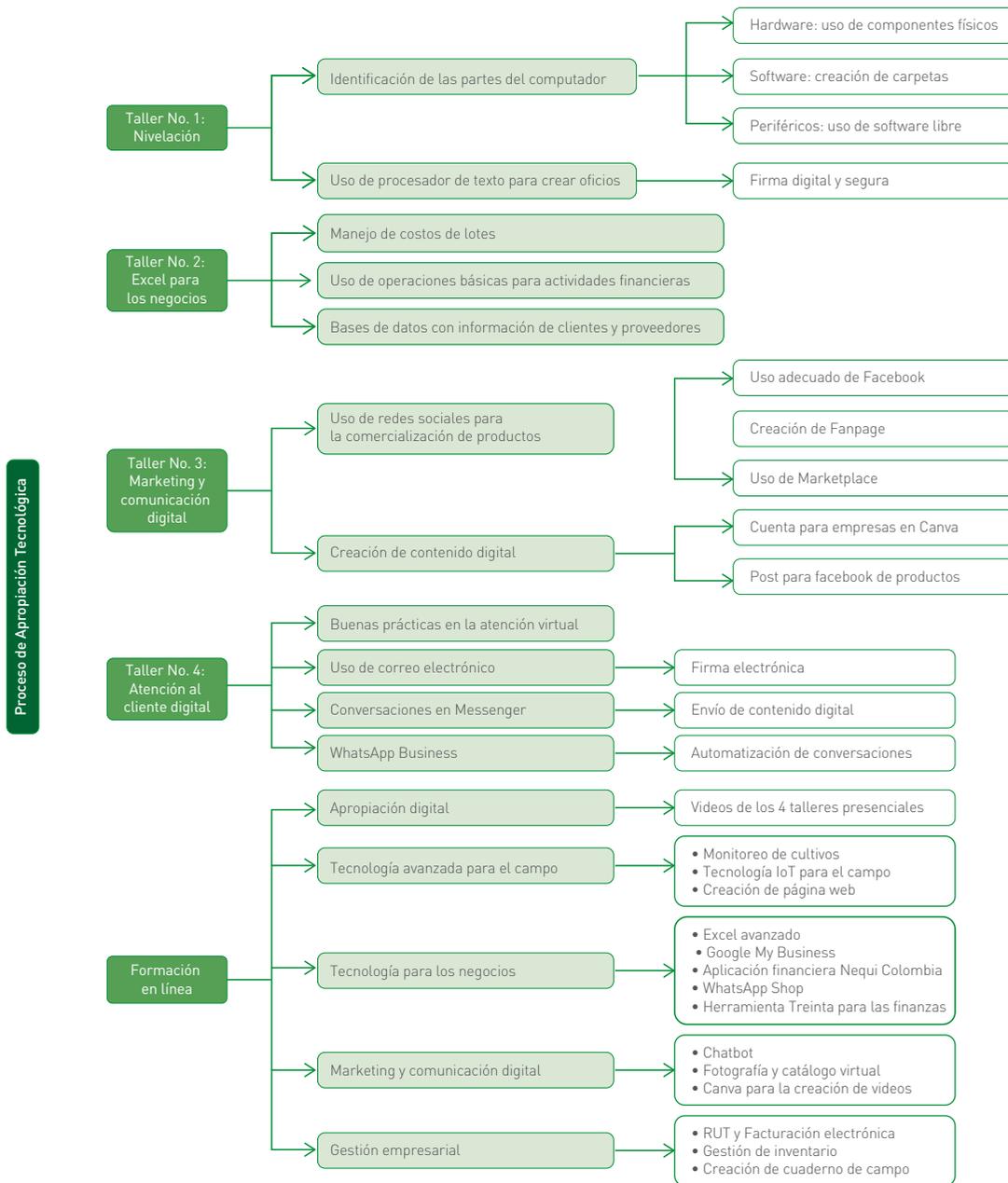


Figura 16. Esquema metodológico implementado en el proceso de apropiación tecnológica.

Nota: El proceso de apropiación tecnológica se llevó a cabo con las organizaciones de productores vinculadas al proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Preparación antes del encuentro con la comunidad

Para salir a campo, el equipo de apropiación digital de ParqueSoft Nariño estructuró un plan de formación, con metodología y estrategia pedagógica, para adelantar el fortalecimiento de las capacidades de los productores vinculados al proyecto. Dicho instrumento ha sido reflexionado, evaluado y reestructurado de acuerdo con las necesidades del contexto y los niveles de digitalización de las asociaciones durante la ejecución del proyecto.

Los encuentros se llevaron a cabo en los talleres prácticos, los cuales permitieron un aprendizaje significativo en la praxis. Para esto, en la etapa de sensibilización se exploraron con las comunidades todas las alternativas que brindan los celulares. Lo anterior permite plantear qué tanto éxito puede tener la idea de reunir en un solo

dispositivo todas las funciones de contacto, comunicación, aprendizaje, monitoreo y comercialización; un dispositivo que, además, cabe perfectamente en un bolsillo y es de fácil acceso y manejo. El éxito del *smartphone* ha sido inminente, y grandes cambios en la vida cotidiana se han impulsado gracias a estos teléfonos inteligentes. El campo no ha sido ajeno a esta evolución tecnológica, pues es asequible para cualquier persona. Un gran porcentaje de los y las productoras tiene un teléfono móvil, lo que representa el primer acercamiento que tiene esta población a la transformación digital. Con esta familiarización de pantalla y teclado, se inició el proceso de inmersión en la tecnología a través de portátiles, lo que más adelante llamaremos Aula Móvil Parque Crea (figura 17).



Figura 17. Fotografía de Aura Velásquez, de la ANUC, municipio de Guachucal, Nariño.
Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Encuentro de nivelación, desafíos y resultados

El proceso educativo en zonas rurales debe ser analizado desde distintos aspectos sociales, puesto que existe una distancia cultural entre las familias campesinas y el sistema educativo de Colombia. Cabe resaltar que el acercamiento tecnológico es todavía más difícil en estos sectores, de ahí que el reto surja desde la apropiación.

El taller de nivelación se planteó teniendo en cuenta las temáticas esenciales en los primeros pasos para el uso adecuado del computador, con el fin de que los productores contaran con las bases necesarias para generar una curva en el aprendizaje y empoderamiento de herramientas tecnológicas. En un mundo cada vez más tecnológico, es fundamental que los agricultores adquieran habilidades digitales que les permitan hacer un uso eficiente de las herramientas y soluciones tecnológicas disponibles. Teniendo en cuenta lo anterior, la capacitación en nivelación tecnológica estuvo enfocada en brindar el conocimiento necesario para utilizar computadoras, navegar por internet, acceder a aplicaciones y herramientas especializadas, gestionar

datos y utilizar dispositivos tecnológicos en el campo.

La capacitación en nivelación tecnológica contribuye a cerrar la brecha digital en el sector agrícola, permite que los agricultores accedan a recursos y herramientas que antes eran exclusivos de nuevas generaciones, lo cual fomenta la equidad, la inclusión y la autonomía digital. Asimismo, al fortalecer las competencias digitales de los agricultores, se promueve su empoderamiento y se les dota de herramientas para tomar decisiones informadas y enfrentar los desafíos del mercado actual.

El primer taller permitió a las distintas asociaciones adquirir los conocimientos básicos en el uso de los computadores y sus dispositivos de entrada y salida de información. El primer acercamiento fue clave para hacer de esta herramienta su aliada en el proceso de transformación digital, y esto llevó a cada participante a un nivel básico y para luego avanzar en otras habilidades digitales. A continuación, se describe la secuencia didáctica generada para el plan de formación.

Tabla 12. Plan de formación implementado en los talleres de nivelación.

Sesión	Actividad	Objetivo	Descripción	Recursos
Taller 1. Nivelación.	Partes del computador.	Comprender la estructura y el funcionamiento del equipo; reconocer los componentes y su importancia, identificar cómo encenderlo y las buenas prácticas en la carga de los equipos.	Encontrar las diferencias entre las dos imágenes, en las cuales, además del computador, se observan otros dispositivos, como audífonos, reproductor Mp3 y una tableta.	Presentación.

	Monitor.	Capacitar a los agricultores en el uso básico del monitor, como navegar por diferentes ventanas y aplicaciones, hacer clic en enlaces y botones, y desplazarse por el contenido en pantalla.	Dibujar lo que nos imaginamos que va a aparecer en la pantalla cuando se prende el equipo.	Libretas. Marcadores.
	Mouse.	Dominar el manejo del <i>mouse</i> para navegar; interactuar con el equipo y acceder a herramientas haciendo clic izquierdo y derecho de manera adecuada.	¿Qué es? ¿Para qué sirve? Mover el <i>mouse</i> por las partes de la imagen, dirigirlo a la casa, el sol, la piedra, la reja y el río.	Computador.
	Juego para el uso del <i>mouse</i> .	Capacitar a los agricultores en el uso del <i>mouse</i> mediante actividades lúdicas.	Dar las instrucciones claras, indicar cómo funciona el juego.	Instalar juego para el manejo del <i>mouse</i> .
	Teclado.	Utilizar todas las teclas alfanuméricas, numéricas, de función, de control y especiales para una interacción efectiva con las herramientas.	Identificar las partes del teclado, el orden de las letras, números, signos de puntuación y combinaciones claves para su uso adecuado.	Instalar juego para el manejo del teclado.
	Barra de tareas.	Familiarizarse con el sistema operativo, la barra de tareas y el acceso a programas mediante el cursor y clics.	Uso de imágenes que permitan la asociación con las aplicaciones de la barra de herramientas.	Asociación de imágenes.
	Botón de inicio.	Explorar las diversas funciones y características del botón de inicio, como el acceso rápido a aplicaciones, la búsqueda de archivos y el apagado del sistema.	Identificar en la barra de tareas el botón de inicio, que les permitirá apagar su equipo y acceder a herramientas y configuraciones.	Buscar recursos y apagar equipo.
	Creación de carpetas.	Aprender a generar carpetas en el explorador de archivos para organizar y guardar información de manera eficiente.	Imagen de separado o combinado para identificar la importancia de las carpetas. Creación de árbol de carpetas - hoja y marcadores.	Hoja y marcador.

	Acceso a Word.	Utilizar Microsoft Word para redactar, editar y dar formato a documentos, y así fortalecer habilidades de lectura, escritura y ortografía.	Actividad desconectada: escribir una carta de solicitud de espacios en papel y lápiz, para después hacer la transcripción en Word.	Hoja y marcador
	Firma digital.	Comprender el concepto y la relevancia de la firma digital en la era digital para garantizar la autenticidad, integridad y no repudiación de los documentos.	Imagen de una firma de ejemplo en el escritorio. Acceder a Acrobat Reader y realizar el ejercicio práctico.	Ejemplo de firma.

La comunidad se mostró atenta y colaboradora con el desarrollo de la secuencia, y valoró esos espacios educativos. Al comenzar las clases, los participantes compartían sus expectativas con el taller y señalaban la importancia de conocer el manejo del computador y los dispositivos móviles para estar conectados con sus clientes y ganar autonomía digital.

Otro aspecto importante es la enseñanza a productores y productoras de las asociaciones casi a nivel personalizado, ya que las jornadas de capacitación se realizaban con grupos reducidos de miembros que contaban con el acompañamiento de

tres licenciados en informática y dos ingenieros de sistemas. Además, había líderes digitales dentro de la asociación, personas con estudios de bachillerato o técnicos que asumían también el rol de tutores dentro del aula. Esta práctica de enseñanza personalizada y de andamiaje entre generaciones permitió que todos avanzaran al mismo ritmo y que se resolvieran las dudas que se iban presentando en el proceso. Lo anterior facilitó la labor del docente líder y permitió cumplir con el proceso enseñanza-aprendizaje y con el desarrollo de la temática en el tiempo estipulado

Ambiente de capacitación: la capacidad tecnológica de los territorios

La mayoría de las comunidades que fueron beneficiarias del proyecto en mención no contaban con los mínimos requerimientos técnicos que se necesitaban para iniciar el proceso de apropiación digital y tecnológica. Por esta razón, desde ParqueSoft Nariño se pensó en una alternativa para realizar dicho proceso: construir un escenario que presente un ambiente real de aprendizaje, que esté diseñado para favorecer de manera intencionada las interacciones necesarias de aprendizaje. Esto implica la

organización del espacio, la disposición, el manejo del tiempo y la distribución de los recursos, puesto que el entorno que rodea al participante en el contexto áulico es esencial; es importante centrarse no solo en el alumno, sino también en el contenido que este observa.

Por esto, la interacción con el ambiente desarrollará una interacción significativa con el estudiante. De esta manera, y enfocados en solventar esta necesidad, se creó un ambiente de aprendizaje móvil, el cual

contó con elementos suficientes, con los mínimos requerimientos para el proceso de apropiación digital y tecnológica. A este

ambiente se le dio el nombre de Aula Móvil Parque Crea (figura 18).



Figura 18. Fotografía de Miller Matabanchoy, de la Asociación La Tulpa, en el municipio de La Florida, 23 de abril de 2022.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Es así como desde ParqueSoft Nariño se le apuesta a una transformación digital y de saberes para el campo, que no solo se concentre en el mejoramiento, la permanencia, la pertinencia y la calidad de sus productos, sino también en minimizar o, de ser posible, desaparecer las diferencias con la contraparte urbana. Todo esto por medio del acceso a una educación basada en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que le permita al agricultor colombiano ser un ciudadano del nuevo mundo rural, que convive y participa, que tiene visión respecto a otras instituciones económicas y otros actores sociales; que hace parte de la modernidad y sabe usar las TIC, las integra a sus acciones y a su rol como un empresario del campo, las

involucra en la toma de decisiones con información, criterio y capacidad analítica, y que tiene la convicción de que debe generar los mejores productos, dar a conocer ese valor agregado de sus cultivos y estar en constante innovación.

Lo anterior permite tener una primera conclusión de este trabajo: una de las razones por las cuales el campesino valora y se vincula a este tipo de procesos educativos es porque no cuenta con las herramientas económicas ni de asistencia técnica suficientes para involucrarse totalmente en el proceso de innovación tecnológica que atraviesa el mundo entero; tampoco cuentan con el conocimiento necesario debido a la falta de procesos educativos y al acceso a internet en zonas rurales (figura 19).



Figura 19. Fotografía de Oliva Colimba y María Tatalcha, de la ANUC, en el municipio de Guachucal, 28 de abril de 2022.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Los ejes temáticos del Aula Móvil Parque Crea ayudaron a que los productores comprendieran aspectos como: a) en qué medida la tecnología aporta a las capacidades de las organizaciones; b) ¿qué es el marketing digital y cómo definirlo con la comunidad?; c) cómo diferenciar los productos en el mercado?, y d) el cliente digital, sus cuidados y atención.

La tecnología aporta a las capacidades de organización. En el segundo encuentro con las comunidades se realizó un acercamiento a Microsoft Excel, partiendo de un interrogante: ¿cómo hacemos las cuentas de la producción? Por lo general, las respuestas eran muy rápidas, prácticamente tenían las cuentas en mente. Este fue un paso importante para hablar con las comunidades de la necesidad de tener las cuentas claras y, sobre todo, de llevar trazabilidad en las

finanzas de las asociaciones. Por lo tanto, el objetivo de la sesión de aprendizaje se desarrolló en un escenario real de organización donde se contemplaron los gastos y las actividades estratégicas en los cultivos de inicio a fin, haciendo uso del software y, por ende, de la tecnología.

Acercarse al marketing y definirlo con la comunidad. En el tercer encuentro, el desafío que permitió desarrollar esta sesión fue pensar de manera colectiva cómo mejorar la venta de los productos de la tierra. De ahí surgieron tres conclusiones poderosas: la primera está relacionada con el producto, brindar uno que sea único desde el momento cero, con buenas prácticas desde el cultivo; el segundo tiene que ver con la necesidad; es decir, conocer quién lo necesita. Esto se hizo a partir de la premisa: “todos necesitan alimentarse”, y para que, de

acuerdo con la particularidad, se hable de beneficios. Lo anterior le da valor a los productos que salen de la tierra nariñense y prepara a los participantes para que creen contenido para las plataformas sociales y digitales.

¿Cómo la comunidad diferencia sus productos en el mercado? Los y las agricultoras describieron lo robustos, sanos y definidos que son sus productos. Los costales característicos que los distinguen en el ambiente de mercado saltan a la vista en las plazas. Además, han ido construyendo una marca con reputación orgánica, haciendo uso de la estrategia del “boca a boca”. De ahí surgió la necesidad de hablar de la importancia de la marca. Con la participación de las asociaciones y la orientación del equipo de trabajo de ParqueSoft Nariño se trabajó en la adaptación, el rediseño y la creación de logos, de acuerdo

con las necesidades de las asociaciones y su mercado objetivo. Con esto se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 20.

El cliente digital, sus cuidados y su atención. Es evidente que los tiempos cambian y, por ende, también la manera de interactuar y de comprar. En el cuarto encuentro, se realizaron importantes reflexiones en las cuales primó la necesidad de seguir aprendiendo para mantener la lealtad (fidelización) de los clientes que tienen las asociaciones en este momento y que, al mismo tiempo, atraigan nuevas oportunidades; asimismo, para tener nuevos medios para la promoción de sus productos y de esta manera estimular su venta. Es importante conocer la experiencia de sus clientes con sus productos para así brindar satisfacción y lograr un mayor alcance que favorezca el crecimiento de la asociación.

Construcción del entorno virtual de aprendizaje

Así como la tierra necesita el pico y la pala para labrarla, el conocimiento relacionado con herramientas tecnológicas necesita un instrumento guía para tener acceso libre al conocimiento en categorías como apropiación digital, tecnología avanzada para el campo, tecnología para los negocios, marketing y comunicación digital, y gestión empresarial. Al respecto, la plataforma en línea escuela.loquedalatierra.com se convirtió en el escenario para que los y las productoras sigan una ruta de capacitación, y

tengan día a día la mejor oportunidad para aprender, teniendo en cuenta las necesidades de su contexto. Para esto, la plataforma de formación garantizará, con el tiempo, la escalabilidad, el refuerzo, la recordación y la profundización de las temáticas vistas de manera presencial. A la fecha se crearon cinco categorías de cursos y más de 30 cursos relacionados con: apropiación digital, tecnología para los negocios, tecnología avanzada para el campo, marketing y comunicación digital, y gestión empresarial.

Logo	Observación
	Rediseño de marca
	Creación de marca
	Creación de marca
	Rediseño de marca
	Rediseño de marca

Figura 20. Resultados del proceso de diseño o rediseño de los logotipos o las marcas de algunas de las asociaciones vinculadas al proyecto.

Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Entre fragmentos y relatos, historias que son testimonios de apropiación digital

En esta y en las siguientes secciones, se recopilan fragmentos y relatos que dan a conocer las historias de los y las productoras nariñenses, quienes nos permitieron conectar con los orígenes, con la simiente de los campesinos y las campesinas que se han apropiado del campo, los saberes y sus costumbres, y que ven el potencial de muchas generaciones venideras en él. Entretejer lazos con las comunidades mediante un ejercicio de aprendizaje enriquece nuestro ecosistema profesional, pues nos brinda un proceso recíproco de aprendizaje.

Hablamos de un proceso de vocación y pasión por generar oportunidades mediante el fomento del buen uso de la tecnología. Para esto, se recorrieron casi 800 km para llevar la tecnología digital a las comunidades beneficiarias del proyecto. Hubo

intercambio de conocimientos técnicos, vivenciales y de historia ancestral. Cuando mencionamos el proceso de apropiación tecnológica y mentalidad digital para los agricultores, se sembró la semilla de la apropiación digital en el campo.

Gracias a los diferentes encuentros de mentalidad tecnológica y digital, las personas que hacen parte de las asociaciones fueron partícipes de las estrategias metodológicas que buscaban brindar capacidades y habilidades en las TIC, mediante el uso de la ofimática y de las redes sociales, y el manejo de dispositivos, que se visibilizan como una alternativa de comercialización. A lo largo del proceso de adopción de nuevas tecnologías, los productores agrícolas desarrollaron sus capacidades usando herramientas que aportaron a la cadena de venta de sus productos (figura 21).

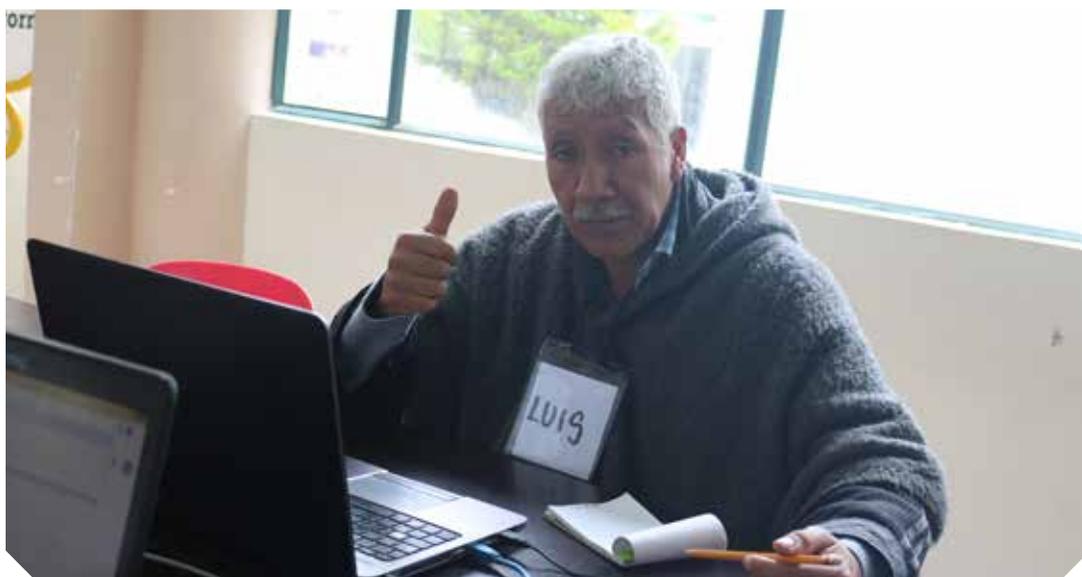


Figura 21. Fotografía de Luis Aza, de la ANUC, en Guachucal, 21 de abril de 2022.
Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Al respecto, Luis Aza, líder de la ANUC, del municipio de Guachucal, habla sobre su proceso de aprendizaje: “Al aprender sobre tecnología e innovación uno se siente como contento, la experiencia ha sido excelente tanto para vender los productos, como también para intercambiar experiencias para conocer más y más” (comunicación personal, 28 de abril de 2022).

Esas experiencias se gestan a partir de la acción de prender un computador y tomar el *mouse* para realizar pequeñas tareas; es un ejercicio participativo para el cual las asociaciones se reunían en torno a la búsqueda de alternativas de comercialización de sus productos y, por qué no, generar un crecimiento personal.

En este caso, se partió de la idea de que los miembros de las asociaciones no tenían mayor relación con la tecnología que la de maniobrar un dispositivo móvil para la comercialización de sus productos o de uso personal. De esta manera, los talleres

generaron un impacto positivo en las diferentes comunidades, en las cuales se brindó, además de bases de fortalecimiento digital, confianza y seguridad en los participantes. Estos últimos se describen a continuación, resaltando la importancia de estos en el proyecto y los sentires de las personas que vivieron esta inmersión digital.

La nivelación se realiza para reconocer la herramienta de cómputo que facilitó en los y las beneficiarios el desarrollo de procesos asociativos y de comercialización eficaces. Para esta etapa de aprendizaje, los participantes se enfrentaron a una nueva herramienta que probablemente algunos la vieron en la etapa escolar de sus hijos, o que para otros es desconocida. Con esta herramienta los ejercicios prácticos y el juego crean importantes lazos de confianza, que permiten que los participantes quieran practicar ejercicios mecanográficos, del uso del *mouse*, entre otros.



Figura 22. Fotografía de Luis Josa, de la Asociación La Tulpa, en el corregimiento del Encano, Pasto. 3 de mayo de 2022.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Luis Josa, miembro de la Asociación La Tulpa, del corregimiento del Encano (figura 22), manifiesta: “Para mí es nuevo la verdad, a pesar de que yo tengo mis hijos que son profesionales, pero no he tocado un computador, pero para mí es nuevo y gracias al curso que estamos, lo estoy aprovechando” (comunicación personal, 3 de mayo, 2022). Trabajar por el campo permite que los productores de nuestra región reconozcan la importancia de llevar a cabo proceso de apropiación digital.

Cada nivel de los diferentes encuentros fue creando en los participantes un mayor compromiso con la asistencia, y esto permitió aprovechar mejor los beneficios que se brindaban. Los cálculos de la producción y los inventarios fueron posibles gracias al uso de Excel como herramienta informática para

realizar cálculos y bases de datos a partir de la información que las asociaciones tienen. Al respecto, Jenny Nichoy (figura 23), de la Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, del corregimiento de Gualmatán, nos cuenta:

Ahorita estamos practicando en Excel, como nos enseñaron, a llevar las cuentas, todo lo que uno va comprando, los precios e incluso sumar cuanto se ha gastado, porque antes, era coger y anotar el día que se siembra y el día que se va a cosechar, no era llevar una cuenta junta. (Comunicación personal, 16 de mayo de 2022)

Son conocimientos que aportan de manera fluida y sencilla a la elaboración de reportes y a una contabilidad básica, lo cual optimiza el tiempo de trabajo y aumenta la productividad.

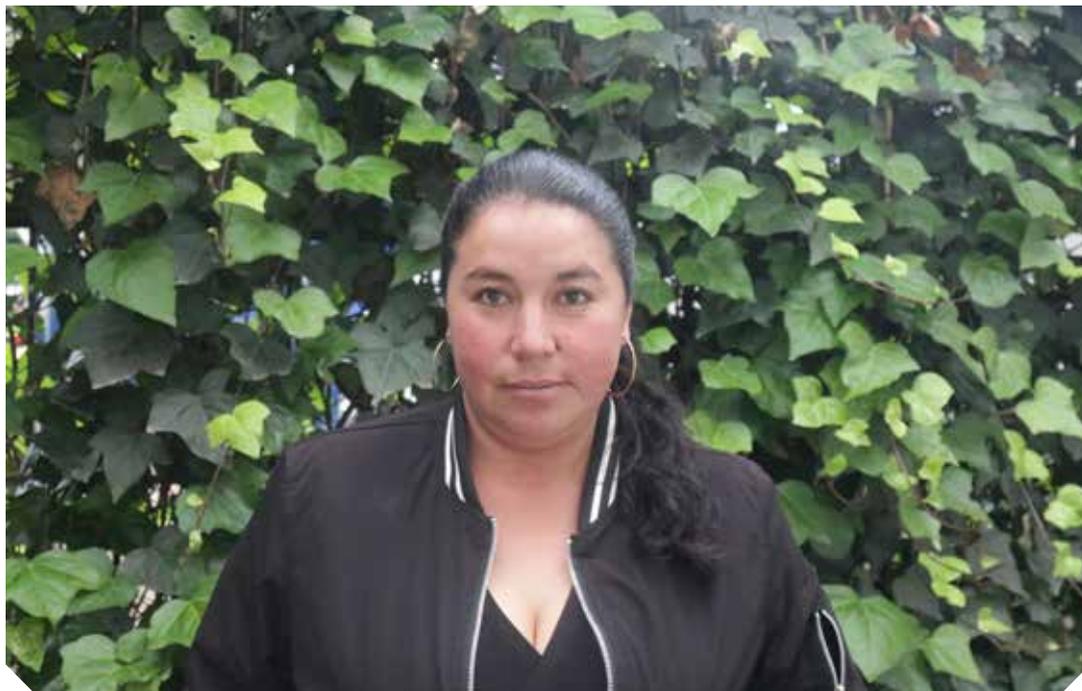


Figura 23. Fotografía de Jenny Nichoy, de la Asociación de mujeres Fuerza del Campo, 16 de mayo de 2022.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Las tierras fértiles de Nariño nos dan los más bellos, nutritivos y deliciosos alimentos, ¿por qué no mostrarle esto al mundo? Poder ver el trabajo de meses de la producción agrícola en todos los rincones del departamento, y del mundo, gracias a la implementación de herramientas que contribuyen a visibilizarla, permite conocer los beneficiarios de las asociaciones, en las cuales el marketing digital emerge como un recurso esencial para la continuidad de la comercialización agrícola. Ante las restricciones derivadas de la emergencia sanitaria, este enfoque no solo representa un cambio en las estrategias de promoción, sino también una adaptación profunda en la mentalidad comercial. El marketing digital posibilita la conexión con los consumidores a través de plataformas en línea y redes sociales, y esto transforma la promoción en una experiencia más detallada y persuasiva. Además de facilitar la visibilidad y llegada a un público diverso,

esta transición propicia la construcción de relaciones duraderas con los clientes, en la cual la comunicación y la respuesta ágil se vuelven fundamentales en la consecución de ventas exitosas y en la consolidación del éxito en el panorama comercial actual.

El uso de las TIC permitió la apropiación de herramientas que se pusieron a disposición de las asociaciones, como la creación y el manejo adecuado de correos electrónicos, las cuentas en redes sociales y su personalización, la creación de contenido mediante la aplicación Canva, la programación de contenido a través de Meta Business, la cual brinda una alternativa importante para la comercialización de la producción agrícola de los municipios de Guachucal, Pasto, y en los corregimientos del Encano y Gualmatán. Así como nos lo cuenta Homaira Jojoa (figura 24), de la Asociación La Tulpa, quien ha dedicado su vida a la comercialización tradicional de sus productos por medio de intermediarios,



Figura 24. Fotografía de Homaira Jojoa, de la Asociación La Tulpa, en el corregimiento de El Encano, Pasto, 3 de mayo de 2022.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

“Vender por redes es muy bueno porque la gente conoce nuestro lugar, llegan donde tenemos el cultivo y así tenemos venta más directa” (comunicación personal, 3 de mayo de 2022).

La amabilidad, la cercanía y el cariño de nuestra gente prima en los modelos de comercialización. Si bien las alternativas de comercialización son un paso importante y de gran ayuda para el desarrollo comercial de las asociaciones, y la finalidad de un miembro de una asociación es la venta de todos sus productos, la atención al cliente enlaza con el carisma y el amor por lo que hacen con sus productores. Esto está unido a la apropiación digital, fortalece en las asociaciones la manera de distribuir su producción, y así, al usar instrumentos digitales, se fertiliza la tierra y sus procesos de comercialización.

Fortalecer a las comunidades y propagar la mentalidad digital en las asociaciones nos permitió participar en encuentros cercanos en los que las vivencias y los afectos fueron protagonistas. De esta manera, teniendo en cuenta que los artífices de estos cortos relatos son los miembros de las diferentes asociaciones que han dicho sí a la apropiación digital, sería vano no hablar de sus historias, motivaciones y sueños.

La ANUC lleva en sus raíces amor y dedicación por la madre tierra. La asociación se ha dedicado a la producción, investigación y comercialización de los productos que estas fértiles y ricas tierras proveen. Habernos dirigido durante más de una hora y media hacia el camino de la enseñanza para esta comunidad sin duda valió la pena en todos los sentidos, pues fue importante ver en ellos esa expectativa de aprendizaje.

Con el grupo de personas adultas, las cuales nunca vieron su edad como un impedimento para aprender acerca de la

tecnología, se lograron encuentros productivos que nos llevaron a un viaje de saberes en el que se labraron entre todos diferentes herramientas digitales.

Así, en cada encuentro nos fuimos apropiando de conocimientos relacionados con los tiempos de las cosechas, la riqueza agrícola de sus territorios, sus vivencias personales y sus historias. La ANUC es una asociación poderosa en todo el sentido de la palabra, que ha visto en la tecnología la posibilidad de crecer y dejar en las generaciones próximas esa herencia de transformación y dedicación continua.

Entre las puertas del sol del corregimiento de Matituy, ubicado en el municipio de La Florida, y la calidez de su gente, fuimos recibidos por La Tulpa, una asociación conformada por varios nodos alrededor del departamento de Nariño, con 38 familias asociadas. En la Tulpa, las diferentes generaciones de niños, jóvenes y adultos se reúnen en torno al aprendizaje de apropiación digital y tecnológica.

Con la asociación La Tulpa, ubicada en Matituy, tuvimos la fortuna de conocer sus paisajes, su gente amable y trabajadora. En cuanto a los encuentros con esta asociación, en cada taller se evidenciaron el compromiso y las ganas de continuar con el siguiente. En estos talleres compartimos la responsabilidad de guiar a nuestros estudiantes con ayuda de los más pequeños, quienes asimilaron los aprendizajes de manera rápida y guiaron a sus padres y abuelos. En este proceso de saberes, se fortalecieron su modelo asociativo y las relaciones familiares, como lo afirma José Luis Pasichaná (figura 25), miembro de esta asociación: “es muy bonito ver cómo estos talleres de tecnología ayudan a que se integren las familias” (comunicación personal, 30 de abril de 2022). El territorio

de La Florida y su gente le apostaron a la comercialización de sus productos mediante las herramientas tecnológicas.

La riqueza paisajística, agrícola y gastronómica son cualidades que destacan en el corregimiento de El Encano, donde los miembros de la Asociación La Tulpa han sabido aprovechar todo el potencial que sus tierras tienen para abastecerse y, además,

para convertirse en un foco de comercialización debido a su atractivo turístico, a las deliciosas preparaciones y a la calidez de su gente. Como buenos comerciantes, los miembros de esta asociación reconocen en la tecnología el potencial para la comercialización de sus productos como una alternativa viable y eficaz que da a conocer sus territorios y el patrimonio que existe en ella.



Figura 25. Fotografía de José Luis Pasichaná, de la Asociación La Tulpa, en el municipio de La Florida, 30 de abril de 2022.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

En La Florida hay mujeres y hombres comprometidos con el proceso de aprendizaje digital y evidencian sus deseos de transmitir estos saberes a asociaciones vecinas que aún se encuentran en proceso de cimentación, pero que ven en el modelo asociativo una manera de unir fuerzas para salir adelante. Tuvimos la fortuna de conocer sus territorios, pero también de tenerlos en nuestra casa de aprendizaje (Centro de Emprendimiento Digital y Tecnológico de Pasto - ParqueSoft Nariño), donde el proceso de formar fue recíproco.

Entre el aroma de los frutales que nos regala la madre tierra, nos dio la bienvenida la Asociación Frescuy (figura 26).

Frescuy está conformada por una producción familiar que nació de un proceso de convocatoria de la Alcaldía Municipal de Pasto, en el que se buscaba apoyar a las juventudes campesinas del municipio, con el fin de fortalecer la labor agrícola dentro de este grupo. Con esta asociación conocimos la alternativa de comercialización de manera tradicional a grandes y pequeños mercados del departamento de Nariño, como lo



Figura 26. Logo de la Asociación Frescuy, en el corregimiento de Gualmatán, Pasto.
Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

menciona Jesús Timaná (figura 27), quien hace parte de la asociación y es un dedicado agricultor de fresas y cría de especies menores, y que además le apostó a la era digital en el campo: “De las otras asociaciones nos hemos conversado que es un beneficio, salimos contentos, la herramienta tecnológica es lo bueno” (comunicación personal, 16 de mayo de 2022). De esta manera, se evidencia la importancia de que las asociaciones se sumen en los procesos digitales de los que fueron parte y que contribuyen desde ya al mejoramiento de sus procesos comerciales y asociativos.

En el corregimiento de Gualmatán, ubicado en el municipio de Pasto, nos encontramos con la Asociación Productora de Verduras Gualmatán. La mayoría de sus integrantes son comerciantes de la central de Abastos de la capital nariñense, y han llegado hace 45 años a los hogares de nuestra región con sus productos mediante la venta directa a los consumidores.

La asociación está compuesta por 129 socios activos, de hombres y mujeres que dieron el sí al salto a la tecnología y que están comprometidos con la causa del saber. Los miembros han apropiado, gracias a los



Figura 27. Fotografía de Jesús Timaná, integrante de la Asociación Frescuy, en el corregimiento de Gualmatán, Pasto, 16 de mayo de 2022.
Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

talleres de formación, herramientas que les han permitido ofertar su producción a través de los medios digitales y, de esta manera, llegar a más personas, ya que el comercio del mercado es fluctuante. Contar con herramientas de crecimiento les permitirá ampliar su posibilidad de venta.

Un poco más al sur nos recibió la Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, la cual está conformada, a la fecha, por 12 mujeres, quienes con el fervor que caracteriza a las mujeres del Galeras, valerosas, trabajadoras y soñadoras, nos acercaron a la gesta de saberes ancestrales. Tuvimos la oportunidad de acompañar el proceso de transformación digital y enorgullecernos de la mujer campesina nariñense.

Las mujeres que hacen parte de la Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, por sí solas y desde sus inicios, han sabido labrar la tierra y obtener lo que esta les ofrece. Esta asociación reconoce la importancia de visibilizar no solo la oferta de sus productos, sino además el empoderamiento femenino en torno al sector agrícola. Después de haberse apropiados de los conocimientos, la asociación se pudo visibilizar como una empresa que brinda empleos a mujeres cabeza de hogar, y así fomentar el amor en el campo y la pasión por la producción agrícola; por supuesto como medio de crecimiento a la tecnología y a las herramientas digitales.

Durante el recorrido por las diferentes zonas del corregimiento de Gualmatán, nos encontramos con plantaciones de brócoli y repollo. Para visibilizar estos productos, la Asociación Agroambiental Corazón de María comenzó a emplear las herramientas de las TIC. Esta asociación la conforman mujeres, en su mayoría, y algunos hombres. Con sus integrantes se realizó un ejercicio juicioso en los talleres, en los cuales diferentes generaciones compartieron en torno al uso del computador y de herramientas digitales y de visibilización; de esta manera, la tecnología se convirtió en una propulsora de sueños para este grupo de productores.

Como lo menciona su representante legal, Johana Paola Maigual (figura 28), "Con

la tecnología, me miro teniendo una empresa mediante estas plataformas y como asociación, formando una empresa más grande, pero ya vendiendo en línea, directamente al consumidor o al cliente" (comunicación personal, 16 de mayo de 2022).



Figura 28. Fotografía de Johana Maigual, líder de la Asociación Agroambiental Corazón de María, en el corregimiento de Gualmatán, Pasto 16 de mayo de 2022.
Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

De esta manera, se evidencia la importancia de las TIC para el crecimiento personal y asociativo.

La curiosidad puede ser una gran aliada para entrar en sintonía con los conocimientos digitales. La Cooperativa Multiactiva de Hortalizas del sur (Coophsur) decidió apostarle a la transformación de sus comercios y así, a través de diferentes canales de distribución digital, dar a conocer la riqueza de sus territorios, de sus productos y de su gente. Los miembros de esta cooperativa son personas de diferentes rangos etarios que han desaprendido día a día con

el objetivo de crecer como sociedad. Esto lo lograron siendo parte de los talleres de formación, pues con esto también han aportado a la formación de otras personas a las que se les dificulta el proceso digital. Así, la asociación demostró, mediante la unión y el trabajo en equipo, que es posible caminar todos hacia una misma dirección.

Por último, para despedirnos del corregimiento de Gualmatán, estuvimos en la Asociación Cooperativa Multiactiva de Hortalizas y Frutas Orgánicas de Nariño (Cohorfrunar), la cual nos dio a conocer la frescura de sus verduras y frutas comercializadas en diferentes rincones de nuestro departamento y fuera de él.

Esta asociación ha tenido el reto de conseguir herramientas poderosas que le permitan dar el paso hacia el mercado internacional con sus productos. Cabe mencionar que, aunque algunas personas tenían conocimientos formales sobre ciertos instrumentos tecnológicos, siempre hay algo nuevo que aprender y los conocimientos que habían adquirido con anterioridad les permitieron ayudar a otras personas del grupo que apenas iniciaban en el mundo de la tecnología. Los más experimentados productores dejaron un mensaje de trabajo arduo dentro y fuera de los campos. Según Edilfredo Muñoz (figura 29).

Este recorrido no solo entabló relaciones académicas, también nos invitó a ser una sola comunidad agrícola perteneciente a nuestro departamento de Nariño, de la cual podemos aprender desde los diferentes contextos agrícolas y productivos, resaltando la riqueza de nuestros territorios, que se caracterizan por el valor de su gente y su potencial. Asimismo, el recorrido enlazó saberes, recetas, producción, sentires, empoderamiento y un sinfín de cualidades

de las que, gracias a los meses de ejecución, pudimos ser partícipes.

De esta manera, se presenta el desafío de desarrollar un piloto para el establecimiento de un ecosistema digital para la comercialización de los productos de la ACFC. Para esto, una de las primeras tareas fue crear un logotipo que brindara significado y un concepto a la apuesta digital



Figura 29. Fotografía de Edilfredo Muñoz, de Cohorfrunar, 9 de junio de 2022.

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

(figura 30). Por lo tanto, a través de la simplificación de formas propias encontradas en la naturaleza, se hizo un identificador de tipo isologo que representara los diferentes resultados del trabajo y la cosecha (dos plantas de maíz) por medio de formas orgánicas que se conecten con el usuario y le proporcionen un sentimiento de confianza; además, que lleven a la sinergia y al trabajo en equipo entre dos iguales, como es el caso de las asociaciones.

Para la creación de la marca, se tomó como referencia el trabajo en el campo

nariñense y se hizo una propuesta de lo que nos hace comunes: lo que da tierra, una propuesta de fácil lecturabilidad y recordación. Con la extensión de marca de *marketplace* y el espacio de aprendizaje con la Escuela.

Cuando se habla de ecosistema, es necesario pensar en varios factores y que cada uno de estos aporte al objetivo común. Por lo tanto, el diseño de este ecosistema contempló seis momentos: el primero es el mercado en internet con la multitienda; el segundo, el desarrollo del módulo de interoperabilidad con la aplicación de mensajería más utilizada en el mundo: según el estudio de We Are Social, WhatsApp encabeza la clasificación mundial, con un 15,7% de los usuarios de internet en edad laboral que eligen esta aplicación como su plataforma social favorita, pues es un puente para los negocios, que comienzan y finalizan a través de una conversación (Kemp, 2023); el tercero, el centro del ecosistema, ya que el Plan de Capacitaciones permitió a los y las productoras nariñenses tener instrumentos y conocimiento impartido de manera presencial, como los insumos de la plataforma de formación en línea (www.escuela.loquedatierra.com) (figura 31).

El cuarto momento le da vida al conocimiento adquirido y sitúa en un escenario de hacedores TIC a los y las productoras con la entrega del kit de agroemprendimiento digital, para cumplir dos objetivos: 1) cubrir las operaciones logísticas y de administración del proceso de venta digital, a través del kit para la computación móvil, que está conformado por un computador portátil, una impresora multifuncional, un televisor y un *access point* para distribuir la señal wifi, y 2) el objetivo liderado por una persona de la asociación que se encarga de los procesos clave de comercialización digital. Para esto, se les dio a los participantes de cada asociación cinco celulares e internet móvil, durante 18 meses.

En el quinto momento, el mercado tendrá acceso a la información de cómo los y las productoras nariñenses dieron el paso a la transformación digital, a través de la atracción de clientes con el desarrollo de la estrategia de comunicación y marketing, que no puede generalizarse porque cada asociación tiene una necesidad distinta. Es el caso, por ejemplo, de aquellas que quieren atraer a los clientes a un espacio físico, o de las que desean tener conversaciones 100% digitales.



Figura 30. Identificador de la apuesta digital.
Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

El sexto momento les permite a las asociaciones tener un aliado para el soporte técnico de sus plataformas, ya que el uso

y aprendizaje continuo pueden traer retos para los integrantes, así como para sus clientes.



Figura 31. Página de presentación de la plataforma de formación en línea (www.escuela.loquedalatierra.com).

Foto: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

El portal de negocios de cada asociación

Uno de los requerimientos en la etapa de apropiación fue la capacidad de cada asociación para tener un espacio virtual que le permita lograr posicionamiento en internet y con sus clientes, a través de la etapa de atracción, venta y fidelización. Por lo tanto, la plataforma www.loquedalatierra.com enlaza a cada multitienda y visibiliza su marca y la manera de ponerse en contacto con esta (figura 32).

El objetivo de la implementación del *e-commerce* para ventas en línea fue compartir información, material fotográfico,

accesos y datos propios de cada asociación, lo que permitió la visibilidad y el objetivo de primera presencia y venta digital para la transformación digital de las asociaciones.

Otra de las características del ecosistema digital es la unión y conexión en términos de tecnología. Cada multitienda o mercado en internet se une a un *chatbot* interactivo de WhatsApp Business Cloud API, que cuenta con el diseño de embudo de ventas de acuerdo con la operación, sumado a la herramienta de seguimiento a

las ventas, para cada asociación. Esta solución digital es una gran oportunidad para atender múltiples conversaciones para que así todos los clientes estén satisfechos con la atención personalizada.

Si bien el empoderamiento se realizó con el Plan de Capacitaciones, sumado a la plataforma de formación en línea, en 2023 se realizó un acompañamiento para el cambio generacional, con el objetivo de contribuir al crecimiento de las asociaciones.

Así, pues, este capítulo cierra con el desafío de fortalecer el uso y la apropiación del servicio en la nube de *marketplace* para el establecimiento de un ecosistema digital enfocado en la comercialización de los productos de la ACFC, en el cual cada asociación dé a conocer quién es y las actividades o hitos importantes que desarrolla, y muestre sus productos en un entorno digital, con fotografías propias, descripciones de los productos agroecológicos y los precios actualizados. Esto les permite a las asociaciones una venta directa con sus clientes, sin la necesidad de tener un intermediario.

El ejercicio para la construcción de los *marketplace* comenzó la creación, por parte del equipo de ParqueSoft Nariño, de un

primer prototipo, teniendo en cuenta información de cada grupo asociativo. Este prototipo fue socializado con los líderes digitales, con el fin de recibir retroalimentaciones y capacitar a los miembros en la administración de la herramienta, indicando la creación de entradas y actualización del catálogo virtual. Lo anterior permitió generar un producto final que responde a las necesidades de cada asociación, y gracias a los procesos de capacitación se empoderó a los participantes para que se apropiaran de la herramienta y estuvieran en la capacidad de actualizar y recibir pedidos.

El ecosistema digital en el cual están inmersos los agricultores les ayuda a disminuir la brecha digital y asumir retos tecnológicos en cuanto al uso de las herramientas que tienen a su disposición, enfocándolas en su proceso de transformación digital y buscando nuevas formas de llegar a más clientes. Con esto, se logra impulsar y promover el consumo local de los productos agroecológicos que se dan en nuestro territorio, gracias al trabajo arduo y sostenible por parte de las manos laboriosas que cultivan la tierra (figuras 33 a la 40).

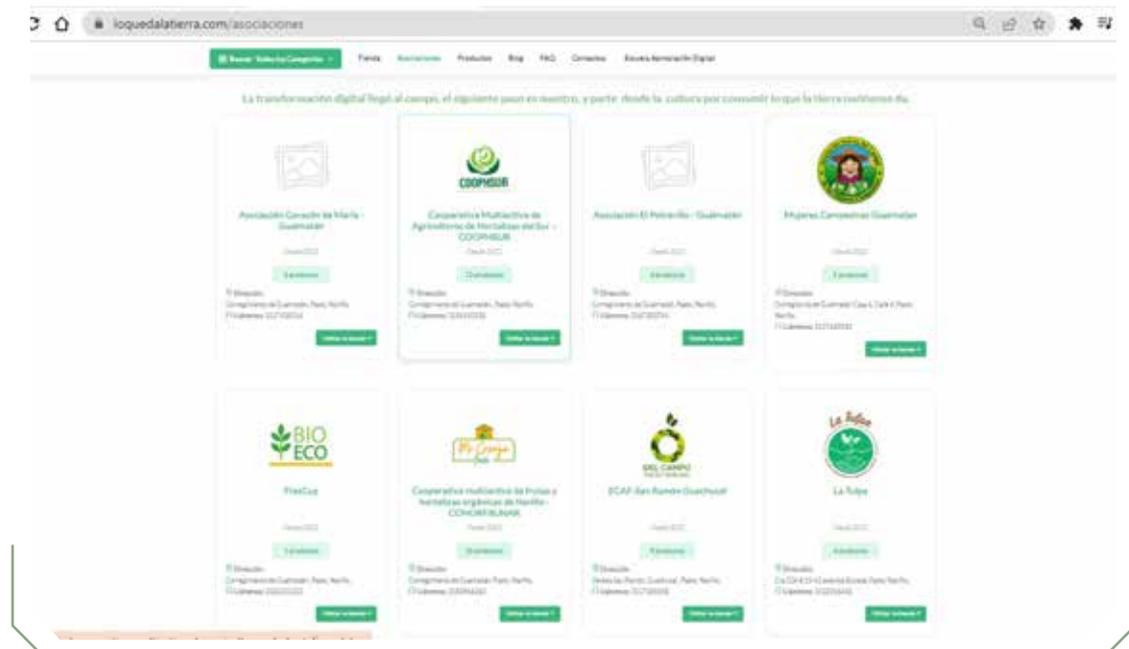


Figura 32. Portal de negocio de cada asociación vinculada a la multitienda digital (www.loquedalatierra.com).

Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño



Figura 33. Página web de la escuela comunitaria (www.escuelacomunitaria.com).

Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona Andina de Nariño, Colombia



Figura 34. Página de acceso a la plataforma de ventas de la Asociación Frescuy (www.frescuy.com).
Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

100



Figura 35. Página de acceso a la plataforma de ventas de la Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas (www.mujerescampesinas.com).
Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño



Figura 36. Página de acceso a la plataforma de ventas de la Asociación Agroambiental Corazón de María (www.asoagroambiental.com).

Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño



Figura 37. Página de acceso a la plataforma de ventas de la Asociación Productora de Verduras Gualmatán (www.verdurasgualmatan.com).

Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria en la zona Andina de Nariño, Colombia



Figura 38. Página de acceso a la plataforma de ventas de Coophsur (www.coophsur.com).
Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño

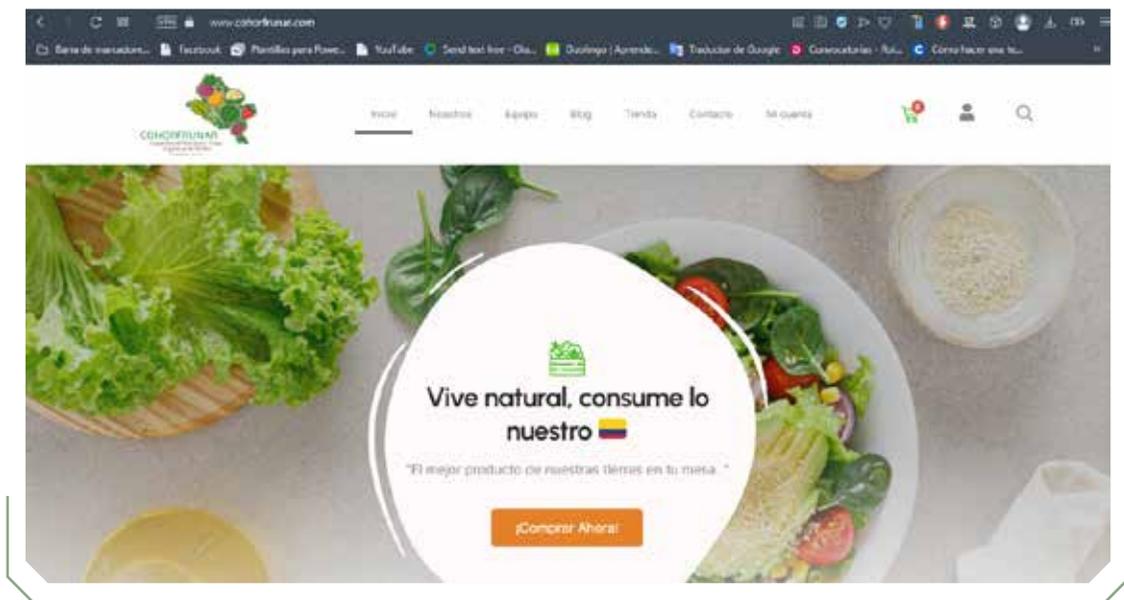


Figura 39. Página de acceso a la plataforma de ventas de Cohorfrunar (www.cohorfrunar.com)
Fuente: Comunicaciones ParqueSoft Nariño



Conclusiones

En el campo, la cultura digital y su apropiación social ofrecen una gran oportunidad para los agricultores para innovar y mantenerse en el mercado competitivo. La adopción de tecnologías digitales ha mejorado la eficiencia y la productividad, ha reducido los costos y ha permitido la expansión en nuevos mercados. Los agricultores que adopten la cultura digital en el campo tendrán una ventaja competitiva en la industria agrícola actual y futura. Para que esta dinámica sea sostenible en el tiempo, es necesario el trabajo asociativo y la articulación del sector especializado en la agricultura, la academia y las organizaciones sociales comprometidas con la reducción de la brecha digital. A continuación, se presentan algunas conclusiones del proceso.

La resistencia al cambio es un fenómeno común en todos los sectores de la sociedad, incluyendo el sector agrícola. Los agricultores, al igual que cualquier otra

persona, pueden tener miedo de adoptar nuevas tecnologías y métodos de trabajo. La adopción de la tecnología en los negocios de los agricultores puede requerir una inversión significativa de tiempo y recursos, lo que a veces es un obstáculo para muchos. Además, los agricultores pueden estar acostumbrados a trabajar de cierta manera y pueden sentirse cómodos con sus métodos de trabajo actuales, lo cual dificulta la implementación de cambios. Sin embargo, es importante destacar que la resistencia al cambio puede impedir la innovación y el crecimiento en los negocios agrícolas. Los agricultores que se adapten a la tecnología y adopten nuevas formas de trabajo pueden aumentar la eficiencia y la productividad, mejorar la calidad de sus productos y ampliar sus oportunidades de negocio.

La omnicanalidad en la comunicación digital y en el marketing es una tendencia

emergente en la industria agrícola, que busca ofrecer una experiencia de usuario fluida y coherente en todos los canales de comunicación disponibles. Esto implica la integración de diferentes canales de comunicación, como las redes sociales, las plataformas de venta, los anuncios en línea, los mensajes de WhatsApp y el correo electrónico, para llegar a un público más amplio y diverso. La implementación de la omnicanalidad en la comercialización de productos agrícolas ayuda a los agricultores a llegar a diferentes segmentos de mercado y adaptarse a las preferencias de comunicación de cada uno de ellos. Además, la omnicanalidad también permite a los agricultores rastrear el comportamiento del consumidor en línea y realizar ajustes en sus estrategias de marketing en tiempo real. En resumen, la omnicanalidad en la comunicación digital y de marketing es una herramienta clave para los agricultores que buscan mejorar la eficacia de sus operaciones comerciales y llegar a un público más amplio en un entorno cada vez más competitivo.

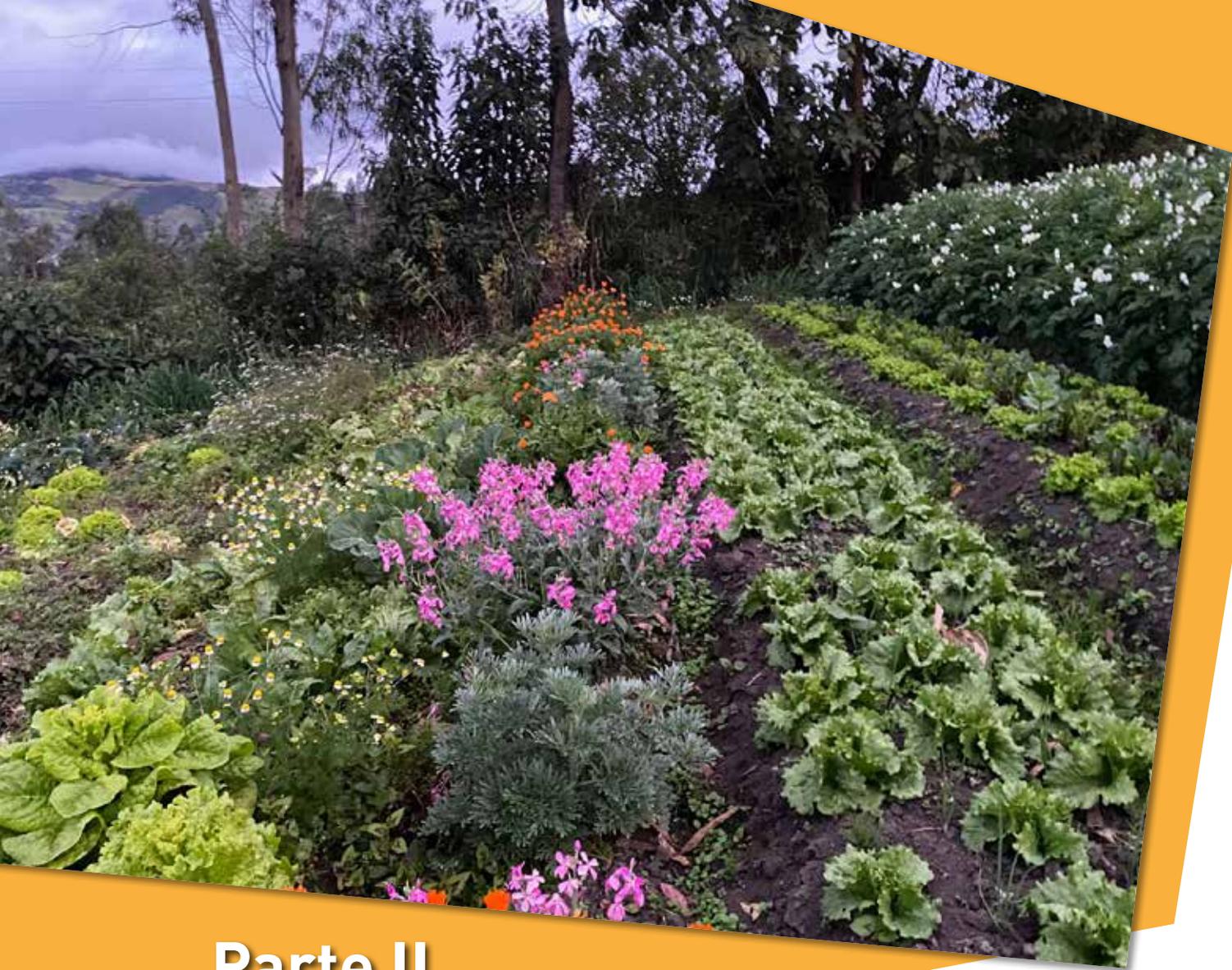
El relevo generacional en la comercialización de productos de la tierra es un tema importante en la industria agrícola. La mayoría de los agricultores actuales son personas mayores que se están acercando a la edad de jubilación, lo que significa que pronto dejarán el negocio. Sin embargo, la falta de interés de las generaciones más jóvenes en la agricultura y la comercialización de productos agrícolas puede dificultar la transición a una nueva generación de agricultores. Además, la comercialización de productos agrícolas está en constante evolución, lo cual quiere decir que

los agricultores deben estar dispuestos a adaptarse a los cambios y utilizar nuevas tecnologías y técnicas de marketing para entrar a un mercado cada vez más competitivo. Es importante que los jóvenes agricultores se interesen en el negocio y se preparen para asumir la responsabilidad de comercializar los productos agrícolas de la tierra. Con una transición exitosa a una nueva generación de agricultores, se garantiza la sostenibilidad del sector y el suministro continuo de productos de calidad a los consumidores.

El acceso a internet en las zonas rurales es un desafío importante para los agricultores que desean adoptar nuevas tecnologías y mejorar la eficiencia de sus operaciones. La estabilidad en la navegación es un problema común en las áreas rurales, ya que la infraestructura de telecomunicaciones no está tan desarrollada como en las áreas urbanas. Esto significa que los agricultores pueden tener dificultades para acceder a información importante y herramientas digitales en tiempo real, lo que limita su capacidad para tomar decisiones informadas sobre sus operaciones. Además, la falta de acceso a internet de alta velocidad en las zonas rurales limita la competitividad de los agricultores, pues los que trabajan en áreas urbanas tienen una ventaja en términos de velocidad de comunicación y acceso a la información. Por lo tanto, es importante que se realicen inversiones en infraestructura de telecomunicaciones en las zonas rurales para garantizar que los agricultores tengan acceso a internet de alta calidad y compitan en un mercado cada vez más digitalizado.

Referencias

- Kemp, S. (2022). *Digital 2022: Global Overview Report*. <https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report>
- Vanguardia. (2022, 17 de mayo). *Colombia alcanzó 38 millones de accesos a internet móvil y 8,4 millones a internet fijo en el 2021*. <https://www.vanguardia.com/economia/nacional/colombia-alcanzo-38-millones-de-accesos-a-internet-movil-y-84-millones-a-internet-fijo-en-el-2021-MD5207961>



Parte II

106

Aspectos ecológicos de la agricultura campesina familiar y comunitaria de la subregión centro de Nariño

Capítulo 5. Aproximaciones al estudio de la agrobiodiversidad de plantas en la agricultura campesina, familiar y comunitaria de Nariño

Eliana Martínez Pachón, Andrés Pacheco Jaimes,
Nubia Esperanza Orozco Ospina

Resumen

La alta diversidad vegetal es una característica distintiva de los sistemas de agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC) en Nariño. Numerosas especies de plantas son reproducidas y mantenidas por comunidades campesinas e indígenas en las huertas o chagras, en las cercas vivas, en los jardines y los patios caseros. Esta riqueza biocultural se manifiesta en una gastronomía única con fuerte identidad territorial, en prácticas mágico-rituales para la protección de los hogares, en el arte, en la medicina tradicional y en la estructura de los arreglos productivos que configuran el paisaje andino nariñense.

Introducción

La agrobiodiversidad comprende el conjunto de organismos y ecosistemas directamente relacionados con los paisajes transformados por los seres humanos, con la finalidad de producir alimentos o materias primas. Esta diversidad incluye a las especies domesticadas, semidomesticadas, cultivadas y manejadas por los humanos, y se expresa en los cuatro niveles de organización de los sistemas ecológicos: dentro de las especies, entre las especies, entre los ecosistemas y en la diversidad

En el presente capítulo, los lectores podrán revisar las metodologías para abordar el estudio de la agrobiodiversidad con las comunidades campesinas e indígenas, con énfasis en la identificación de las taxonomías locales y los valores de uso, además de examinar herramientas para la diversificación productiva dirigidas a garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de los hogares de la ACFC y a mantener la soberanía alimentaria.

Palabras clave: agrobiodiversidad, agricultura campesina, familiar y comunitaria, arreglos productivos, conocimiento tradicional, diálogos de saberes, transdisciplinariedad.

cuando los humanos subsistían como recolectores y cazadores (Harari, 2015).

Yuval Harari (2015) recuerda que, aún con las tecnologías actuales, el 90% de las calorías que consumimos en el presente proviene de un puñado de plantas que nuestros ancestros domesticaron en el periodo comprendido entre el 9500 y el 3500 a. C., que incluye plantas como el trigo, el arroz, el maíz, el sorgo millo y la cebada, y que ninguna especie de planta o animal ha sido domesticada en los últimos 2000 años de historia de la humanidad.

En la domesticación de las plantas, se han identificado siete áreas del planeta en las que se encuentran los ancestros silvestres y parientes cercanos de las principales especies usadas en la alimentación humana. Estos lugares se conocen como los centros de origen de las plantas cultivadas y fueron descritos y analizados por Nikolai Vavilov (1994)⁷. Uno de esos centros corresponde a los Andes centrales (Ecuador, Perú y Bolivia), que destacamos por su proximidad a la zona de estudio del proyecto y por ser centro de origen de la papa y de otras tuberosas, raíces y granos andinos.

La diversidad de cultivos en la región Andina se atribuye a la heterogeneidad de ambientes edafoclimáticos generados por la elevación de la cordillera de los Andes, que permitió la existencia de múltiples ecosistemas en los que se han registrado altos niveles de riqueza vegetal y endemismo (Kessler, 2001; Young et al., 2002). Además, la región ha sido habitada por varias culturas amerindias desde hace más de 10.000 años (Torres & Velásquez, 2007), las cuales aprovecharon la riqueza de la biodiversidad para domesticar y adaptar los cultivos a las

condiciones locales. Los pueblos indígenas y las comunidades campesinas de los Andes han conservado estos cultivos y tienen conocimientos tradicionales de incalculable valor sobre estos.

La zona de estudio del presente proyecto, que corresponde a las subregiones centro y sabana del departamento de Nariño, se encuentra en el límite norte del centro de domesticación de los Andes centrales, por lo cual podemos encontrar una alta diversidad de tubérculos nativos, cereales y frutas. A pesar de la expansión de los monocultivos de cereales y su posterior sustitución por los sistemas productivos de ganadería-papa que han tenido lugar desde el siglo XX en la región Andina de Nariño, todavía es posible encontrar pequeñas unidades de producción campesina e indígena que mantienen parte de la diversidad de plantas que conformaban la alimentación tradicional del territorio.

El valor de la existencia de esta diversidad, ese que se otorga por el hecho de existir y que no está condicionado a un valor de uso y cambio, por lo general es subvalorado desde el enfoque agronómico-productivo. Desafortunadamente, el esfuerzo de modernizar la ACFC ha llevado a los campesinos y campesinas de Nariño a especializarse en la producción de unos pocos cultivos comerciales, dispuestos en monocultivos, cada vez más vulnerables al ataque de plagas y enfermedades. Esta especialización de la agricultura está relacionada con una pérdida de capacidad de adaptación de los pequeños agricultores frente a las crisis de diversa índole. Para ilustrar esta situación, se puede citar el caso de la expansión de la punta morada en los cultivos de papa y el avance de la

7 Centro de domesticación: se refiere al área biocultural en la que existe evidencia del proceso de domesticación de una especie o taxón (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio], 2020).

hernia de las crucíferas, problemas fitosanitarios que obligan a la reconversión productiva de las zonas que tradicionalmente se han dedicado a la producción de hortalizas como brócoli, coliflor y repollo en Gualmatán (Pasto). Ambos casos ilustran por qué la diversidad vegetal es un tipo de “seguro” en la naturaleza, que les permite a los campesinos enfrentar crisis, adaptarse y, eventualmente, reorganizarse; en otras palabras, les permite ganar resiliencia socioecológica para mantener sus medios de vida, bien sea a través del mantenimiento de variedades resistentes a factores bióticos o abióticos, o realizar una reconversión productiva a otras especies y, a la vez, garantizar una alimentación variada para las familias.

Sin la implementación efectiva de políticas para la conservación de la agrobiodiversidad y del conocimiento ancestral y tradicional asociado con esta, la responsabilidad de mantener la agrobiodiversidad ha recaído principalmente en las

comunidades indígenas y campesinas, algunas veces con el apoyo de la sociedad civil organizada, como la Red de Guardianes de Semillas. Desde el proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del Covid-19, en la subregión centro del departamento de Nariño”, se quiere visibilizar el papel que campesinos, campesinas e indígenas de la zona Andina de Nariño tienen en la conservación de la agrobiodiversidad. Además, se busca ofrecer a los lectores una serie de herramientas metodológicas que pueden ser empleadas para gestionar la agrobiodiversidad y motivar el diálogo intergeneracional necesario para evitar la pérdida del conocimiento tradicional y ancestral sobre la propagación de las especies, las taxonomías locales y los valores de uso.

Aproximaciones metodológicas para el abordaje transdisciplinar de la agrobiodiversidad

Frente a la demanda de transitar hacia una agricultura más sostenible, el conocimiento tradicional campesino constituye una fuente esencial para el diseño de agroecosistemas sustentables. En este sentido, comprender las estrategias de diversificación productiva que implementan los productores campesinos e indígenas puede aportar elementos clave para abordar las transiciones agroecológicas necesarias para incrementar la sostenibilidad de la agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC).

Documentar las estrategias de diversificación y sistematizar las experiencias de los sabedores o guardianes de la agrobiodiversidad requiere abordajes transdisciplinarios, que privilegien la búsqueda de la eficiencia y la productividad ecológica por encima de la visión más simplista de la búsqueda de productividad, medida exclusivamente en términos monetarios (López-García & Guzmán, 2014). Desde esta iniciativa, empleamos la construcción de herbarios digitales y el codiseño de huertos diversificados como dos metodologías que tienen este enfoque.

En ambos casos, el protagonismo lo tienen los habitantes del territorio, con actividades que revalorizan los conocimientos de campesinos e indígenas y en las que se desataca el papel que juegan estos en el

objetivo de lograr una agricultura sostenible que garantice el derecho humano a la alimentación y que preserve la riqueza biocultural de cada territorio.

Herbarios digitales

Esta metodología consistió en realizar recorridos por los predios, con los productores, para la caracterización etnobotánica de la vegetación presente en las unidades de agricultura familiar. Después de revisar el objetivo de la actividad con la comunidad y lograr su consentimiento informado, se organizó a los participantes en grupos relacionados con los tipos de usos (plantas medicinales, forrajes, plantas alimentarias, especies maderables, etcétera). Con el fin de garantizar la participación de los productores, el grupo debió identificar a los sabedores, personas de la comunidad reconocidas por sus conocimientos en cuanto a los usos de las plantas. Estos sabedores lideraron los recorridos y compartieron con los demás asistentes sus conocimientos sobre las taxonomías locales, los usos de las especies, el origen y los métodos de propagación. Los recorridos tuvieron una duración de dos a tres horas, se tomaron fotografías de la vegetación y estas se organizaron posteriormente en archivos digitales con formato pdf. Durante el resto de la jornada, los productores presentaron los resultados y se reflexionó

acerca de las especies y sus usos locales (figura 41). Las reflexiones que se dieron en este espacio corresponden a las necesidades de garantizar la transmisión de conocimiento a las generaciones más jóvenes y de esta manera garantizar el relevo generacional, así como a la posibilidad de sistematizar y divulgar el conocimiento indígena y campesino alrededor de la agrobiodiversidad, y su esfuerzo por la conservación de las variedades que con esmero propagan y utilizan en cada una de sus unidades de producción agrícola. Así, pues, se realizaron cuatro recorridos etnobotánicos en las localidades de Pasto (corregimiento El Encano), Guachucal, La Florida y Conzacá, donde se seleccionaron unidades de producción agrícola caracterizadas por su amplia variedad de plantas de uso agrícola, ecológico, social y espiritual.

Para la determinación taxonómica de las especies, se usó el catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Bernal et al., 2015) y el diccionario de nombres comunes de las plantas de Colombia (Bernal et al., 2006), flóculas locales, guías para la identificación de especies, entre otros.



Figura 41. Recorrido por los predios de agricultores campesinos e indígenas en el corregimiento de Guachucal.

Nota: En estos recorridos, los sabedores compartieron información con otros productores y productoras que participaron en la elaboración de los herbarios digitales.

Foto: Eliana Martínez, Equipo Agrosavia

Codiseño de huertos para la seguridad alimentaria y nutricional y la soberanía alimentaria

Esta herramienta se empleó en la elaboración de las escuelas de campo para agricultores. Consistió en un trabajo grupal que se inició con la construcción de un listado de especies que los productores y productoras deseaban tener en sus huertas o patios caseros, con el fin de autoabastecer a sus familias con los alimentos que forman parte de su dieta, de la medicina tradicional o que son incluidos para el manejo ecológico de plagas y enfermedades, entre otros usos. Luego, el facilitador pidió al grupo clasificar estas especies según las estructuras cosechadas (hoja, fruto, raíces o tubérculos) y el tiempo en el que se

puede cosechar la producción: transitorios de ciclo corto (hasta tres meses), transitorios de ciclo de mediana duración (de 3 a 8 meses), transitorios con cosecha posterior a los ocho meses y especies permanentes. Las aromáticas se separaron en una categoría independiente para simplificar el ejercicio. Por último, se les entregaron a los grupos cartulinas y fichas de madera con formas y tamaños que corresponden a las categorías anteriormente descritas, y se les solicitó a los productores que diseñaran la huerta en una cartelera (figura 42). Así, se diseñaron 16 huertas con esta metodología en la zona de estudio.

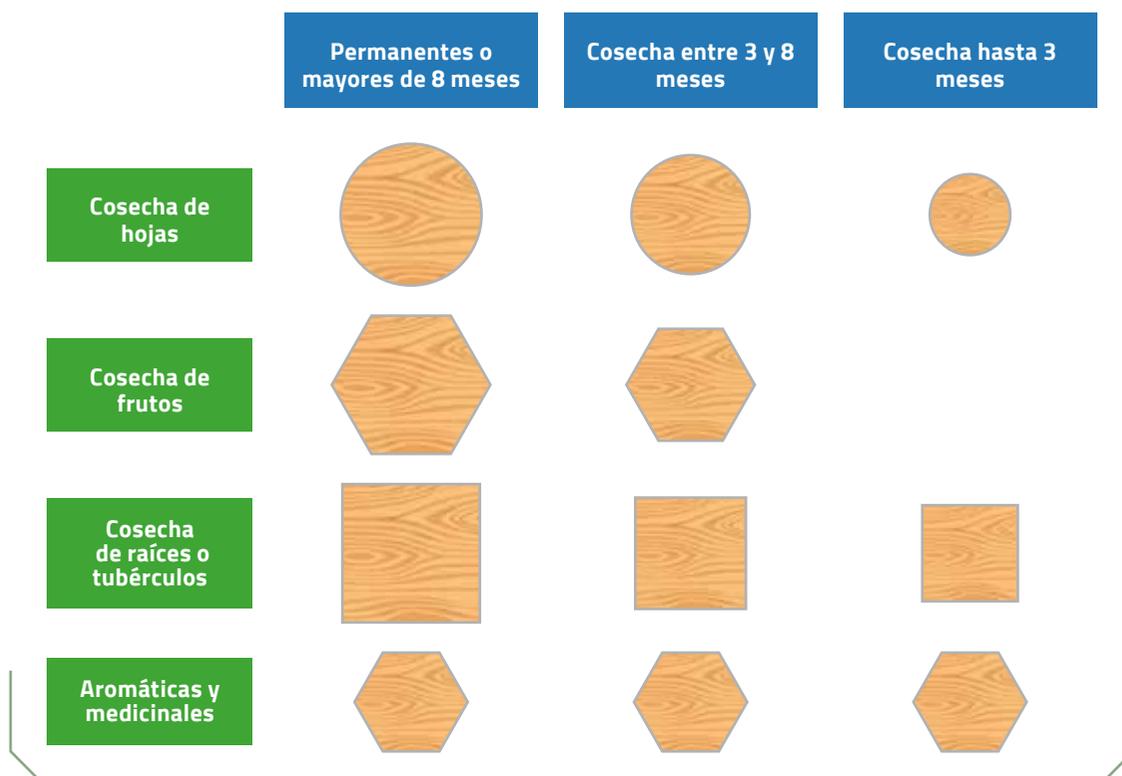


Figura 42. Diseño de fichas de madera o papel que facilitan el codiseño de huertos para la seguridad alimentaria y la soberanía alimentaria en sistemas de ACFC.

Nota: Las especies se clasifican de acuerdo con la estructura cosechada (forma geométrica) y el tiempo de cosecha (tamaño de la ficha). Las aromáticas se incluyen como una categoría aparte para simplificar el ejercicio.

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Herbarios digitales

En los recorridos realizados en cuatro predios de agricultores campesinos e indígenas, se identificaron 196 especies de plantas con valores de uso directo. La mayor parte de los usos identificados corresponden a plantas medicinales (75 especies), plantas alimentarias (74 especies), plantas con funciones ecológicas en el agroecosistema (52 especies), plantas forrajeras que se usan principalmente para la alimentación de cuyes, conejos y, en menor proporción,

ganado vacuno (46 especies), árboles maderables (25 especies), usos mágico-rituales (13 especies), barreras vivas (10 especies), extracción o fijación de colorantes (5 especies), cosmética natural (4 especies), medicina animal (4 especies), fibras (1 especie) y otros usos variados, como la elaboración de artesanías y de techos. En la tabla 12, se listan las especies con las taxonomías locales, los nombres científicos y los usos identificados por las comunidades.

En cuanto a la diversidad funcional que se integra en los sistemas de producción

agroecológica, los productores introducen en sus fincas plantas alelopáticas, plantas repelentes, abonos verdes, coberturas vivas o muertas y plantas melíferas. Al respecto, 13 especies son reconocidas como plantas repelentes de insectos plaga que se usan en la preparación de bioinsectidas, dentro de las cuales se encuentran: el ajeno (*Artemisia vulgaris*), el ají rojo (*Cap-sicum annuum*), el limoncillo (*Cymbopogon citratus*), el cilantro cimarrón (*Eryngium foetidum*), el saveo criollo (*Gaultheria* sp.), el tabaco (*Nicotiana tabacum*), la albaca (*Ocimum basilicum*), el romero (*Rosma-rinus officinalis*), la ruda (*Ruta graveolens*), la candelilla (*Senna spectabilis*), la flor de muerto (*Tagetes erecta*), el anisillo (*Tagetes lucida*) y el diente de león o chicoria (*Taraxacum officinale*).

En el manejo ecológico de la fertilidad de los suelos se identificaron abonos verdes, y dentro de estos se encuentran especies como el chocho o tarwi (*Lupinus bicolor*), el guandú (*Cajanus cajan*) y el girasol (*Helianthus annuus*). De las coberturas vivas se destacan el trébol (*Trifolium repens*), el maní forrajero (*Arachis pintoii*), la avena forrajera (*Arrhenatherum eliatum*), el vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), el nabo forrajero (*Raphanus caudatus*), el botón de oro (*Tithona diversifolia*), el pasto (*Cenchrus clandestinus*) y la hierba sapo (*Acalypha indica*). En las zonas templadas, los residuos de caña se emplean como cobertura muerta. En la elaboración de abonos, se destaca el uso de la cáscara de café para preparar bocachi y de la pacunga (*Bidens pilosa*) y las hojas de guama (*Inga* sp.) como abono seco en los cultivos.

En relación con la polinización, los productores identifican plantas melíferas como la campanilla (*Abutilon insigne*), el ramio (*Boehmeria nivea*), la dalia (*Dahlia pinnata*),

el urapán (*Fraxinus chinensis*), el girasol (*Helianthus annuus*) y el guayabo nativo (*Psidium guajaba*).

Finalmente, se destacan los usos de las plantas en la alimentación de especies menores como cuyes y conejos, que tiene gran importancia en el consumo de proteínas de origen animal en la dieta de los nariñenses. De esta manera, 46 especies fueron identificadas por campesinos y campesinas como forrajes; entre las hierbas se destacan el escancé (*Althernanthera* sp.), la asclepia (*Asclepias curassavica*), la avena forrajera (*Arrhenatherum eliatum*), el pasto imperial (*Axonopus scoparius*), la pacunga (*Bidens pilosa*), la col verde (*Brassica oleracea* var. *acephala*), la flor de nabo (*Brassica rapa*), el pasto elefante (*Cenchrus purpureus*), el zapallo (*Cucurbita pepo*), la zanahoria (*Daucus carota*), la dalia (*Dahlia pinnata*), las guascas (*Galinsoga parviflora*), el girasol (*Helianthus annuus*), el pasto saboya (*Holcus lanatus*), la hierba de sapo (*Acalypha indica*), el plumaje (*Iresine diffusa*), la orejuela (*Lachemilla orbiculata*), el pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*), el corazón herido (*Polygonum capitatum*), el nabo forrajero (*Raphanus caudatus*), el rábano (*Raphanus sativus*), fredolín (*Rumex* sp.), la manguipaca (*Salvia* cf. *palifolia*), la chicoria o diente de león (*Taraxacum officinale*), el trébol (*Trifolium repens*), la coralina (*Vigna unguiculata*) y la hierba *Senecio vulgaris*. También se destacan especies como el plátano y el maíz.

Entre los árboles y arbustos identificados como forrajes, se reconocieron los siguientes: acacia (*Acacia longifolia*), colla blanca (*Acalypha diversifolia*), aliso (*Alnus acuminata*), chilca negra (*Baccharis latifolia*), chilca blanca (*Baccharis* sp.), Guandúl (*Cajanus cajan*), chachafruto (*Erythrina edulis*), búcaro (*Erythrina fusca*), matarratón

(*Gliricidia sepium*), velo (*Hyeronima* sp.), leucaena (*Leucaena leucocephala*), colla negra (*Smallanthus pyramidalis*), verbena (*Stachytarpheta cayennensis*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*), nacedero (*Trichantera gigantea*), colla blanca (*Verbesina arborea*) y campanilla (*Abutilon insigne*).

Vale la pena resaltar el reconocimiento por parte de campesinos y campesinas de 15 especies que ayudan a la conservación del agua y que se siembran en las zonas de recarga de acuíferos (guadua, caña brava, matial, condoncillo, nacedero, la achira, entre otras), como también de especies que se introducen como barreras vivas (10 especies), o porque aportan alimento para las aves silvestres (10 especies). Esta identificación de las funciones ecológicas de las especies es un indicador cualitativo de la sostenibilidad en la idiosincrasia campesina e indígena de los pequeños agricultores de la zona Andina de Nariño, que demuestra que sus criterios para la diversificación productiva de los predios superan la noción

productivista que se promueve desde la modernización de la ACFC.

Asimismo, es importante reiterar que los herbarios digitales no tienen como objetivo principal inventariar la diversidad de especies de una región, sino visibilizar y revalorizar los conocimientos de los pequeños agricultores sobre la agrobiodiversidad, así como también fomentar el diálogo intergeneracional y la transferencia de conocimiento de campesino a campesino. Adicionalmente, reforzar el reconocimiento de las taxonomías locales ayuda a las comunidades a apropiarse de este conocimiento, ya que la inclusión de las taxonomías científicas permite acceder a información sobre distribución de las especies, usos en otras localidades, resultados de investigación y desarrollo, entre otros.

Los resultados, sin llegar a ser una evaluación etnobotánica exhaustiva, arrojan un inventario de especies útiles en los sistemas de agricultura campesina de la zona Andina de Nariño (figuras y tabla 12).



Figura 43. Registro fotográfico de la construcción de herbarios digitales para el reconocimiento de la diversidad vegetal y sus saberes asociados.

Nota: Esta jornada se realizó en el marco de los intercambios de conocimiento con integrantes de la Asociación La Tulpa, en el municipio de Consacá.

Foto: Eliana Martínez

Los pasos siguientes para una gestión de la agrobiodiversidad que aumente la sostenibilidad de la ACFC implican un mayor esfuerzo de sistematización de estos conocimientos ancestrales, tradicionales y locales; igualmente, la creación de espacios de intercambio de conocimientos entre comunidades, generaciones y tipos de

conocimientos para fomentar la conservación de estas especies por parte de otros pequeños productores que se han especializado en monocultivos en sus predios y que no disfrutaban de los bienes y servicios ecosistémicos asociados con el mantenimiento de un conjunto de especies vegetales diverso y multifuncional.



Figura 44. Muestra de los herbarios digitales que se organizaron para facilitar el intercambio de conocimientos sobre la agrobiodiversidad.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Listado de especies vegetales con valores de uso directo en unidades de ACFC de Nariño

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Guachucal	Campanilla	<i>Abutilon insigne</i>	Arbusto	Alto contenido de proteína para forraje de ganado. Flores melíferas.
Guachucal	Acacia	<i>Acacia longifolia</i>	Árbol	Forrajero.
Guachucal	Colla blanca	<i>Acalypha diversifolia</i>	Árbol	Hojas para la alimentación animal. Hojas antiinflamatorias. En quechua significa "reina".
Consacá	Hierba sapo	<i>Acalypha indica</i>	Hierba	Esta hierba es usada para el mejoramiento y recuperación de suelos.
El Encano	Marrubio	<i>Ageratina pichinchensis</i>	Arbusto	
Guachucal	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol	Alimentación de vacas, cuyes y conejos. Las hojas en infusión sirven para bajar la tensión y la hinchazón, y para sacar el frío.
Guachucal, El Encano, La Florida	Cidrón	<i>Aloysia citriodora</i>	Arbusto	Planta aromática. Las hojas en infusión se usan para calmar los nervios y tratar los dolores estomacales. Para tranquilizar bebés, se hace aromática con canela y una copa de chapil.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Guachucal, Consacá		<i>Alternanthera</i> sp.	Hierba	Alimento para cuyes y ganado. Se usa para descongestionar las vías respiratorias, para aliviar la fiebre. Como reconstituyente, se puede mezclar con Pony Malta, huevo y quinoa para la debilidad de las personas. Se usa como purgante para las vacas después del parto.
El Encano	Helecho de bosque	<i>Amauropelta</i> sp.	Hierba	Ayuda a la conservación del agua.
Guachucal	Marco	<i>Ambrosia arborescens</i>	Arbusto	Alimentación para cuyes. Las hojas se usan como desparasitante, y las hojas maceradas se aplican sobre la piel para curar heridas.
Guachucal	Altamisa	<i>Ambrosia artemisifolia</i>	Arbusto	Planta espiritual para hacer limpieza de malas energías. Las hojas en infusión alivian el dolor de estómago.
Consacá	Cola de zorro	<i>Andropogon bicornis</i>	Hierba	Se solía utilizar para techar las casas. Tiene propiedades impermeables.
Consacá	Ganábana	<i>Annona muricata</i>	Árbol	Frutos comestibles.
La Florida	Apio	<i>Apium graveolens</i>	Hierba	Las hojas son utilizadas para el consumo humano, y las hojas hervidas se emplean para desinflamar el colón.
La Florida	Maní forrajero	<i>Arachis pintoii</i>	Hierba	Cobertura viva.
Guachucal	Charmuelón	<i>Ardisia sapida</i>	Árbol	Maderable. Se usa para la elaboración de cucharas.
Consacá	Rastrera	<i>Arenaria trinervia</i>	Hierba	Cobertura y protección de los suelos.
Guachucal, La Florida	Arracacha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	Hierba	La hoja es desparasitante y estimula la lactancia materna. Antiguamente se usaba para ayudar en los partos. Las raíces son alimento humano.
La Florida	Avena forrajera	<i>Arrhenatherum eliatum</i>	Hierba	Se usa como cobertura viva y forraje en la alimentación de cuyes.
Guachucal	Ajenjo	<i>Artemisia vulgaris</i>	Hierba	Bioinsecticida. Hierba en infusión para el dolor de estómago.
Consacá	Asclética	<i>Asclepias curassavica</i>	Arbusto	Forraje. Los frutos se pueden convertir en cera para hacer bordados.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Consacá	Pasto imperial	<i>Axonopus scoparius</i>	Hierba	Forraje. Comida para cuyes y conejos.
Guachucal	Paliza negra	<i>Baccharis bogotensis</i>	Arbusto	Colchón de agua en los páramos.
Guachucal, El Encano	Chilca negra	<i>Baccharis latifolia</i>	Árbol	Hojas en emplasto para desinflamar. Infusiones de cogollos para tratar diarrea y vómito. Alimento para cuyes, forraje para ganado. Barrera viva.
Guachucal	Chilca blanca	<i>Baccharis</i> sp.	Árbol	Forraje.
Consacá, La Florida	Pacunga	<i>Bidens pilosa</i>	Hierba	Forraje. Alimentación para cuyes, conejos y caballos. Preparación de bebidas fermentadas para el manejo de la gota. Se usa como abono seco.
Guachucal	Albarracín	<i>Bocconia integrifolia</i>	Árbol	Los frutos se usan para teñir y fijar el color en la ropa.
Consacá	Ramio	<i>Boehmeria nivea</i>	Árbol	Frutos comestibles. Flores melíferas.
Consacá	Pasto cobertura 2	<i>Borreira laevis</i>	Hierba	Cobertura y protección de los suelos.
Guachucal	Col morada	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	Hierba	Col morada. Alimentación humana. Hojas en infusión tratan la gastritis. Emplasto para dolores articulares.
Guachucal	Col verde	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	Hierba	Alimentación para cuyes, conejos, vacas y humanos.
Guachucal	Flor de nabo	<i>Brassica rapa</i>	Hierba	Alimentación de cuyes y ganado. Las hojas sirven para la alimentación humana. De las flores se puede extraer aceite de nabo.
Consacá	Hierba silvestre	<i>Browallia americana</i>	Hierba	Planta alelopática.
El Encano	Floripondio	<i>Brugmansia arborea</i>	Árbol	Las flores tienen uso ritual para la protección.
Guachucal, El Encano	Guamuca	<i>Brugmansia sanguinea</i>	Árbol	Se ubica en las cercas vivas para alejar las malas energías. La flor se usa para sacar el mal de aire y también para masajear a las mujeres recién paridas; ayuda a expulsar la placenta.
Guachucal	Floripondio blanco	<i>Brugmansia suaveolens</i>	Árbol	Planta espiritual contra el mal de aire y las malas energías.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
El Encano	Cancho	<i>Brunelia comocladifolia</i>	Árbol	Maderable con el que se hacen tablas para la construcción de viviendas. La madera es liviana, seca fácil y no se tuerce. Fácil para clavar y hacer ensambles.
La Florida	Guandúl	<i>Cajanus cajan</i>	Arbusto	Planta que se usa como abono verde y en la alimentación de especies menores.
Consacá	Espadilla	<i>Calyptrocharya glomerulata</i>	Hierba	Cobertura de suelos. Preparación de remedios caseros para malestares generales.
Guachucal	Achira	<i>Canna edulis</i>	Hierba	Las hojas se usan para envueltos y quimbolitos.
La Florida	Achira	<i>Canna indica</i>	Hierba	Se encuentra en el bosque y ayuda a la preservación de fuentes hídricas.
Guachucal, La Florida	Ají rojo	<i>Capsicum annum</i>	Arbusto	Las hojas se usan para limpieza espiritual. El fruto es ingrediente para bioinsecticidas (M5). Fruto condimentario.
Consacá	Pasto cobertura	<i>Cenchrus clandestinus</i>	Hierba	Cobertura y protección de los suelos.
Consacá	Pasto elefante	<i>Cenchrus purpureus</i>	Hierba	Forraje. Comida para cuyes y conejos.
Consacá	El grillo	cf. <i>Aegiphyla deppeana</i>	Árbol	Hojarasca para biomasa.
La Florida	Vetiver	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Hierba	Pasto de cobertura. Evita la erosión del suelo y lo oxigena.
El Encano	Alcachofa	<i>Cinara scolymus</i>	Hierba	Las hojas se preparan en infusión para adelgazar y bajar los triglicéridos. Es una hierba amarga que se usa para baños rituales.
La Florida	Limón Tahití	<i>Citrus x limon</i>	Árbol	Cultivo comercial. El fruto sirve para consumo humano y preparaciones tradicionales. Completa el sistema de producción cafetero.
Consacá	Orcadiablo	<i>Clematis haenkeana</i>	Bejuco	Alimento para aves silvestres.
Guachucal	Laurel de cera	<i>Clethra revoluta</i>	Árbol	Maderable.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
La Florida	Café Geisha	<i>Coffea arabica</i>	Árbol	Cultivo comercial. Los frutos procesados son para el consumo humano. La cáscara del fruto se usa para preparar el bocachi. La cereza es alimento para las lombrices.
Guachucal	Cueche rojo	<i>Columnea medicinalis</i>	Arbusto	Planta espiritual para curar las heridas.
El Encano	Sanse	<i>Coriaria ruscifolia</i>	Árbol	Barrera viva. Alimento para aves silvestres. El fruto cocinado se utiliza como tinte azul natural.
La Florida	NN árbol del bosque	<i>Coussarea obliqua</i>	Árbol	Árbol maderable. Está presente en zonas de recarga hídrica.
Consacá	Sangre drago	<i>Croton lechleri</i>	Árbol	Se usa el látex que está en la corteza para eliminar manchas en la piel. Consumo del látex para aliviar la gastritis.
La Florida	Zapallo	<i>Cucurbita pepo</i>	Enredadera	Enredadera. El fruto se usa en la alimentación humana y las hojas como alimento de gallinas.
Consacá, Guachucal, El Encano	Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	Árbol	Maderable, arreglos florales, sahumerios e infusiones. Se siembra en cercas vivas.
Consacá	Cúrcuma	<i>Curcuma longa</i>	Hierba	Los rizomas de la cúrcuma son procesados y utilizados para hacer condimentos, colorantes naturales y cosméticos. Sus propiedades medicinales son antiinflamatorios y sirve como tratamiento para aumentar las defensas.
Consacá	Chauchilla	<i>Cyclanthera pedata</i>	Hierba	El fruto es alimento de aves.
La Florida	Limoncillo	<i>Cymbopogon citratus</i>	Hierba	Planta aromática. Las hojas hervidas alivian enfermedades respiratorias. Se usa para el control de plagas.
Guachucal	Dalia	<i>Dahlia pinnata</i>	Hierba	Alimento para vacas. Alto contenido proteico. Se puede brindar como alimento fresco y también deshidratado en concentrado. Las flores son melíferas.
La Florida	Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Hierba	Cultivo para consumo humano y de especies menores.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
El Encano	Pisisiqui	<i>Disterigma alaternoides</i>	Enredadera	Alimento para aves silvestres y humanos. Se usa para hacer hervidos y dulces con el fruto.
La Florida	Rayo	<i>Elaeagia pastoensis</i>	Árbol	Maderable usado para la construcción de casas y techos.
El Encano	Calaguala	<i>Elaphoglossum</i> sp.	Hierba	Helecho en bosques. La parte anterior de la hoja se raspa y ese polvillo (esporas) sirve para las quemaduras.
La Florida	Balso blanco	<i>Eliocarpus americanus</i>	Árbol	Está presente en zonas hídricas. Se siembra para la preservación del agua.
Consacá, La Florida	Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	Árbol	El fruto sirve para consumo humano y preparaciones tradicionales. Maderable y cobertura de suelos. Los frutos se utilizan para limpiar los riñones.
La Florida	Cilantro cimarrón	<i>Eryngium foetidum</i>	Hierba	Hierba condimentaria. Las hojas se usan como repelente en cultivos, y las hojas frescas o secas, como condimento.
Consacá	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	Árbol	Fruto comestible (fríjol). Forrajes. La hoja se usa como alimento para cuyes.
Consacá	Búcaro	<i>Erythrina fusca</i>	Árbol	Forraje. Las hojas son utilizadas para la alimentación de cuyes.
Guachucal	Cuasa	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Árbol	Maderable para leña. El carbón se usa para aliviar la gastritis.
Consacá	Urapán	<i>Fraxinus chinensis</i>	Árbol	Maderable. Tiene funciones ecológicas retención de suelos y flores melíferas.
Guachucal	Guasca	<i>Galinsoga parviflora</i>	Hierba	Alimentación de cuyes, conejos y ganado. Alimentación en sopas como el ajiaco.
El Encano	Patica de gallo	<i>Gaultheria glomerata</i>	Arbusto	Frutos comestibles.
Guachucal	Saveo criollo	<i>Gaultheria</i> sp.	Arbusto	Los frutos se usan como bioinsecticidas. Las hojas en infusión son antiinflamatorias.
El Encano	Valeriana	<i>Geum peruvianum</i>	Hierba	Aromática. Se toma en infusiones para los nervios y para mejorar el sueño.
Consacá	Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>	Árbol	Hojas usadas contra el Covid. Sirve para cercas vivas. Forrajes.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Consacá	Yaguacha	<i>Gnaphalium elegans</i>	Hierba	Hojas en infusión para detener la diarrea.
La Florida	Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	Arbusto	El tronco se usa para la construcción, y también preserva la humedad en zonas hídricas.
Guachucal	Cacho e venado	<i>Gustavia</i> sp.	Árbol	Maderable, construcción y leña.
La Florida	Cañabrava	<i>Gynerium sagittatum</i>	Arbusto	El tronco se usa para construcción. Mantiene humedad en zonas hídricas. Buen asocio de cultivos.
La Florida	Matial rojo	<i>Hamelia patens</i>	Árbol	Presente en zonas de recarga hídrica. Se asocia con la preservación del agua.
Consacá	Palo hueso	<i>Hasseltia floribunda</i>	Árbol	Barrera viva y usos maderables.
La Florida	Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	Hierba	La planta se usa como abono verde. Las flores atraen polinizadores y las semillas son alimento para especies menores y humanos.
Guachucal	Cerote	<i>Hesperomeles glabrata</i>	Árbol	El fruto hervido se usa para tratar el hígado y los riñones. Las hojas en aromática se incorporan al champú.
Guachucal	Pasto azul o saboya	<i>Holcus lanatus</i>	Hierba	Alimentación de cuyes y conejos.
El Encano	Chupana	<i>Hydrocotyle bonplandii</i>	Hierba	Los emplastos reducen granos y heridas en la piel. Se mezcla con estiércol de gallina para sacar espinas de las uñas y los dedos.
El Encano	Motilón dulce	<i>Hyeronima colombiana</i>	Árbol	Los frutos son comestibles y se usan para la elaboración de vino.
El Encano	Velo	<i>Hyeronima</i> sp.	Árbol	Elaboración de concentrado para cuyes.
Guachucal	Hierba de sapo	<i>Indeterminado</i>	Hierba	Forraje. Alimentación para cuyes y marranos.
La Florida	Guamo	<i>Inga</i> sp.	Árbol	Fruta de consumo humano. Tronco maderable. Sombra para cultivo de café. Las hojas se usan como abono.
Consacá	Batatilla	<i>Ipomoea tricolor</i>	Enredadera	Ornamental para jardines. Con sus hojas, flores y tallo se hacen infusiones para curar granos y picaduras.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Consacá	Plumaje	<i>Iresine diffusa</i>	Hierba	Antibiótico: se cocina la hierba completa y el líquido se ingiere o se aplica sobre la herida de la piel. También se usa como alimento para especies menores.
Guachucal	Orejuela	<i>Lachemilla orbiculata</i>	Hierba	Alimento para cuyes y vacas.
La Florida	Guayacán	<i>Lafoensia acuminata</i>	Árbol	Maderable. Se usa para elaborar muebles y para leña.
Consacá	Venturosa	<i>Lantana camara</i>	Arbusto	Uso medicinal para cólicos menstruales. Alimento para aves silvestres.
Consacá	Canelón	<i>Laurus nobilis</i>	Árbol	Las hojas tienen uso medicinal. También se utilizan para condimentar comidas como sustituto de la canela.
Guachucal	Malva alta	<i>Lavatera arborea</i>	Arbusto	Manejo del dolor y la inflamación en vacas. La infusión de hojas baja la fiebre en humanos.
Guachucal	Salvarrial (salvia real)	<i>Lepechinia vulcanicola</i>	Hierba	Infusión para los nervios, golpes, torceduras o fracturas.
Consacá	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Árbol	Forrajero para sistemas silvopastoriles. La raíz aporta potasio al suelo.
El Encano	Santa María	<i>Liabium igniarum</i>	Arbusto	Se usa como desparasitante de cuyes y conejos. También evita los "achagues" de las especies menores.
Guachucal	Chocho	<i>Lupinus bicolor</i>	Hierba	Abono verde rico en calcio. Las hojas se comen en ensalada.
El Encano	Chicharrón	<i>Magnolia grandiflora</i>	Árbol	Maderable. Las hojas en infusión se usan para reducir el colesterol.
Guachucal	Malva común	<i>Malva sylvestris</i>	Hierba	En infusión es antiinflamatorio y quita los nervios.
Consacá	Manga	<i>Mangifera indica</i>	Árbol	Frutos comestibles.
La Florida	Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	Arbusto	El tubérculo es para consumo humano y hace parte fundamental de la dieta de la comunidad.
La Florida	Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	Hierba	Hierba aromática. Las hojas en infusión sirven para calmar los nervios y para tratar malestares estomacales.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Guachucal	Seguidor macho	<i>Mentha sp.</i>	Hierba	Uso cotidiano para la buena suerte. Se extrae el aceite de las hojas y su aplicación hace enamorar a las personas. Las hojas se incorporan al jugo de piña.
Consacá	Tifu	<i>Mentha spicata</i>	Hierba	Infusiones para curar la fiebre de tifo.
Guachucal, La Florida	Hierba buena	<i>Mentha x piperita</i>	Arbusto	Hierba aromática. Las hojas en infusión se usan para tratar dolores estomacales y calmar los nervios.
Guachucal, El Encano	Amarillo	<i>Miconia sp.</i>	Árbol	Maderable para construcción y leña.
El Encano	Tuno	<i>Miconia sp. 2</i>	Árbol	Restauración.
Guachucal	Pandala	<i>Minuartia guianensis</i>	Árbol	Maderable. Árbol de poder, se recomienda tenerlo en la entrada de la casa.
Guachucal	Ibilán	<i>Monnina tenuifolia</i>	Árbol	Los frutos se usan para los herpes de labio y para endurecer las encías de los niños. Adoba la carne junto con el sansé.
Guachucal	Laurel	<i>Morella pubescens</i>	Arbusto	Adobo para carnes. Junto con otras hierbas se prepara el incienso. Es una planta de poder para hacer limpias en la casa.
La Florida	Plátano	<i>Musa x paradisiaca</i>	Hierba	Los frutos son para consumo humano. Las hojas se usan en los envueltos de maíz, choclo y quimbolito; también como alimento para animales.
El Encano	Arrayán	<i>Myrcia phallax</i>	Árbol	Maderable. Los frutos son comestibles. Las hojas cocinadas se emplean en la elaboración de champús; endurece el cabello.
La Florida	Arrayán	<i>Myrcianthes discolor</i>	Árbol	Especie maderable, aporta sombra y sus frutos son alimento para aves.
Consacá; Guachucal	Arrayán	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Árbol	Hojas para la elaboración de champús (bebida tradicional). Las hojas en infusión se usan para el crecimiento del cabello. Las infusiones en baño de María quitan manchas de la cara.
La Florida	Cucharó	<i>Mysine guianensis</i>	Árbol	Maderable. Se usa para elaborar muebles y para leña.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
El Encano	Berro	<i>Nasturtium officinale</i>	Hierba	Limpieza del hígado: mezclado con manzana, lindachin, malva alta y linaza fosfatada. Se toma en novenario.
El Encano	Planta rastrera	<i>Nertera granadensis</i>	Hierba	Hierba del sotobosque.
La Florida	Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	Hierba	Las hojas se emplean en la elaboración de extractos repelentes para insectos en cultivos. Se usa como planta alelopática.
Consacá	Balso colorado	<i>Ochroma pyramidale</i>	Árbol	Uso maderable. La floración se utiliza para hacer almohadas. Conservación de agua.
La Florida	Albaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Hierba	Hierba aromática. Se usa como condimento. Hierba repelente controladora de plagas.
La Florida	Matial blanco	<i>Ocotea oblonga</i>	Árbol	Presente en zonas hídricas. Se asocia con la preservación del agua
Guachucal	Cedrillo	<i>Ocotea sp.</i>	Árbol	Maderable. Elaboración de muebles y cercas vivas.
Guachucal	Pumamaqui	<i>Oreopanax argentatus</i>	Árbol	Maderable. Se usa para la elaboración de propóleo.
Guachucal	Pumomaque	<i>Oreopanax incisus</i>	Árbol	Planta espiritual para alejar la envidia o las malas energías.
La Florida	Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>	Enredadera	Hierba enredadera. Los frutos son para el consumo humano. Cultivo comercial.
Guachucal	Tauso o curuba	<i>Passiflora tarminiana</i>	Enredadera	La fruta se consume en jugos. Los churos (zarcillos) se cocinan para sacar el espanto en niños.
Guachucal	Toronjil grande	<i>Pelargonium odoratissimum</i>	Hierba	Aromática para los nervios. Baños para estimular a los niños a caminar.
El Encano	Moridera	<i>Pernettya prostrata</i>	Arbusto	Frutos tóxicos.
Guachucal	Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>	Hierba	Es anticoagulante. Las infusiones se usan para los nervios y para aumentar la inteligencia. Hierba condimentaria.
Guachucal	Pasto brasileiro	<i>Phalaris arundinacea</i>	Hierba	Alimentación de ganado, cuyes y conejos.
Guachucal	Menta	<i>Phyla dulcis</i>	Hierba	Aromática.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Guachucal	Atusara	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Hierba	El fruto es antiinflamatorio y cicatrizante. Sirve para hacer jabón.
Guachucal, La Florida	Uvilla	<i>Physalis peruviana</i>	Arbusto	Fruto comestible. Las hojas se utilizan para los niños que se demoran en hablar, para el dolor de estómago y para la diarrea.
El Encano	Pino patula	<i>Pinus patula</i>	Árbol	Maderable.
Consacá, La Florida	Cordoncillo cuechero	<i>Piper aduncum</i>	Hierba	Uso espiritual para santiguar. Conservación de aguas profundas.
Consacá	Cordoncillo	<i>Piper augustum</i>	Árbol	Conservación de agua. Sustento para otras plantas, cercas vivas.
Guachucal	Cordoncillo	<i>Piper bogotensis</i>	Arbusto	Desinflamatorio en infusión de hojas y emplasto.
La Florida	Llantén	<i>Plantago major</i>	Hierba	Las hojas en infusión se emplean para limpiar el hígado. En emplasto, alivia el dolor de muela.
Guachucal	Incienso	<i>Plectranthus coleoides</i>	Hierba	Aromática y aromatizante.
Guachucal, El Encano	Pino colombiano	<i>Podocarpus oleifolius</i>	Árbol	Maderable. Construcción de muebles.
Consacá	Dolorán	<i>Polygala paniculata</i>	Hierba	Se hacen pomadas para aplicar sobre zonas con dolor.
Guachucal	Corazón herido	<i>Polygonum capitatum</i>	Hierba	Alimentación de cuyes y conejos.
Guachucal	Capulino	<i>Prunus serotina</i>	Árbol	Frutos comestibles. Las flores, las hojas y la corteza en infusiones alivian la tos.
Consacá, La Florida	Guayabo nativo	<i>Psidium guajaba</i>	Árbol	Frutos comestibles. Flores melíferas.
La Florida	Nabo forrajero	<i>Raphanus caudatus</i>	Hierba	Cobertura vegetal y alimentación para cuyes.
La Florida	Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	Hierba	Los tubérculos se usan para consumo humano y las hojas, para la alimentación de especies menores.
Guachucal	Rosa roja	<i>Rosa sp.</i>	Arbusto	El agua de rosas sirve para los nervios. Las hojas hervidas se suan para baños medicinales.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
El Encano, La Florida	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Arbusto	Planta aromática. Se usa como condimento. También se emplea en la preparación de bioplaguicidas y de champú artesanal.
El Encano	Mora	<i>Rubus cf. bogotensis</i>	Arbusto	Frutos para consumo humano y dieta tradicional de las comunidades andinas.
La Florida	Mora de Castilla	<i>Rubus glaucus</i>	Hierba	Frutos para consumo humano y dieta tradicional de las comunidades andinas.
La Florida	Frambuesa	<i>Rubus idaeus</i>	Arbusto	Los frutos son para consumo humano y comercialización en las zonas aledañas.
Guachucal	Barrabás	<i>Rumex acetosella</i>	Hierba	Los frutos en infusión ayudan a aliviar el dolor de estómago, mientras que las hojas en infusión sirven como cicatrizante para la gastritis. La baba del tallo es cicatrizante.
Guachucal	Fredolin	<i>Rumex sp.</i>	Hierba	Alimentación de cuyes y conejos.
La Florida, Guachucal, El Encano	Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Hierba	Hierba aromática. Las hojas en infusión se usan para tratar dolores estomacales. Se cree que la planta tiene propiedades abortivas. También se usa en el tratamiento del "mal aire".
La Florida	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Hierba	El jugo de caña y sus derivados son para el consumo humano. Con el jugo de caña se prepara la panela y la miel, que a su vez se emplean para la preparación del guarapo y la chicha. Una vez exprimida, la planta se usa como cobertura muerta.
Consacá	Manguipaca	<i>Salvia cf. palifolia</i>	Hierba	Las flores en infusión sirven para alivianar la tensión arterial. También es utilizada como alimento para cuyes y conejos.
Guachucal	Junjún	<i>Salvia macrostachya</i>	Arbusto	Planta sagrada contra el mal de aire y sube la energía. Las hojas secas en aromática alivian el dolor menstrual.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Consacá, Guachucal	Tilo o saúco	<i>Sambucus nigra</i>	Árbol	Uso medicinal de hojas y flores. Flores en infusión con miel de abejas para tratar la tos; flor hervida con leche para tratar la tos. Las hojas cocinadas se usan para baños y limpias. Los frutos son alimento para las aves silvestres.
Guachucal	Pillo	<i>Sapium glandulosum</i>	Árbol	Es tóxico y se usa para cercas vivas.
El Encano	Moquillo	<i>Sauraria bullosa</i>	Árbol	Frutos comestibles. Los cogollos en aromáticas aceleran las contracciones en las mujeres embarazadas.
Guachucal	Moquillo	<i>Sauraria micayensis</i>	Árbol	Frutos para la limpieza del hígado. Los animales lo usan como purgante.
Guachucal	Canayuyo	<i>Senecio vulgaris</i>	Hierba	Alimentación de cuyes y conejos.
Consacá	Candelilla	<i>Senna spectabilis</i>	Arbusto	Repelente.
Guachucal	Colla negra	<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Árbol	Forraje.
La Florida	Yacón	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Hierba	Los tubérculos se emplean en la alimentación humana. Su consumo se asocia con el aumento de las defensas humanas.
La Florida, Guachucal, El Encano	Hierba mora	<i>Solanum americanum</i>	Hierba	Las hojas cocinadas se usan para desinfectar heridas. Las hojas en infusión se emplean para la limpieza del hígado, y las hojas en emplasto, para cicatrizar y desinflamar golpes.
Consacá, Guachucal	Canayuyo	<i>Sonchus oleraceus</i>	Hierba	Uso para el cuidado de los dientes. Alto contenido de potasio. Alimento para cuyes y conejos. Las hojas se sirven en ensaladas.
Consacá	Obo	<i>Spondias purpurea</i>	Árbol	Frutos comestibles. Fermentos con frutos.
Guachucal	Verbena	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Arbusto	Forraje: alimento para cuyes. Uso medicinal de hojas en infusión para la gripa.
El Encano	orquídea blanca	<i>Stelis</i> sp.	Hierba	Ornamental.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Guachucal	Consuelda	<i>Symphytum officinale</i>	Hierba	Hojas para los golpes, torceduras y fracturas. Ayuda a cicatrizar y pegar los huesos. Las flores sirven para reducir el colesterol. La planta se usa como biofertilizante por ser alto en potasio.
La Florida	Flor de muerto	<i>Tagetes erecta</i>	Hierba	Planta que se usa como repelente. Es uno de los ingredientes para la elaboración de bioinsecticidas.
La Florida	Anisillo	<i>Tagetes lucida</i>	Hierba	Hierba aromática. Se emplea como planta repelente en las huertas. Las hojas en infusión se usan para tratar los síntomas de la gripa.
Consacá	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Árbol	Frutos comestibles, elaboración de jugos y dulces.
Consacá, Guachucal	Diente de león o chicoria	<i>Taraxacum officinale</i>	Hierba	Las hojas en infusión se usan para la limpieza de los riñones, y las raíces en infusión, para limpiar el hígado. La planta se emplea como repelente de insectos. Retiene agua donde está plantada. Se usa en la alimentación de cuyes y conejos.
El Encano	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Hierba	Condimento para comida.
El Encano	Pukasha	<i>Tibouchina sp.</i>	Árbol	Maderable para postes.
La Florida	Botón de oro	<i>Tithonia diversifolia</i>	Arbusto	Alimentación para cuyes y ganado. Se usa como cobertura y cercas vivas.
Guachucal	Mote	<i>Tournefortia fuliginosa</i>	Árbol	Los frutos son alimento de aves silvestres. Es un fijador de pintura en los teñidos y fijador de nutrientes al suelo.
La Florida	Nacedero	<i>Trichantera gigantea</i>	Árbol	Preserva el agua. Las hojas deshidratadas se usan para elaborar concentrado para especies menores. Forraje verde y cerca viva.
La Florida	Trébol	<i>Trifolium repens</i>	Hierba	Se usa como cobertura vegetal viva del suelo. Las hojas sirven como forraje para la alimentación animal.
Guachucal	Palo santo	<i>Vallea stipularis</i>	Árbol	Ornamental. Alimento de aves silvestres.
Consacá	Mayorquín	<i>Varronia polycephala</i>	Arbusto	Alimento para aves. Se usa para la limpieza de la casa.

Localidad	Nombre local	Nombre científico	Hábito	Usos
Guachucal	Chilacuán	<i>Vasconcellea pubescens</i>	Árbol	Frutos comestibles. Las hojas en infusión se usan para hacer caminar a los niños. Con las hojas se ablanda la carne.
Guachucal	Colla blanca	<i>Verbesina arborea</i>	Árbol	Alimentación de ganado. Las hojas en emplasto se usan para desinflamar.
Guachucal	Pelotillo	<i>Viburnum pichinchense</i>	Árbol	Maderable. Los frutos los consumen las aves silvestres.
Guachucal	Haba	<i>Vicia faba</i>	Hierba	Las hojas se hierven con leche y alivian la tos. El emplasto de las hojas se usa para curar los nacidos en la piel.
Consacá	Coralia	<i>Vigna unguiculata</i>	Hierba	Forraje. Las hojas sirven para la alimentación de animales.
Guachucal, El Encano	Encino	<i>Weinmannia balbisiana</i>	Árbol	Los frutos se utilizan para teñir prendas de vestir, y las hojas, como coagulantes, antibiótico y antiinflamatorios.
El Encano	Encino	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Árbol	Árbol nativo.
La Florida, Guachucal, El Encano	Maíz o choclo	<i>Zea mays</i>	Hierba	Las mazorcas son fundamentales para la dieta andina. Las hojas y los residuos del fruto se usan para alimentación animal. Los pelos de la mazorca en infusión limpian los riñones. El maíz es considerado una planta de poder.

Nota: El listado se construyó a partir de los recorridos a los predios durante 2 y 3 horas. Se describen los valores de uso directo, las taxonomías locales, los hábitos y los nombres científicos.

Fuente: Elaboración propia

Codiseño de huertos

Se diseñaron 16 huertos comunitarios que se distribuyeron en los cuatro municipios donde se realizaron las escuelas de campo para agricultores (figuras 45 y 48). Como resultado, productores y productoras identificaron 125 especies de plantas para sus huertas, entre ellas 45 especies de aromáticas (36%), 29 especies de frutales (23%),

28 especies de hortalizas (22%), 10 especies de raíces y tubérculos (8%) y 13 especies restantes de cereales y pseudocereales, legumbres, especies ornamentales y árboles nativos (figura 46). El número promedio de especies de plantas por huerto varió entre 14 y 64 especies, con un promedio de 32 y una desviación estándar de 12.

De las especies de plantas más sembradas en las huertas, con una frecuencia igual o superior al 75%, se encontraron: lechuga, acelga, repollo, remolacha, zanahoria y perejil. Con frecuencias del 50% al 74%, se registraron las siguientes especies, en orden descendiente de frecuencia: manzanilla, uvilla, tomate de árbol, coliflor, orégano, romero, tomillo, fresa, espinaca, arracacha, menta, violeta, ajo, brócoli, rábano, ají, haba y papa. Asimismo, con frecuencias entre el 49% y 35%, se encontraban

especies como hierbabuena, ruda, chilacuan, mora, cebolla de bulbo, cebolla de rama, apio, ajeno, cedrón, quinoa, maíz, ollocos, alfalfa, reina Claudia, ocas, eneldo, valeriana, poleo, curuba, manzana, cebolla puerro, cilantro cimarrón, pepino, pimentón, tomate Cherry y arveja. Se incluyeron 78 especies entre 1 y 3 huertos (con frecuencias iguales o inferiores al 24%), por lo que se consideran raras o poco frecuentes. Todo el listado de especies se puede consultar en la tabla 13.

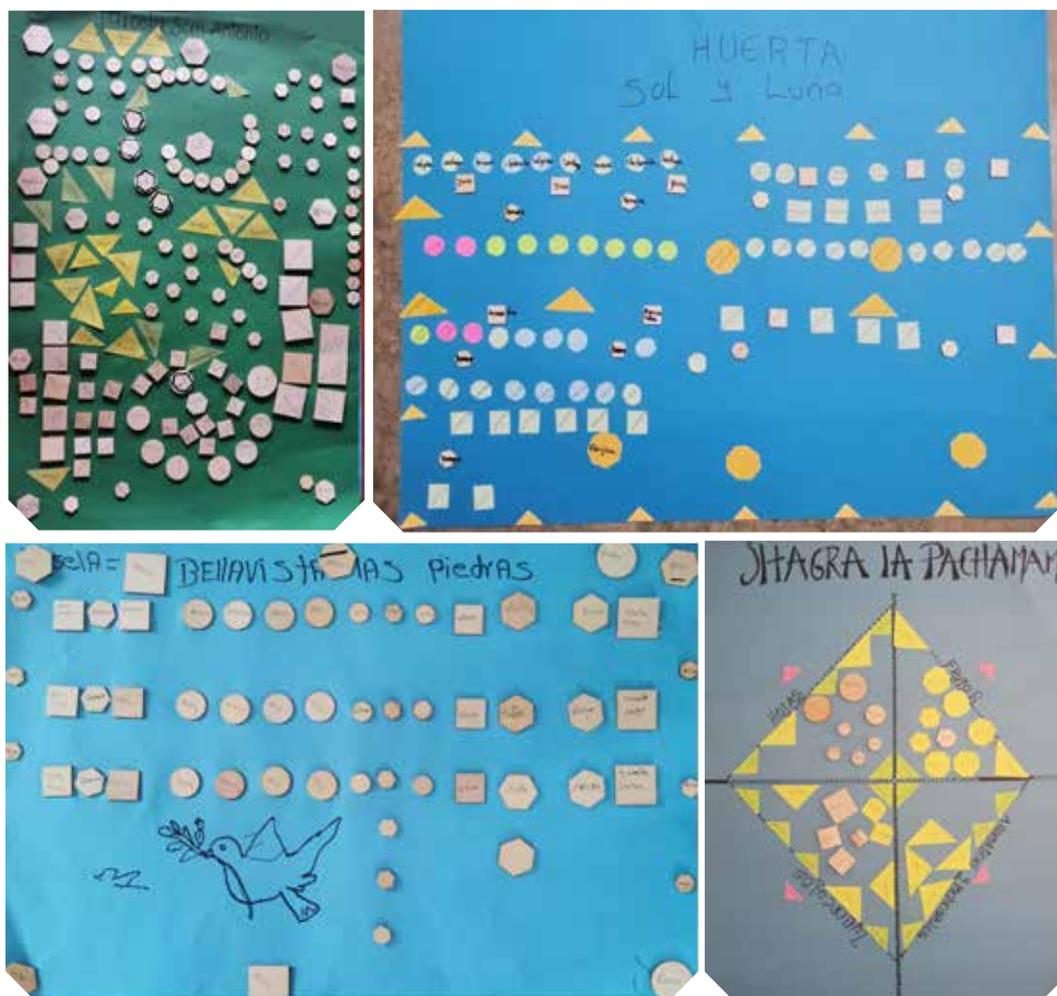


Figura 45. Muestra de los diseños de huertos de trabajo colaborativo.

Fuente: Productores y productoras de la ACFC, de los municipios de Pasto, Tangua, Guachucal, Consacá y La Florida

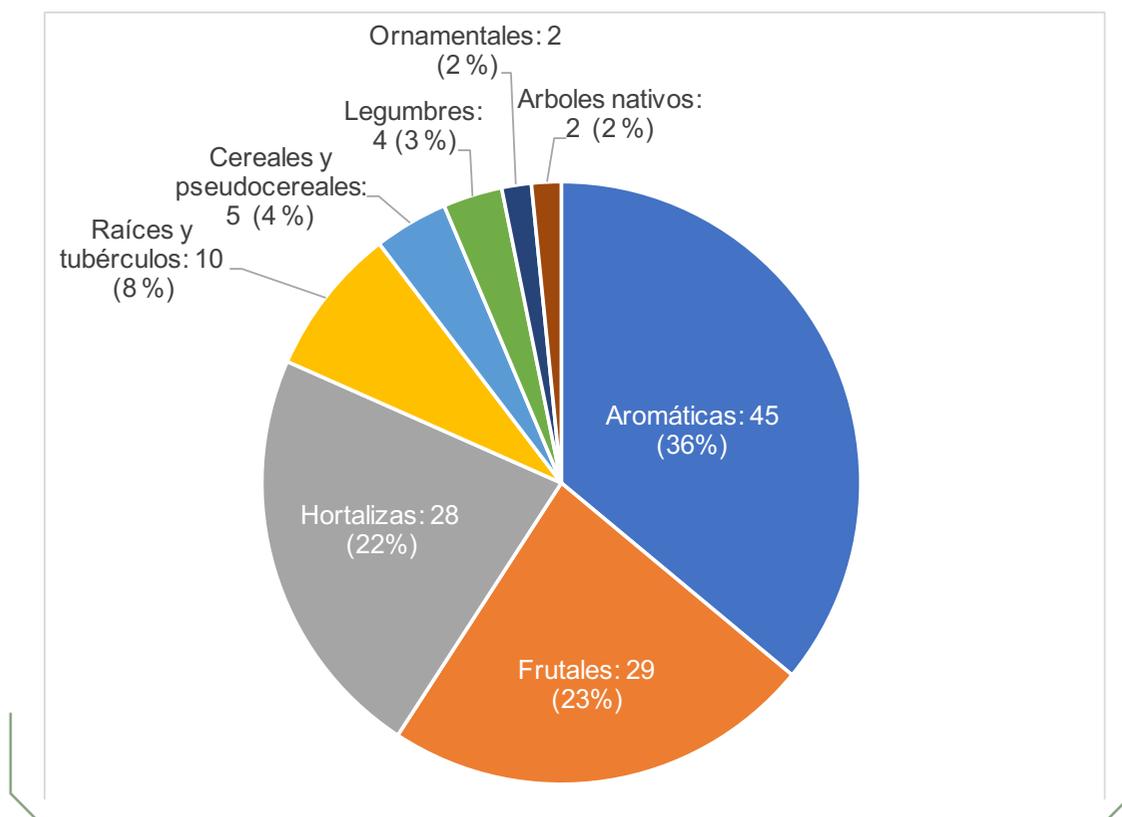


Figura 46 . Principales grupos alimentarios de las especies de plantas seleccionados por productores y productoras de la ACFC de Nariño para la siembra en los huertos orientados a la seguridad alimentaria y nutricional, y la soberanía alimentaria.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Listado de especies vegetales incluidas en las parcelas de trabajo colaborativo

Grupo alimentario	Familia	Nombre común	Especie	Frecuencia
Árboles o arbustos nativos	Myrtaceae	Arrayán	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh	13 %
Árboles o arbustos nativos	Ericaceae	Chaquilulo	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C.Sm.	6 %
Aromáticas	Asteraceae	Caléndula	<i>Calendula officinalis</i> L.	69 %
Aromáticas	Asteraceae	Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	63 %
Aromáticas	Lamiaceae	Orégano	<i>Origanum vulgare</i> L.	56 %
Aromáticas	Lamiaceae	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	56 %
Aromáticas	Lamiaceae	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i> L.	56 %

Grupo alimentario	Familia	Nombre común	Especie	Frecuencia
Aromáticas	Lamiaceae	Menta	<i>Mentha x piperita</i> L.	50%
Aromáticas	Lamiaceae	Hierbabuena	<i>Mentha spicata</i> L.	44%
Aromáticas	Rutaceae	Ruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	44%
Aromáticas	Asteraceae	Ajenjo	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	38%
Aromáticas	Verbenaceae	Cedrón	<i>Aloysia citridora</i> Palau	38%
Aromáticas	Fabaceae	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.	31%
Aromáticas	Apiaceae	Eneldo	<i>Anethum graveolens</i> L.	25%
Aromáticas	Apiaceae	Valeriana	<i>Sanicula liberta</i> C&S	25%
Aromáticas	Lamiaceae	Poleo	<i>Satureja brownei</i> (Sw.) Briq.	25%
Aromáticas	Lamiaceae	Toronjil	<i>Melissa officinalis</i> L.	19%
Aromáticas	Lamiaceae	Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i> L.	19%
Aromáticas	Lamiaceae	Orégano	<i>Origanum majorana</i> L.	19%
Aromáticas	Malvaceae	Malva olorosa	<i>Lavatera</i> sp.	19%
Aromáticas	Myrtaceae	Alcachofa	<i>Cinara scolymus</i> L.	13%
Aromáticas	Amaranthaceae	Escansel/ Escancé	<i>Alternanthera</i> sp.	13%
Aromáticas	Amaranthaceae	Paico	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	13%
Aromáticas	Apiaceae	Anís	<i>Pimpinella anisum</i> L.	13%
Aromáticas	Boraginaceae	Borraja	<i>Borago officinalis</i> L.	13%
Aromáticas	Brassicaceae	Alhelí	<i>Matthiola incana</i> (L.) R.Br.	13%
Aromáticas	Piperaceae	Congona	<i>Peperomia subspathulata</i> Yunck	13%
Aromáticas	Solananceae	Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i> L., Sp. Pl.	13%
Aromáticas	Asteraceae	Altamisa	<i>Ambrosia artemisifolia</i> L.	6%
Aromáticas	Asteraceae	Gallinazo	<i>Tagetes elliptica</i> Sm.	6%

Grupo alimentario	Familia	Nombre común	Especie	Frecuencia
Aromáticas	Asteraceae	Flor de muerto	<i>Tagetes erecta</i> L.	6%
Aromáticas	Boraginaceae	Consuelda	<i>Symphytum officinale</i> L.	6%
Aromáticas	Lamiaceae	Lavanda	<i>Lavandula dentata</i> L.	6%
Aromáticas	Lamiaceae	Matico	<i>Lepechinia conferta</i> (Benth.) Epling.	6%
Aromáticas	Lamiaceae	Orégano (hoja grande)	<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng	6%
Aromáticas	Lamiaceae	Junjún	<i>Salvia macrostachya</i> Kunth	6%
Aromáticas	Lamiaceae	Salvia	<i>Salvia</i> sp.	6%
Aromáticas	Lauraceae	Laurel	<i>Laurus nobilis</i> L.	6%
Aromáticas	Linaceae	Linaza	<i>Linum usitatissimum</i> L., Sp. P.	6%
Aromáticas	Malvaceae	Malva alta	<i>Lavatera arborea</i> (L.) Webb & Berthel.	6%
Aromáticas	Poaceae	Limoncillo	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	6%
Aromáticas	Rosaceae	Cerote	<i>Hesperomeles glabrata</i> Pers.	6%
Aromáticas	Urticaceae	Ortiga	<i>Urtica dioica</i> L.	6%
Aromáticas	Violaceae	Violeta	<i>Viola odorata</i> L.	6%
Aromáticas	Fabaceae	Maní forrajero	<i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W. C. Greg.	6%
Aromáticas	Fabaceae	Crotalaria	<i>Crotalaria</i> sp.	6%
Aromáticas	Fabaceae	Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i> L.	6%
Frutales	Solanaceae	Uvilla	<i>Physalis peruviana</i> L.	63%
Frutales	Solanaceae	Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i> Cav.	63%
Frutales	Rosaceae	Fresa	<i>Fragaria × ananassa</i> Duch	56%
Frutales	Caricaceae	Chilacuan	<i>Vasconcellea pubescens</i> A.DC	44%

Grupo alimentario	Familia	Nombre común	Especie	Frecuencia
Frutales	Rosaceae	Mora	<i>Rubus glaucus</i> Benth	44 %
Frutales	Rosaceae	Reina Claudia	<i>Prunus domestica</i> L.	31 %
Frutales	Passifloraceae	Curuba	<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir.	25 %
Frutales	Rosaceae	Manzana	<i>Malus</i> sp.	25 %
Frutales	Myrtaceae	Feijoa	<i>Acca sellowiana</i> (O. Berg.) Burret	19 %
Frutales	Rutaceae	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	19 %
Frutales	Ericaceae	Mortiño	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	13 %
Frutales	Lauraceae	Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	13 %
Frutales	Musaceae	Plátano	<i>Musa × paradisiaca</i> L.	13 %
Frutales	Passifloraceae	Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i> Sims	13 %
Frutales	Passifloraceae	Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i> Juss	13 %
Frutales	Rosaceae	Pera	<i>Pyrus communis</i> L.	13 %
Frutales	Rosaceae	Frambuesa	<i>Rubus idaeus</i> L.	13 %
Frutales	Rutaceae	Naranja	<i>Citrus × sinensis</i> (L.) Osbeck,	13 %
Frutales	Fabaceae	Moquillo	<i>Saurauia</i> sp.	6 %
Frutales	Annonaceae	Chirimoya	<i>Annona cherimola</i> Mill., Gard. Dict., ed.	6 %
Frutales	Caricaceae	Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	6 %
Frutales	Caricaceae	Babaco	<i>Vasconcellea pentagona</i> V.M. Badillo	6 %
Frutales	Cucurbitaceae	Sandía	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum & Nakai var. <i>lanatus</i>	6 %
Frutales	Hylocereeae	Pitaya	<i>Hylocereus megalanthus</i> (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer	6 %
Frutales	Moraceae	Breva	<i>Ficus carica</i> L.	6 %
Frutales	Musaceae	Banano bocadillo	<i>Musa AA Simmonds</i>	6 %

Capítulo 5. Aproximaciones al estudio de la agrobiodiversidad de plantas en agricultura campesina, familiar y comunitaria de Nariño

Grupo alimentario	Familia	Nombre común	Especie	Frecuencia
Frutales	Oxalidaceae	Carambolo	<i>Verrhoa carambola</i> L.	6%
Frutales	Rosaceae	Durazno	<i>Prunus persica</i> (L.) Stokes, non Batsch	6%
Frutales	Vitaceae	Uva	<i>Vitis labrusca</i> L.	6%
Cereales y pseudocereales	Poaceae	Maíz	<i>Zea mays</i> L.	44%
Cereales y pseudocereales	Chenopodiaceae	Quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow	38%
Cereales y pseudocereales	Poaceae	Avena	<i>Arrhenatherum eliatum</i> (L.)	6%
Cereales y pseudocereales	Poaceae	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i> L.	6%
Cereales y pseudocereales	Poaceae	Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	6%
Hortalizas	Asteraceae	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.	94%
Hortalizas	Amaranthaceae	Acelga	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (L.) K. Koch	88%
Hortalizas	Brassicaceae	Repollo	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.	88%
Hortalizas	Amaranthaceae	Remolacha	<i>Beta vulgaris</i> L., Sp. Pl.	75%
Hortalizas	Apiaceae	Zanahoria	<i>Daucus carota</i> L.	75%
Hortalizas	Apiaceae	Perejil	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss.	75%
Hortalizas	Apiaceae	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i> L.	69%
Hortalizas	Brassicaceae	Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	63%
Hortalizas	Aizoaceae	Espinaca	<i>Tetragonia tetragonioides</i> (Pall.) Kuntze	56%
Hortalizas	Amaryllidaceae	Ajo	<i>Allium sativum</i> L.	50%
Hortalizas	Brassicaceae	Brócoli	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck	50%
Hortalizas	Brassicaceae	Rábano	<i>Raphanus sativus</i> L., Sp. Pl.	50%
Hortalizas	Solanaceae	Ají	<i>Capsicum pubescens</i> Ruiz & Pav.	50%

Grupo alimentario	Familia	Nombre común	Especie	Frecuencia
Hortalizas	Amaryllidaceae	Cebolla de bulbo	<i>Allium cepa</i> L.	44 %
Hortalizas	Amaryllidaceae	Cebolla de rama	<i>Allium fistulosum</i> L.	44 %
Hortalizas	Apiaceae	Apio	<i>Apium graveolens</i> L.	44 %
Hortalizas	Amaryllidaceae	Cebolla puerro	<i>Allium ampeloprasum</i> L.	25 %
Hortalizas	Apiaceae	Cilantro cimarrón	<i>Eryngium foetidum</i> L.	25 %
Hortalizas	Cucurbitaceae	Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L., Sp. Pl.	25 %
Hortalizas	Solanaceae	Pimentón	<i>Capsicum annum</i> L.	25 %
Hortalizas	Solanaceae	Tomates cherry	<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Cerasiforme</i> (Dunal) D. M. Spooner, G. J. Anderson & R. K. Jansen	25 %
Hortalizas	Amaryllidaceae	Cebollín	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	19 %
Hortalizas	Brassicaceae	Repollo morado	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i> L.	19 %
Hortalizas	Fabaceae	Frijol/ Habichuela	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	19 %
Hortalizas	Amaranthaceae	Espinaca bogotana	<i>Spinacia oleracea</i> L.	13 %
Hortalizas	Cucurbitaceae	Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i> L.	13 %
Hortalizas	Solanaceae	Tomate de mesa	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	13 %
Hortalizas	Brassicaceae	Rúgula	<i>Eruca sativa</i> Mill.	6 %
Legumbres	Fabaceae	Haba	<i>Vicia faba</i> L.	50 %
Legumbres	Fabaceae	Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	25 %
Legumbres	Fabaceae	Habichuela	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	13 %
Legumbres	Fabaceae	Lupino o Chocho	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet	6 %
Ornamentales	Alstroemeriaceae	Astromelias	<i>Alstroemeria</i> sp.	6 %
Ornamentales	Rosaceae	Rosas	<i>Rosa</i> sp.	6 %

Grupo alimentario	Familia	Nombre común	Especie	Frecuencia
Raíces y tubérculos	Apiaceae	Arracacha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancr.	56%
Raíces y tubérculos	Solanaceae	Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	50%
Raíces y tubérculos	Basellaceae	Olocos	<i>Ullucus tuberosus</i> Caldas	38%
Raíces y tubérculos	Oxalidaceae	Oca	<i>Oxalis tuberosa</i> Molina	31%
Raíces y tubérculos	Convolvulaceae	Batata	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	19%
Raíces y tubérculos	Euphorbiaceae	Yuca	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	19%
Raíces y tubérculos	Asteraceae	Yacón	<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. y Endl.) H. Rob.	13%
Raíces y tubérculos	Solanaceae	Papa criolla / Papas chauchas	<i>Solanum phureja</i> Juz. & Bukasov	13%
Raíces y tubérculos	Zingiberaceae	Cúrcuma	<i>Curcuma longa</i> L.	13%
Raíces y tubérculos	Zingiberaceae	Jengibre	<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	6%

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Entre las dos metodologías empleadas para aproximarse al estudio y a la gestión de la agrobiodiversidad en predios de agricultores y agricultoras de la ACFC de la zona de estudio, se identificaron 273 materiales vegetales con valores de uso directo. Los herbarios digitales permitieron un inventario rápido de la diversidad vegetal en los predios de la ACFC. En este estudio, el 72% de las especies se identificó con este método y solo un 55% se registró con esta metodología. Entre las principales ventajas de la construcción participativa de herbarios digitales se encuentran la documentación de los saberes ancestrales, tradicionales y locales relacionados con las taxonomías locales, y los valores de uso de las especies, así como el diálogo horizontal

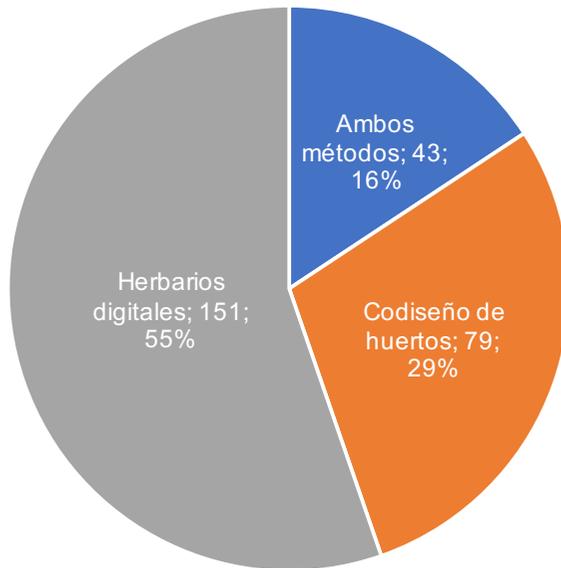
e intergeneracional entre los participantes. Por lo anterior, los herbarios digitales se recomiendan como una herramienta metodológica transdisciplinar muy poderosa para la visibilización, revaloración y transmisión del conocimiento tradicional, que contribuye a la gestión territorial autónoma, la organización social alrededor de la agrobiodiversidad y la gobernanza del territorio de las comunidades campesinas e indígenas.

Con respecto a la metodología de co-diseño de los huertos, en este estudio el 46% de las especies fue identificado con este método y el 29% se registró de manera exclusiva con esta metodología (figura 47). Una de las ventajas de esta metodología es que apoya el diseño de huertas

diversas para la seguridad y la soberanía alimentaria, por lo que su establecimiento en pequeñas parcelas puede contribuir a la mejora de la diversidad de la dieta de las familias y a un manejo agronómico basado en la introducción de especies con funciones ecológicas específicas: fijación de nitrógeno y manejo de la fertilidad de suelo, y aumento de las poblaciones de insectos benéficos, como polinizadores y agentes de control biológico, entre otras.

En el establecimiento de estas huertas, se observó que en la mayoría de los casos las especies no se encuentran disponibles en viveros locales, a excepción de especies para cultivos comerciales como las hortalizas (brócoli, coliflor, repollo, lechuga, espinaca, pimentón, ají, tomate, entre otras) y

algunos frutales (como uvilla, fresa, mandarina, naranjas, peras, manzanas, duraznos, aguacates, feijoas y reina Claudia). Por lo anterior, la mayor parte de las especies se gestionó con las propias comunidades y con la Red de Guardianes de Semillas de Nariño. Esta situación refleja el importante rol que las comunidades campesinas e indígenas tienen en la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad (figura 48). Por esto, es conveniente dar el reconocimiento de dicha labor al campesinado y a las comunidades étnicas, y apoyar los procesos autogestionados por estos actores para el intercambio de semillas, la dotación básica para la propagación de plantas y la conservación de semillas nativas y materiales de productor.



■ Ambos métodos ■ Codiseño de huertos ■ Herbarios digitales

Figura 47. Número de especies de plantas identificadas en cada metodología para la gestión de la agrobiodiversidad: herbarios digitales y codiseño de huertos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Chagra El Carrizo, diseñada y establecida por productores indígenas y campesinos del municipio de Guachuca.

Foto: Luis Antonio Aza

Esta labor de conservación de variedades criollas y nativas, que se refleja en espacios como la Red de Guardianes de Semillas, está ampliamente relacionada con otros espacios e iniciativas de conservación a nivel regional y nacional, por lo cual es de suma importancia otorgar reconocimiento a los esfuerzos por ampliar las redes de trabajo y, a su vez, vincular

a nuevos campesinos y campesinas a las iniciativas comunitarias que responden a lógicas locales y regionales por encima de las lógicas productivistas. La relación profunda entre el desenvolvimiento de las culturas, alimentarias y territoriales, con la funcionalidad ecológica es primordial en los esfuerzos por conservar y propagar dicha diversidad vegetal.

Conclusiones y recomendaciones

La producción agroecológica en las unidades de ACFC que se observa en Nariño promueve la conservación de la agrobiodiversidad como uno de sus elementos distintivos. Esta enorme diversidad confiere resiliencia socioecológica a los productores de la ACFC a través de diferentes aspectos: 1) permite una mayor oferta de

bienes y servicios ambientales relacionados directamente con la diversidad, como mejor regulación de plagas y enfermedades, mayor polinización, protección de los suelos contra erosión, aumento de la materia orgánica de los suelos, disfrute del paisaje, entre otros; 2) aumenta la autonomía alimentaria del territorio, al disponer

de una oferta variada de alimentos para el autoconsumo de las familias y la venta de excedentes; 3) promueve el intercambio de conocimientos asociados con la biodiversidad entre los miembros de la comunidad; 4) reduce la vulnerabilidad de los productores a factores como la caída de los precios de los monocultivos comerciales (por ejemplo, papa y arveja), al disponer de otros cultivos con potencial para generar ingresos, y 5) mejora la eficiencia productiva, al reducir la dependencia de insumos costosos y altamente contaminantes, por lo que se disfruta de alimentos más sanos a menor costo.

Para mantener el impacto positivo de la diversificación productiva en la ACFC, se recomienda que los programas de

fortalecimiento dirigidos a este tipo de agricultura reconozcan, visibilicen y fortalezcan las acciones desarrolladas por productores y productoras indígenas y campesinos en la documentación de los conocimientos tradicionales, locales y ancestrales relacionados con la agrobiodiversidad. Para ello, se requiere apoyar la recuperación de materiales de productor, documentar y divulgar las taxonomías locales y los métodos de propagación de especies, apoyar científica y técnicamente la limpieza fitosanitaria de semillas y las estrategias de conservación de semillas a nivel comunitario, así como la gestión de los líderes y líderes comunitarios en la conservación de la agrobiodiversidad.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los productores y productoras del corregimiento El Encano (Pasto) y a los municipios de Guachucal, La Florida y Consacá, que participaron en la construcción de herbarios digitales y en el codiseño de huertos para la seguridad alimentaria y nutricional, y la soberanía alimentaria. Asimismo, a Gissela Guerrero, por su apoyo logístico para el desarrollo de los herbarios digitales, y a Carlos Marcillo, por su apoyo en el codiseño de huertos. A la Gobernación de

Nariño, al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Información y al Sistema General de Regalías, por el financiamiento de estas actividades a través del proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del COVID-19, en la subregión centro del departamento de Nariño”, código BPIN 2020000100702.

Referencias

- Bernal, R., Galeano, G., Cordero, Z., Cruz, P., Gutiérrez, M., Rodríguez, A., & Sarmiento, H. (2006). *Diccionario de nombres comunes de las plantas de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Bernal, R., Gradstein, S. R., & Celis, M. (Eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio]. (2020). *Centros de plantas cultivadas*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/evolucion-bajo-domesticacion/centrosPlantas>

- Harari, N. Y. (2015). *Sapiens. A Brief History of Humankind*. HarperCollins.
- Kessler, M. (2001). Maximum Plant-Community Endemism at Intermediate Intensities of Anthropogenic Disturbance in Bolivian Montane Forests. *Conservation Biology*, 15(3), 634-641. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.015003634.x>
- López-García, D., & Guzmán-Casado, G. (2013). *Metodologías participativas para la transición agroecológica*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE).
- Naciones Unidas. (1992). *Convención sobre la diversidad biológica*. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Torres, J., & Velásquez, D. (2007). Successful experiences of sustainable land use in hyperarid, arid and semiarid zones from Peru. En M. Sivakumar, & M. Ndiang'ui (Eds.), *Climate and Land degradation* (pp. 501-521). Springer Berlin Heidelberg.
- Vavilov, N. I. (1994). *Origin and geography of cultivated plants*. Cambridge University Press.
- Young, K. R., Ulloa Ulloa, C., Luteyn, J. L., & Knapp, S. (2002). Plant Evolution and Endemism in Andean South America: An Introduction. *The Botanical Review*, (68), 4-21. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0004:PEAEIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0004:PEAEIA]2.0.CO;2)

Capítulo 6. La caracterización del paisaje y su utilidad en las transiciones agroecológicas: el estudio de caso de Gualmatán, Pasto, Nariño

Pedro Pablo Bacca Acosta, Yaritza del Carmen Galvis Burbano, Eliana Martínez Pachón, Jeisson Rodríguez Valenzuela

Resumen

El sector agropecuario en Colombia representa una de las actividades económicas más importantes para muchas poblaciones en áreas rurales remotas, e incluso en zonas que por la vocación de uso del suelo se encuentran en periferias de los cascos urbanos. Sin embargo, se evidencia que el manejo inadecuado de la agricultura extensiva a diferentes escalas puede impactar significativamente los recursos naturales y se convierte en uno de los principales causantes de fragmentación de ecosistemas. La baja diversificación de los sistemas productivos —aunada a prácticas inadecuadas de manejo—, el desconocimiento de los servicios ecosistémicos que puede brindar el paisaje y una deficiente planificación predial son una realidad cotidiana de muchas zonas rurales del departamento de Nariño. Por esta razón, el caso de estudio analizado en el corregimiento de Gualmatán, de San Juan de Pasto, busca identificar las dinámicas productivas y el uso del suelo a través de una caracterización

paisajística mediante fotografías aéreas con dron, fotointerpretación y otros métodos para determinar el estado actual de las condiciones biofísicas del paisaje. Dentro de los resultados encontrados se observó que la distribución de la tierra la dan las familias campesinas que tradicionalmente producen especies agrícolas de ciclo corto, ganadería bovina de leche y especies menores, bajo esquemas de minifundio. Sin embargo, se puede evidenciar una baja conectividad de la vegetación natural que promueva la biodiversidad y el escaso establecimiento de especies arbustivas y arbóreas que potencialicen los servicios ecosistémicos. Por lo anterior, se espera que los resultados de este estudio sirvan como herramientas para una planificación futura del uso del suelo hacia una transición agroecológica, con miras a mejorar el potencial productivo, el uso eficiente de los recursos ecosistémicos y la conservación y protección del medio ambiente.

Introducción

Algunas acciones antrópicas sobre los ecosistemas naturales han causado impactos significativos en las dinámicas del paisaje. La constante búsqueda de satisfacción de necesidades humanas la mayoría de las veces implica hacer uso inadecuado de los recursos naturales, lo cual contribuye a la modificación del entorno donde el hombre y otras especies interactúan. Un ejemplo de esto se puede evidenciar en la fragmentación de los ecosistemas a causa de disturbios antropogénicos (Geneletti, 2004), como la industrialización a mediana y gran escala, la minería, la deforestación, la expansión urbana y la agricultura intensiva y extensiva en zonas rurales remotas (Ramalho et al., 2014), o incluso en la periferia de las pequeñas y grandes ciudades (Salvati et al., 2014). Lo anterior ha traído como consecuencia la contaminación de los recursos suelo y agua, así como polución, pérdida de la biodiversidad, cambios de la composición y estructura ecológica en determinados espacios (ecosistemas), lo cual se conoce como *paisajes transformados* (Blanco-Arroyo, 2015).

La agricultura urbana y periurbana, o producción agropecuaria, que está muy cerca de las cabeceras municipales es una alternativa económica para muchas comunidades; sin embargo, es innegable que, según sus prácticas y esquemas productivos, lleguen a repercutir en las dinámicas del paisaje (Páez Barahona, 2020). El sur del departamento de Nariño, específicamente en el corregimiento de Gualmatán, municipio de Pasto, se caracteriza por su producción de hortalizas, ganadería de leche y especies menores, a partir del enfoque de la agricultura campesina familiar y comunitaria (ACFC). Este capítulo aborda la caracterización de los agroecosistemas de

este corregimiento utilizando tecnologías y métodos contemporáneos que implican la evaluación paisajística, que sirven como línea base para la futura toma de decisiones, en la que se incluye la planificación predial.

La forma de apropiación del territorio por parte de las sociedades humanas determina la sostenibilidad y resiliencia socioecológica del paisaje; por esto, identificar cómo una sociedad se relaciona, se apropia y se representa en un lugar es indispensable para implementar políticas públicas, medidas de conservación, ordenamiento territorial y mecanismos de aprovechamiento sostenible (Reyes Pozo et al., 2019).

Este contexto biofísico y social de la zona de estudio permite tener una idea de la ecología del paisaje y de la interpretación e interrelación de las comunidades humanas sobre el territorio y la naturaleza. A su vez, otorga una mirada de la influencia del componente social sobre el ambiental; es decir, ¿cómo se han aprovechado los recursos naturales para desarrollar las actividades económicas basadas en la agricultura? Al respecto, Burel y Baudy (2002) mencionan que la dinámica paisajística depende de las relaciones entre las sociedades y su ambiente, creando estructuras cambiantes en el espacio y en el tiempo. En este sentido, la ecología del paisaje integra el objeto de estudio; es decir, el paisaje, el medio y la sociedad, y sus efectos sobre los efectos ecológicos estudiados.

En las transiciones agroecológicas de los sistemas productivos, la gobernanza del territorio es usualmente uno de los factores con menor grado de desarrollo. Esto se debe, en parte, a que las acciones a la escala de paisaje presentan un grado de

dificultad mayor con respecto al cambio de prácticas productivas en los predios individuales, puesto que requieren esquemas de gobernanza de tipo comunitario y colectivo, que están asociadas a la existencia de un tejido social bien consolidado. Además, los mecanismos de participación para las comunidades, aunque están definidos en las normas, en la práctica son pocos los ejemplos de una verdadera participación de la población en la gobernanza de los recursos comunes del territorio.

Las dinámicas espaciales y temporales de transformación del paisaje afectan los niveles de provisión de los servicios ecosistémicos (SE) en los territorios. Desde la perspectiva ecológica, en las transiciones agroecológicas se debe fomentar un manejo de los recursos naturales que optimice la provisión de SE a la escala de paisaje: por esto, caracterizar la estructura del paisaje y determinar en qué medida esta afecta la provisión de SE es necesario para avanzar hacia una agricultura sostenible.

Partiendo de lo anterior, en este capítulo se presenta el análisis de algunos componentes de la estructura del paisaje en el corregimiento de Gualmatán en el municipio de Pasto, como un estudio de caso que permite entender de qué manera las actividades económicas y productivas que se desarrollan a lo largo de la historia de poblamiento de un territorio determinan la estructura y función del paisaje. Asimismo, ayuda a entender en qué medida la interfase campo-ciudad determina el grado de intensificación de los usos del suelo y las actividades productivas que se desarrollan en el territorio.

Gualmatán se encuentra a 7 km del occidente de Pasto. Es un corregimiento de uso agrícola e industrial, su temperatura promedio es de 10 °C y está ubicado a una

altitud de 2.800 m s. n. m.; su población aproximada es de 3.000 habitantes. Entre los principales sistemas de producción agrícola que tiene Gualmatán se destacan los cultivos de crucíferas (brócoli, coliflor y repollo) y otras especies como papa, maíz, frijol, arveja, ulluco, haba, lechuga, tomate, mora, entre otros. El sistema productivo de cuyes en pequeña escala también forma parte de su economía, sirve como sustento en la nutrición familiar y es una de las principales fuentes de ingresos económicos. Respecto a la historia de poblamiento, se ha documentado que Gualmatán fue poblada por tribus indígenas Quillacingas. En cuanto al origen de su nombre, algunos pobladores indican que el vocablo Gualmatán viene de la palabra "gualdo" que es un instrumento de madera que se utilizaba para trillar el trigo; otros, por su parte, mencionan que Gualmatán hace referente a "loma de flores bañada por un manantial".

Una de las principales problemáticas en este corregimiento es el acceso a la tierra, debido a que su distribución es a partir de esquemas de minifundio (<1 ha). El derecho a la propiedad y el uso del suelo lo manejan comunidades campesinas que por tradición familiar han tenido acceso a estos predios y les ha sido posible beneficiarse de la agricultura y la ganadería bovina de leche y especies menores (cuyes y gallinas) a pequeña escala. Sin embargo, es evidente que en el uso del suelo de este corregimiento se presenta una baja diversificación agrícola, pues se observa un solo sistema productivo como principal fuente de ingreso por familia campesina; un ejemplo de esto es la réplica de pequeños cultivos de una sola especie en algunos predios. De esta manera, la suma de pequeños predios colindantes con el mismo sistema productivo se puede interpretar como monocultivo,

que a su vez homogeniza el paisaje, lo cual genera impactos significativos sobre este (Altieri, 2009; Bogužas et al., 2022).

En este capítulo, el objetivo es brindar información general del contexto biofísico de una pequeña área del corregimiento de Gualmatán, haciendo uso de imágenes aéreas tomadas con dron, la aplicación

de índices de vegetación y clasificación supervisada para su posterior rectificación en campo. Esta información permite diseñar estrategias relacionadas con protección de la biodiversidad, la conectividad de ecosistemas el manejo sostenible del territorio y la generación de planes agroambientales.

Metodología

La caracterización del paisaje de Gualmatán se realizó mediante la toma de fotografías aéreas con dron y fotointerpretación asistida para la identificación de los tipos

de coberturas de uso del suelo. A continuación, se describen los pasos que se llevaron a cabo en cada etapa del proceso.

Toma de fotografías aéreas con dron

Se construyó un plan de vuelo para la caracterización del paisaje del corregimiento de Gualmatán. Antes del trabajo de campo con el uso del dron, fue importante evaluar variables como las condiciones meteorológicas, y asimismo conocer el contexto virtual de la zona de estudio. Tener este

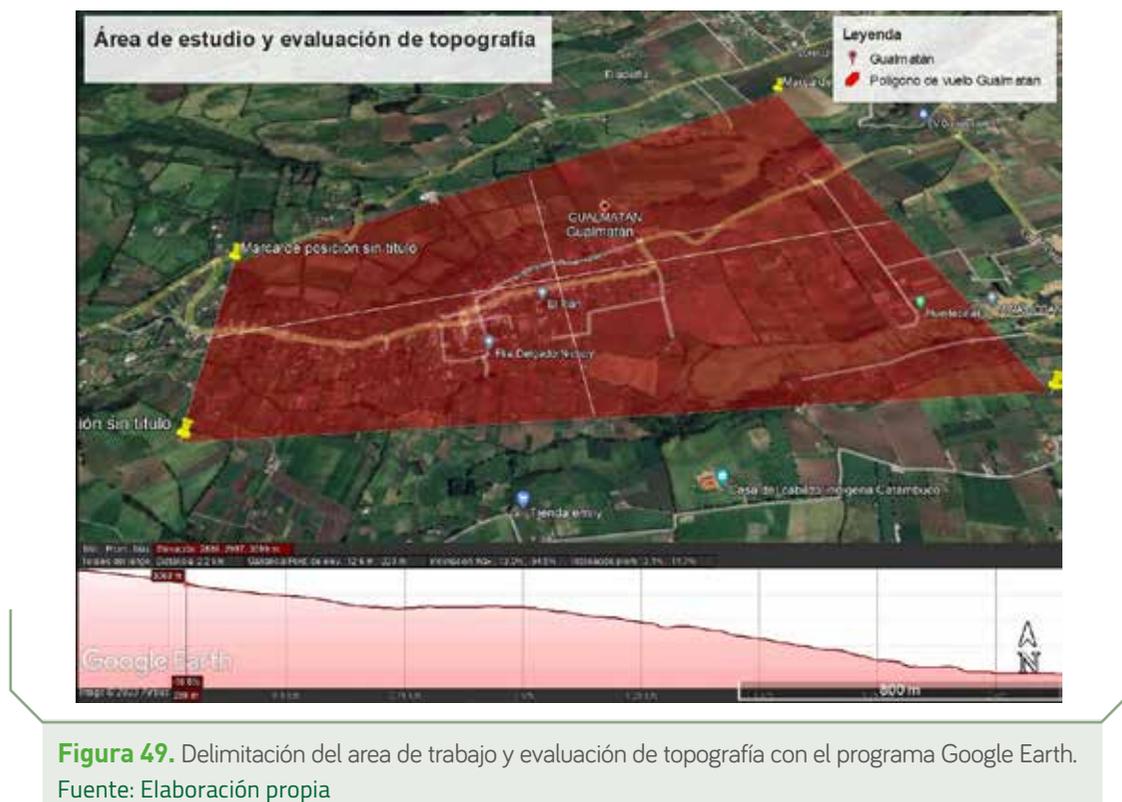
tipo de información previamente permitió reducir riesgos de colisión de la aeronave ocasionada comúnmente por fuertes vientos o topografía; de igual manera, ayudó a tener una mejor planificación con respecto al área de vuelo o zona de estudio.

Definición de área de trabajo

Mediante programas de acceso libre como Google Earth se generó un archivo tipo kml, en el cual se delimitó el área de estudio y se revisaron las condiciones topográficas del sitio de trabajo a través de la herramienta “mostrar perfil de elevación” (figura 49). Este tipo de ejercicio permitió mejorar la planificación de los vuelos automáticos mediante programas como Pix4D, que se descargaron en el dispositivo móvil; de esta manera, se evitaron colisiones del dron con motañas y se eligió un buen punto para el despegue de la aeronave.

A continuación, se definen algunos de los parámetros que se utilizaron para la planificación de vuelo con dron:

- **Distancia de muestreo del suelos (GSD, por sus siglas en inglés):** este parámetro indicó la distancia entre los puntos centrales de las muestras tomadas del terreno; cada una de estas es un pixel, por lo que el GSD definió el nivel de detalle del plan de vuelo.
- **Altura de vuelo:** dependiendo del objetivo de investigación y del área de vuelo, esta variable puede ser distinta para



cada misión que se programe: llega a estar entre 30 m y 800 m, según las características del equipo del dron que se esté utilizando. Es relevante tener en cuenta la normatividad que rige en la zona; por ejemplo, para el caso de estudio no podía superar los 120 m de altura, y la altura de vuelo con la que se trabajó fue de 118 m.

- **Traslapes:** según la Asociación de Profesionales de Drones, se recomienda definir un traslape frontal de mínimo el 70% y un traslape longitudinal de mínimo el 60%, pero esta configuración depende mucho de las condiciones del terreno; por lo tanto, si se cuenta con un terreno ondulado, como usualmente se tiene en el departamento de Nariño, esta variable puede ser mayor. En este caso, el valor del porcentaje utilizado fue del 70% frontal y longitudinal.

- **Velocidad del viento y tiempo atmosférico:** esta es una de las variables más importantes para tener en cuenta antes del vuelo o la misión. Para ello, existen aplicaciones que permiten predecir cómo serán las condiciones atmosféricas; en este caso, se usó UAV Forecast, que permitió analizar la dirección del viento, la temperatura, la nubosidad y la precipitación de la zona de vuelo con dos días de anticipación a la misión; así, se pudieron prever algunas situaciones que posiblemente dificultan la misión. De igual manera, con la revisión de estos parámetros, la aplicación emite una recomendación si las condiciones atmosféricas son favorables o no para volar.

Contexto sociocultural y características biofísicas del sitio de estudio

Durante esta fase de trabajo, fue importante conocer el contexto de la zona de estudio y establecer puntos de referencia o puntos de interés, lo que ayudó a georeferenciar mejor las imágenes obtenidas en campo, y a disminuir el grado de error en la etapa de procesamiento. Este proceso permitió al piloto del dron y profesional agrícola conocer de manera general qué sistemas de producción están presentes, lo cual es favorable porque en la etapa de procesamiento de la información, como la digitalización,

se contará con información valiosa, por ejemplo, la dinámica productiva de la zona de trabajo. En lo concerniente al contexto cultural, este ejercicio fue necesario ya que permitió acercar y familiarizar a la comunidad a este tipo de tecnologías, y despertó el interés de los más jóvenes. Con esto, se puede vincular a los jóvenes nuevamente al campo y contribuir al relevo generacional a través de la capacitación en este tipo de herramientas tecnológicas.

Generación de fotografías aéreas

Después de realizar la planificación de vuelo en el área de interés, se revisaron, junto con la comunidad del sector, temas como puntos de interés biofísicos y sistemas productivos más relevantes. Luego, se procedió a cargar el plan de vuelo sobre el dispositivo móvil mediante diferentes

software, para este caso Pix4D. En este punto, se definieron parámetros como altura de vuelo, traslape, ruta de vuelo y tiempo de vuelo; este último es relevante porque es necesario contar con un número de baterías suficientes para cumplir con la misión.

Procesamiento de la información para la generación de ortomosaicos del corregimiento de Gualmatán

Con las fotografías aéreas de la zona de estudio y con el programa Agisoft Metashape se llevó a cabo el procesamiento fotogramétrico de imágenes aéreas para su uso en sistemas de información geográfica, lo que permitió realizar mediciones de objetos de varias escalas. A continuación, se presenta de manera general la metodología para el procesamiento de imágenes obtenidas en la zona de trabajo:

- Se agregan las imágenes al software usando la herramienta "flujo de trabajo" mediante la opción "añadir fotos".

- Se definen el sistema de coordenadas y la alineación de las fotografías cargadas en el programa.
- Se crea la nube de puntos. Las fotografías aéreas se unifican para generar una gran imagen conocida como ortomosaico.

El ortomosaico de sitio es el resultado final del proceso, y cuenta con sistema de coordenadas que se puede usar en programas de información geográfica para digitalización, análisis espacial y cálculo de índices de vegetación, entre otras funciones (figura 50).



Figura 50. Ortomosaico de finca agrícola en la subregión centro de Nariño.

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de índices de vegetación

Una vez obtenida la información anterior a través de las bandas espectrales captadas por el equipo dron (Mavic air 2s), se calcularon los índices de vegetación relevantes en la agricultura, como GLI, VARI, NGRDI, GRVI; estos se describen a continuación.

Green Leaf Index (GLI): el índice GLI incorpora las tres bandas del visible y presenta gran sensibilidad a la hora de identificar todos los elementos verdes y oscuros. Si la zona cuenta con sombras, zonas húmedas verdosas o suelos desnudos húmedos y oscuros se debe tener cuidado para no clasificar zonas vegetales erróneas. Para el cálculo de este índice, se utilizó la siguiente fórmula:

$$GLI = \frac{((GREEN - RED) + (GREEN - BLUE))}{((2 * GREEN) + RED + BLUE)}$$

Visible Atmospherically Resistant Index (VARI): de la misma manera que el GLI, este índice define la medida en la que un área presenta fracciones verdes. Para obtener este índice, se utiliza la siguiente fórmula:

$$VARI = \frac{(GREEN - RED)}{(GREEN + RED - BLUE)}$$

Difference Index (NGRDI): para este caso, hay un sencillo juego de bandas verde y roja que permite componer un índice normalizado, aunque no es tan preciso como los anteriores índices o como el tradicional NDVI. Para calcular el NGRDI, se usa la siguiente fórmula:

$$NGRDI = \frac{(GREEN - RED)}{(GREEN + RED)}$$

Fuente: Gis & Beer (2020)

Green-Red Vegetation Index (GRVI): así como NDVI, este índice presenta resultados

normalizados. Este sencillo índice juega con las bandas del verde y el rojo, y presenta una interpretación similar al caso del tradicional índice de vegetación NDVI. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$GRVI = (RED - GREEN) / (RED + GREEN)$$

A continuación, se presenta de manera general el procedimiento que se utilizó para el cálculo del índice GLI empleado para caracterizar la vegetación del corregimiento de Gualmatán en el municipio de Pasto, Nariño:

- Cargar ortofotomosaico a Qgis.
- Hacer uso de herramienta "raster" y elegir la opción "calculadora raster".
- Escribir la operación para la combinación de bandas; para el caso de GLI, la operación es GLI: $((GREEN - RED) + (GREEN - BLUE)) / ((2 * GREEN) + RED + BLUE)$, elegir la capa de salida y asignar un nombre.
- Cuando se genere la combinación de bandas es posible cambiar la simbología para que la interpretación de la imagen sea más sencilla.

Resultados

Análisis de índices de vegetación

En la figura 51, se puede observar el resultado obtenido con base en la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan, a través de los índices NGRDI, VARI, GRVI y GLI. Así, se puede establecer que los colores verdes más intensos tienen mejor grado de nutrientes y mayor vigorosidad en la biomasa; por consiguiente, cuentan con buenas condiciones fisiológicas. Por su parte, el color verde menos intenso presenta condiciones diferentes a las del color verde intenso. El área evaluada en Gualmatán cuenta con un gran porcentaje de vegetación con bajas condiciones fisiológicas, que corresponden a suelos que están en preparación o que se encuentran en barbecho.

Esta información se puede corroborar al observar el índice GRVI, el cual usa una gama de colores más intensa, como el verde para zonas de cobertura y el rojo para sectores con ausencia de vegetación. Por lo tanto, es relevante hacer uso de los índices de vegetación para conocer el grado de susceptibilidad que pueden tener diferentes sistemas

de producción, pero también es importante supervisar esta información con datos suministrados por el ortomosaico. Asimismo, es necesario hacer recorridos en un segundo momento para corroborar la información. Este ejercicio permite evitar errores en las recomendaciones que se hagan teniendo en cuenta estas herramientas.

El índice NGRDI y el VARI tienen un grado de similitud, pero también se observa que VARI presenta un tono de verde intenso; es decir, tiene mayor grado de saturación. Es probable que esta diferencia se presente porque VARI generaliza estas áreas con condiciones similares, mientras que NGRDI es mucho más específico. Según la bibliografía revisada, este índice también evalúa estados fisiológicos de las plantas, por ende, presenta más especificidad en cada pixel evaluado.

Respecto al índice GLI, se observa que tiene resultados muy similares al índice VARI, por lo que puede corroborar la información obtenida.

Caracterización productiva a partir de imágenes aéreas con dron en el corregimiento de Gualmatán, municipio de Pasto

De acuerdo con los diferentes trabajos de campo realizados para esta investigación, se establecieron como área de trabajo ocho fincas, de las cuales tres tienen sistemas productivos diversificados y cinco, solo monocultivos. Sobre estas fincas se hicieron diferentes vuelos con dron (figura 52).

Después se construyó un mapa de cobertura vegetal de la zona de trabajo a partir del ortomosaico generado. En la figura 53, se observa que a través de un análisis supervisado se establecieron seis coberturas representativas a escala 1:10.000: cercas vivas, cultivos, pastos, terrenos

preparados, vía pavimentada y vía no pavimentada.

Se caracterizó el paisaje de un área de 1,96 km², donde la mayor parte del paisaje es transformado y tan solo un 16% corresponde a coberturas naturales dispuestas en cercas vivas (tabla 14). De las coberturas antrópicas, la de mayor extensión es la de los pastos con el 43% de la cobertura total, seguida de los cultivos y terrenos preparados, los cuales corresponden al 33% del área estudiada. En relación con las construcciones (vías y viviendas), estas ocupan el 8% del área.

Tabla 14. Coberturas vegetales en ocho predios de agricultura campesina en el corregimiento de Gualmatán, Pasto

Tipo de cobertura	Área de cobertura en km ²	Porcentaje
Vía pavimentada	0,03	1
Vía no pavimentada	0,15	7
Cultivos	0,23	12
Cercas vivas	0,32	16
Terrenos preparados	0,41	21
Pastos	0,83	43
Área total	1,96	100

Fuente: Elaboración propia

Índice de vegetación	Resultado
NGRDI	
VARI	
GRVI	
GLI	

Figura 51. Cálculo de índices de vegetación mediante imágenes RGB.
Fuente: Elaboración propia

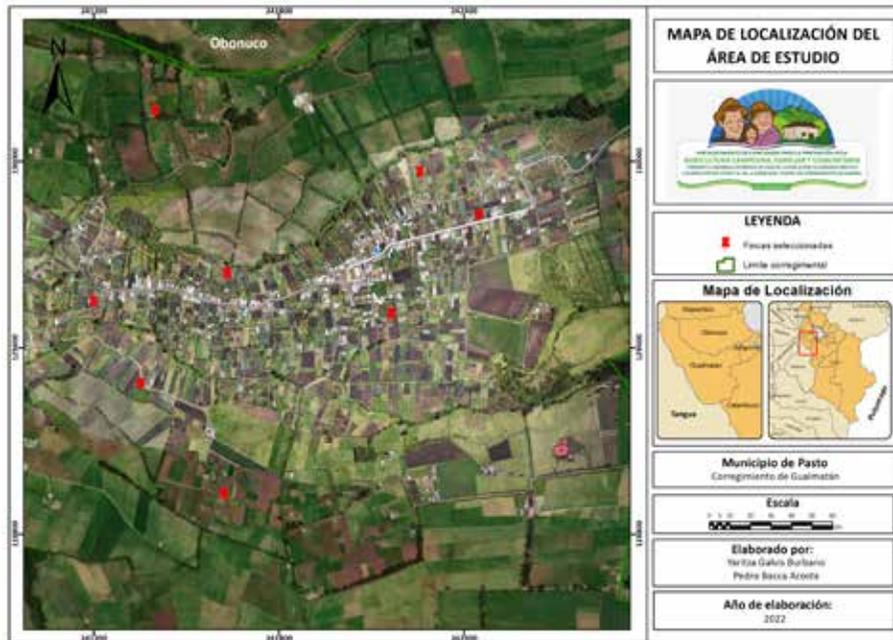


Figura 52. Ortomosaico de Gualmatán con localización de fincas en evaluación.
Fuente: Elaboración propia

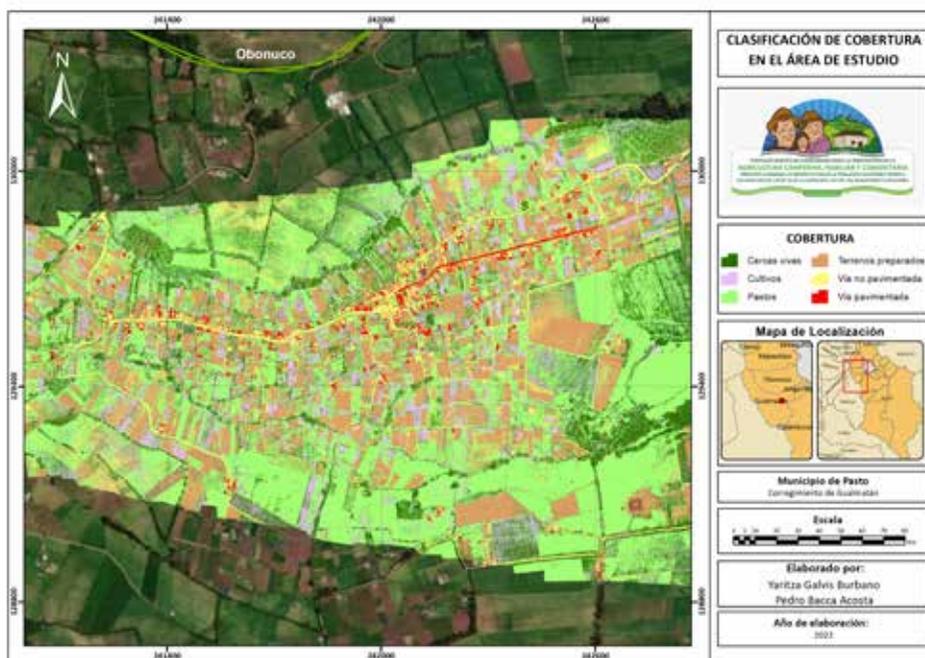


Figura 53. Mapa de cobertura mediante análisis supervisado.
Fuente: Elaboración propia

En este sentido, se puede mencionar que, de acuerdo con los datos de la tabla 14, el uso de suelo en Gualmatán está destinado principalmente a usos agropecuarios en predios con un tamaño igual o menor que 1 hectárea, donde predominan los cultivos de crucíferas, que en su mayoría no las consumen los productores, sino que las comercializan en los diferentes centros poblados.

No obstante, la importancia que tiene la comercialización de los productos agrícolas, en el área caracterizada solo el 1% de coberturas corresponde a vías pavimentadas y el 7%, a vías sin pavimentar, lo cual dificulta el transporte de dichos productos, especialmente en época de lluvia.

Por último, es evidente la reducida presencia de cercas vivas y otro tipo de coberturas naturales dentro del área de estudio, con las cuales se busca tener más espacio para la producción. Esto da como resultado una interconectividad del paisaje baja, lo que repercute en la presencia de servicios ecosistémicos, además de generar una homogenización del paisaje.

Con esta información se puede identificar qué medidas o recomendaciones técnicas se deben tener en cuenta en sitios específicos, de acuerdo con el grado de perturbación; por ejemplo, para reducir fragmentación del ecosistema, para el uso racional del recurso suelo, el manejo de pasturas, entre otras.

La homogenización del paisaje en el corregimiento de Gualmatán puede afectar la biodiversidad, la conectividad y la interacción entre especies, y esto incide en la dinámica de algunos SE que ofrece el paisaje (Boyd & Banzhaf, 2007; Cortinovis & Geneletti, 2018; Jacob et al., 2018). Por ejemplo, excluir algunas especies herbáceas, arbustivas y arbóreas para ganar más espacio del sistema productivo de interés económico

puede impactar en los SE de soporte y en la pérdida de materia orgánica, así como en el desbalance del ciclo de los nutrientes, en la fragmentación del hábitat natural de las especies e incluso en el ciclo del agua. Es posible que a los SE de regulación también los impacten los cambios del microclima, la reducción del control de la erosión, la pérdida de polinizadores y el bajo control biológico (Boyd & Banzhaf, 2007). Asimismo, los SE de aprovisionamiento como los recursos energéticos (leña), el agua y el alimento también pueden ser susceptibles, y los SE culturales (valor estético, arraigo o pertenencia, patrimonio cultural, etcétera) bajo paisajes homogéneos no son la excepción al verse limitados.

Es usual que los sistemas agrícolas de productores tecnificados con grandes extensiones de tierras se caractericen por promover monocultivos que son más susceptibles a plagas y enfermedades. No obstante, cuando la subdivisión de la propiedad es alta, como en el caso de Gualmatán, a nivel de paisaje se observa una alta simplificación y una restricción a la implementación de prácticas, como la rotación de cultivos y el establecimiento de policultivos y cercas vivas. Por lo anterior, estos paisajes conformados por microfundios con uso intensivo también son vulnerables a la dispersión de plagas y enfermedades, como se verá más adelante en el capítulo 10, en el cual se analiza la incidencia de la enfermedad llamada hernia de las crucíferas en este paisaje. Por el contrario, algunos paisajes agrícolas diversos pueden asegurar resiliencia ante factores climáticos y fitosanitarios. Landis & Marino (1999) indican que la diversidad productiva influye en mayores interacciones tróficas, semejante a un ecosistema natural, lo que les permite ser más autosostenibles en

comparación con sistemas de producción de baja diversidad agrícola.

Partiendo de la información que se obtuvo del ortomosaico, se identificó una de las problemáticas de la región: los monocultivos; no obstante, también se observó que existen predios con alta diversidad productiva. En este sentido, es relevante que en las fincas se resalten estos núcleos de diversidad; por ejemplo, se tiene el mapa de una finca con pequeñas áreas de tierra destinadas a diferentes sistemas de producción (figura 54). Este mapa es el resultado de distintos recorridos en el predio y una cartografía social desarrollada con los propietarios, con el objetivo de reconocer y representar gráficamente los arreglos productivos.

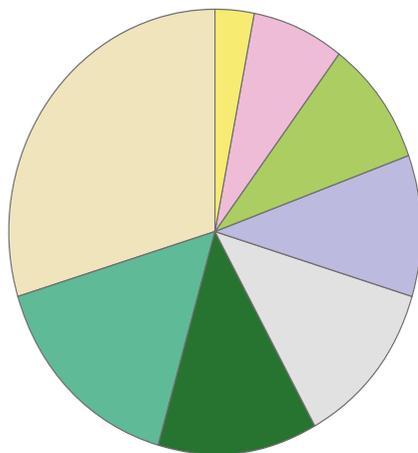
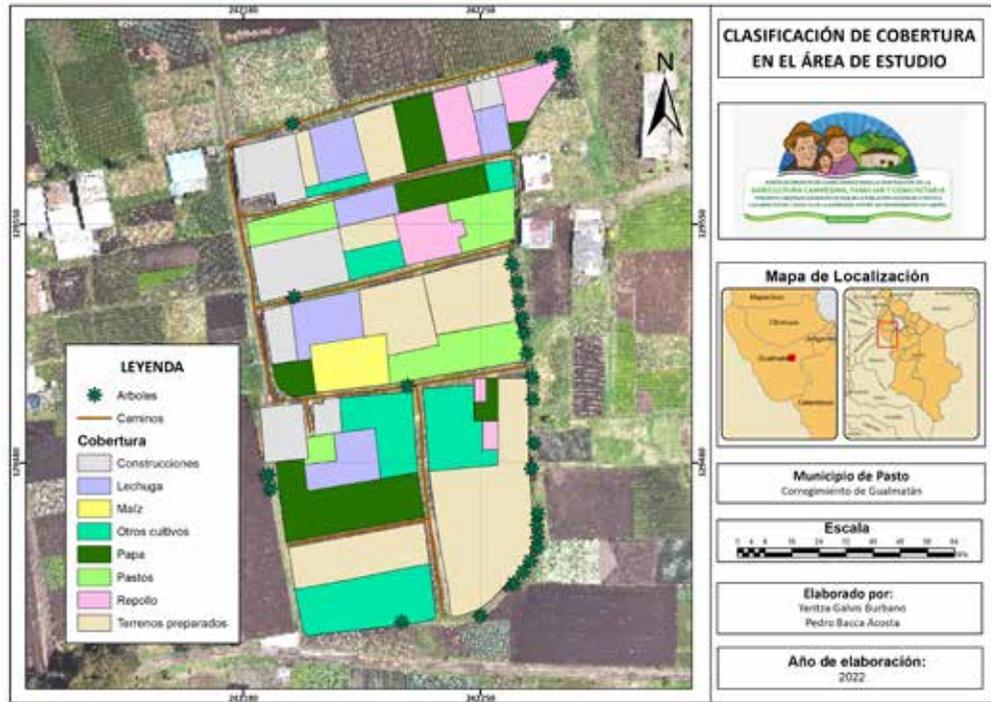
Esta información muestra que no se requieren grandes extensiones de tierra para establecer varios cultivos, así como la importancia de ser resilientes ante factores climáticos, sanitarios y de seguridad alimentaria. Este tipo de fincas modelo puede servir de vitrina tecnológica, y así dar a conocer las experiencias sociales, técnicas y económicas que se deben contemplar para obtener este tipo de resultados.

Al integrar diversos productos en la unidad productiva (figura 54), estos obtienen beneficios económicos y ambientales; respecto a lo financiero, puede favorecer un flujo de caja constante y positivo durante todo el año, lo que permite cubrir las necesidades básicas del día a día. En lo ambiental, Tschardt et al. (2005) dicen que este tipo de agricultura contribuye a la conservación de agroecosistemas con alta biodiversidad, lo cual favorece la provisión de servicios ecosistémicos como la polinización y el control biológico.

El presente capítulo, como fuente de información de la caracterización del paisaje

y su utilidad para las transiciones agroecológicas, permite reconocer el actual uso del suelo, sus problemáticas, necesidades, desafíos y oportunidades. Por supuesto, esta caracterización no solo es de gran utilidad para las poblaciones rurales de este corregimiento en el departamento de Nariño, sino también para otras comunidades que se encuentran en las periferias de las ciudades. Es innegable que sin un mapeo a nivel de finca (caracterización paisajística) y su respectivo diagnóstico, la posterior planificación predial será muy compleja (Cortinovis & Geneletti, 2018). Asimismo, esta planificación debe estar ligada al reconocimiento y a la vinculación de la estructura agroecológica principal (EAP), la cual promueve elementos composicionales y estructurales; por ejemplo, arreglos espaciales dentro del lote o finca, donde se fomente la conectividad que permita el flujo e interacción de especies, la conservación de la biodiversidad a determinada escala, la regulación del microclima, los arreglos de policultivos o los sistemas productivos, en sinergia con el uso sostenible de los servicios ecosistémicos, etcétera (Cleves-Leguízamo et al., 2017; León-Sicard et al., 2018; León Sicard et al., 2014).

Finalmente, con los resultados de la caracterización paisajística y la utilidad en las transiciones agroecológicas que se pueden identificar en este corregimiento, se espera que este insumo contribuya a la toma de decisiones respecto a nuevas formas de ocupación espacial, territorial y de uso del suelo a nivel de finca, local y municipal. Con una adecuada planificación predial se podrían mejorar las condiciones productivas actuales a través de un aprovechamiento sostenible de los recursos ecosistémicos, buscando un enlace armónico entre la sociedad y la naturaleza.



Símbolo	Cobertura	Área en m ²
	Maíz	321,3
	Repollo	769,0
	Pastos	967,6
	Lechuga	1063,0
	Construcciones	1275,2
	Papa	1324,9
	Otros cultivos	1650,9
	Terrenos preparados	3094,0

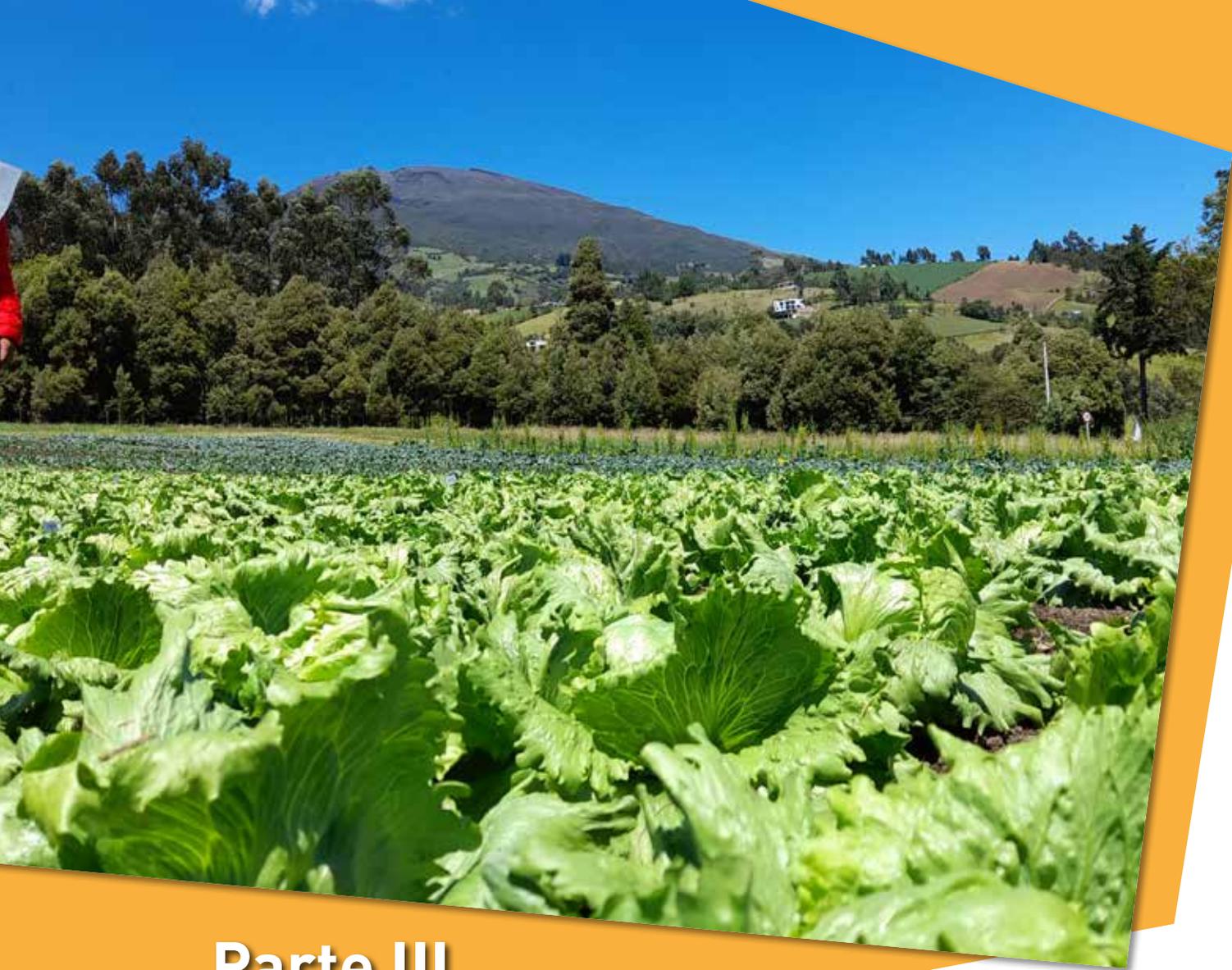
Figura 54. Mapa de caracterización de los sistemas productivos en una finca del corregimiento de Gualmatán.

Fuente: Elaboración propia

Referencias

- Altieri, M. A. (2009). Green deserts: Monocultures and their impacts on biodiversity. En M. S. Emanuelli, J. Jonsén, & S. Monsalve Suárez (Eds.), *Red Sugar, Green Deserts. Latin American Report on Monocultures and Violations of the Human Rights to Adequate Food and Housing, to Water, to Land and to Territory* (pp. 67-76). FIAN International.
- Blanco-Arroyo, M. A. (2015). *El paisaje transformado: un enfoque multidisciplinar a través de la fotografía contemporánea* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/32970>
- Bogužas, V., Skinulienė, L., Butkevičienė, L. M., Steponavičienė, V., Petrauskas, E., & Maršalkienė, N. (2022). The effect of monoculture, crop rotation combinations, and continuous bare fallow on soil CO₂ emissions, earthworms, and productivity of winter rye after a 50-year period. *Plants*, 11(3), 431. <https://doi.org/10.3390/plants11030431>
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2-3), 616-626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>
- Burel, F., & Baudy, J. (2002). *Ecología del paisaje. Concepto método y aplicaciones*. MP Ediciones.
- Cleves-Leguizamo, J. A., Toro-Calderón, J., Martínez-Bernal, L. F., & León-Sicard, T. (2017). La estructura agroecológica principal (EAP): novedosa herramienta para planeación del uso de la tierra en agroecosistemas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 441-449. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.7350>
- Cortinovis, C., & Geneletti, D. (2018). Ecosystem services in urban plans: What is there, and what is still needed for better decisions. *Land Use Policy*, 70, 298-312. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.017>
- Geneletti, D. (2004). Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2003.08.004>
- Gis & Beers. (2020). *Índices de vegetación para drones sin dependencia de infrarrojo*. <http://www.gisandbeers.com/indices-de-vegetacion-drones-infrarrojo/>
- Jacob, A. L., Vaccaro, I., Sengupta, R., Hartter, J., & Chapman, C. A. (2008). Integrating landscapes that have experienced rural depopulation and ecological homogenization into tropical conservation planning. *Tropical Conservation Science*, 1(4), 307-320. <https://doi.org/10.1177/194008290800100402>
- Landis, D. A., & Marino, P. C. (1999). Landscape structure and extra-field processes: impact on management of pests and beneficials. En J. R. Ruberson (Ed.), *Handbook of Pest Management* (pp. 79-104). Marcel Dekker Inc.

- León Sicard, T. L., Mendoza Rodríguez, T. M., & Córdoba Vargas, C. C. (2014). La estructura agroecológica principal de la finca (EAP): un nuevo concepto útil en agroecología. *Agroecología*, 9, 55-66.
- León-Sicard, T. E., Toro Calderón, J., Martínez-Bernal, L. F., & Cleves-Leguízamo, J. A. (2018). The Main Agroecological Structure (MAS) of the agroecosystems: Concept, methodology and applications. *Sustainability*, 10(9), 3131. <https://doi.org/10.3390/su10093131>
- Páez Barahona, A. F. (2020). Agroecología urbana frente al cambio climático. Aporte al ordenamiento territorial agroecológico en las ciudades. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 7(3), 35-50. <https://doi.org/10.15446/cep.v7n3.82189>
- Ramalho, C. E., Laliberté, E., Poot, P., & Hobbs, R. J. (2014). Complex effects of fragmentation on remnant woodland plant communities of a rapidly urbanizing biodiversity hotspot. *Ecology*, 95(9), 2466-2478. <https://doi.org/10.1890/13-1239.1>
- Reyes Pozo, M. D., Avilés Ponce, L. R., Gómez Gómez, E. A., Galarza Vinuesa, J. A., & y Jácome Peñaherrera, P. A. (2019). Zonificación de capacidad de acogida de la ciudad de Riobamba mediante el enfoque de ecología de paisaje a partir de fotointerpretación geomorfológica en 3D. *Pro Sciences*, 3(18), 10-18. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss18.2019pp10-18>
- Salvati, L., Ranalli, F., & Gitas, I. (2014). Landscape fragmentation and the agro-forest ecosystem along a rural-to-urban gradient: an exploratory study. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 21(2), 160-167. <https://doi.org/10.1080/13504509.2013.872705>
- Tscharntke, T., Rand, T. A., & Bianchi, F. J. (2005). The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop-noncrop interface. *Annales Zoologici Fennici*, 42(4), 421-432.



Parte III

158

Investigación y desarrollo para el manejo de la nutrición y los desafíos sanitarios en la producción agroecológica

Capítulo 7. Uso potencial de biofertilizantes para mejorar la disponibilidad de fósforo en Andisoles

Daniel R. Torres-Cuesta*, Daniel F. Rojas-Tapias*, Wilfrand F. Bejarano-Herrera**, Germán A. Estrada-Bonilla*

∴ *ci Tibaitatá, AGROSAVIA, Colombia
∴ **ci Obonuco, AGROSAVIA, Colombia

Resumen

Este capítulo describe la importancia del fósforo (P) como nutriente de los cultivos y su interacción con las diferentes fracciones inorgánicas y orgánicas del suelo. Aunque este elemento puede ser abundante en los suelos, su disponibilidad está restringida a las plantas, debido a que generalmente se encuentra asociado a complejos insolubles. Por lo tanto, la solubilización de formas inorgánicas de fósforo y la mineralización de formas orgánicas que se encuentran insolubles en el suelo (adsorbidas, precipitadas, fijadas) son factores muy importantes para aumentar la disponibilidad del nutriente en los agroecosistemas. En este sentido, los microorganismos del suelo y en especial las bacterias desempeñan un rol determinante en la dinámica del fósforo del suelo y en su posterior disponibilidad para las

plantas. Las bacterias solubilizadoras de fosfato (BSF) en los suelos convierten las formas insolubles de fósforo en solubles mediante diversos mecanismos y permiten su absorción por parte de las plantas, lo que promueve su crecimiento y productividad. Así mismo, en este capítulo se discuten diferentes aspectos inherentes a la dinámica del fósforo en suelos Andisoles, que son representativos del departamento de Nariño (Colombia) y cuyo origen se asocia a cenizas volcánicas y a coloides amorfos, los cuales tienen como principal característica una fuerte fijación del fósforo y, al igual que las BSF, podrían ser una alternativa importante para aumentar la biodisponibilidad de este nutriente en los modelos de agricultura campesina familiar y comunitaria (ACFC) de Nariño.

Introducción

El fósforo (P) es un elemento esencial para el desarrollo y el crecimiento vegetal. No obstante, su alta reactividad en el suelo hace que entre 75 y 90 % (kg kg^{-1}) de los fertilizantes fosforados de síntesis química

agregados sea inmovilizado por complejos de metalcationes y por adsorción en la fracción mineral de los suelos (Sharma et al., 2013; Walpola & Yoon, 2012). Las elevadas cantidades de fertilizante sintético

requeridas, por lo tanto, incrementan los costos de producción y promueven la contaminación ambiental (Echeverri Zulua-ga et al., 2010), lo que causa problemas de eutroficación y pérdida de nutrientes por volatilización, lixiviación y escorrentía (Gyaneshwar et al., 2002).

El fósforo del suelo se asocia a diferentes fracciones minerales y orgánicas, con distintos grados de disponibilidad para las plantas. Este nutriente se relaciona con minerales primarios y secundarios (P inorgánico), con materiales orgánicos (fósforo orgánico) y como componente estructural de minerales del suelo (P ocluido) (Condrón & Newman, 2011; Hedley et al., 1982). Su disponibilidad depende de la interacción entre sus diferentes fracciones presentes en el suelo y su regulación mediante procesos fisicoquímicos (adsorción/desorción) y biológicos (mineralización/inmovilización) (Crews & Brookes, 2014; Dahlgren et al., 2004). La distribución total de fósforo está condicionada por factores como tipo de suelo, pH, temperatura, humedad, vegetación, actividad microbiana y fertilización (Rooney & Clipson, 2009). Este elemento es utilizado por las plantas como aniones de ortofosfato, predominantemente H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} (Arcand & Schneider, 2006), aunque la mayor parte del que está presente en el suelo tiene forma insoluble (Nesme et al., 2018) debido sobre todo a la adsorción química en el suelo y a su interacción con otros elementos metálicos (Rafi et al., 2019). Por esta razón, las plantas solo pueden utilizar una fracción muy baja de fósforo edáfico, con el resultado de que su disponibilidad es un factor restrictivo para el crecimiento vegetal (Lambers & Plaxton, 2015).

La región Andina de Colombia se caracteriza por el predominio de Andisoles, suelos

derivados de ceniza volcánica (Velásquez et al., 2016) que cubren alrededor de 4,5 % (Mha Mha^{-1}) (cerca de 5.200.000 ha) del territorio nacional. Los Andisoles están constituidos por minerales arcillosos amorfos o de bajo orden cristalino (alófanos, imogolita y ferrihidrita), cuya característica particular es la de absorber fuertemente el fósforo mediante la formación de complejos órgano-minerales difíciles de descomponer (Alvarado et al., 2014; Dahlgren et al., 2004). De esta manera, muchos Andisoles contienen altas concentraciones de fósforo total, de las cuales solo una fracción muy baja está disponible para la nutrición vegetal (Borie & Rubio, 2003; Briceño et al., 2004; Chiu et al., 2021; Escudey et al., 2001; Redel et al., 2007).

Diversas tecnologías han sido desarrolladas para mejorar la disponibilidad de fósforo en los suelos y de este modo facilitar su absorción por parte de las plantas. En particular, el uso de microorganismos del suelo tiene un importante potencial para desarrollar sistemas sostenibles y optimizar el uso de fertilizantes fosforados (Delfim et al., 2018). Diferentes grupos de microorganismos, entre ellos las bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP), pueden incrementar el fósforo disponible mediante la solubilización de formas inorgánicas de baja solubilidad de este elemento (Adesemoye et al., 2009; Behera et al., 2013; Li et al., 2015; Sharma et al., 2013), mientras que los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) incrementan la absorción de fosfatos solubles por parte de la planta (Peñaranda Rolón et al., 2022; Ramírez Gómez et al., 2008). Así mismo, otros microorganismos son capaces de incrementar la disponibilidad con la degradación enzimática de compuestos orgánicos fosforados.

Los biofertilizantes son definidos por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como un “producto elaborado con base en una o más cepas de microorganismos benéficos que, al aplicarse al suelo o a las semillas, promueve el crecimiento vegetal o favorece el aprovechamiento de los nutrientes en asociación con la planta o su rizosfera” (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2004). Se consideran una herramienta biotecnológica ambientalmente amigable que permite reducir el uso de fertilizantes de síntesis

química (Dodd & Ruiz-Lozano, 2012; Rafi, 2019). Esta tecnología disminuye los altos costos asociados a los fertilizantes de síntesis, los cuales se han venido encareciendo como consecuencia de los conflictos geopolíticos en zonas productoras y proveedoras de estos insumos y el descenso en el precio de la divisa colombiana. Adicionalmente, se está agotando la fuente fosfatada principal, la roca fosfórica (RF), un recurso natural no renovable (Singh & Sudhakara Reddy, 2011).

Suelos Andisoles

Colombia es un país con alta presencia de suelos Andisoles en su territorio. Estos suelos de alta fertilidad química, física y microbiológica son una fuente esencial de alimentos, además de ser sustento de importancia para ecosistemas andinos, a los cuales proveen nutrientes y facilidades para regular el ciclo hídrico. Los Andisoles

permiten variedad de cultivos: caña de azúcar, tabaco, papa, té, vegetales, trigo, arroz, entre otros, y son, por tanto, suelos de importancia para el desarrollo del sector agropecuario en Colombia (Interamerican Association for Environmental Defense [AIDA], 2013).

Distribución geográfica

Los suelos derivados de cenizas volcánicas cubren aproximadamente 0,8 % ($Mha\ Mha^{-1}$) de la superficie terrestre (124 Mha) (Bonatotsky et al., 2021; Leamy, 1984). Según Soil Survey Staff (1999), los Andisoles se distribuyen en las zonas de mayor actividad volcánica a lo largo de la costa occidental del continente americano (cinturón de fuego del Pacífico), y se extienden desde las islas Aleutianas hacia el sur de la península de Kamchatka (Rusia), de un lado a otro de Japón, Filipinas e Indonesia, a través de otras islas del Pacífico, hasta Nueva Zelanda.

El 60 % de los Andisoles se encuentra en países tropicales (Takahashi & Shoji, 2003).

En Colombia cubren alrededor de 5.200.000 ha o 4,5 % ($Mha\ Mha^{-1}$) del área del territorio nacional, y se distribuyen en la región Andina, principalmente en la cordillera Central y con menor extensión en la Occidental y la Oriental, con mayor presencia en paisajes de altiplanicie, montaña, piedemonte y en planicies aluviales (Ávila Pedraza & Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2005). La zona con más cubrimiento es el Eje Cafetero, que incluye los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío y depósitos volcánicos originados de la actividad del complejo Ruiz-Tolima (volcanes Cerro Bravo, Ruiz, Santa Isabel y Tolima) (Nieuwenhuis & Elbersen,

1972, citado por Herrera, 2006). En los departamentos de Tolima, Huila, Cauca, Valle del Cauca y Nariño se encuentran depósitos derivados de cenizas volcánicas transportadas por el viento o el río Magdalena. Según un estudio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en la sabana de Bogotá se han identificado 52 unidades cartográficas de suelos, de las cuales 42,3 % ($Mha\ Mha^{-1}$) tiene cenizas volcánicas como material parental.

El IGAC (2012) también describió los Andisoles como los suelos más representativos

Génesis de los Andisoles

En diferentes regiones del mundo, los suelos de cenizas volcánicas muestran patrones similares de intemperismo y desarrollo. Sin embargo, los procesos que gobiernan la formación del suelo son el resultado de condiciones ambientales particulares en un lugar determinado. En general, el intemperismo de los depósitos volcánicos deriva en la formación de suelos Andisoles en ambientes templados y tropicales húmedos (Delmelle et al., 2015; Tsai et al., 2010).

La composición mineralógica de los suelos derivados de cenizas volcánicas se caracteriza por la presencia de minerales de arcilla desarrollados a partir del intemperismo del vidrio volcánico y otros minerales primarios (feldespatos, anfíboles y piroxenos). Esto da lugar a minerales poco cristalinos y no cristalinos, que se diferencian porque se desarrollan bajo diferentes condiciones de acidez y acumulación de materia orgánica (Fisher & Schmincke, 1984). Los de baja cristalinidad se caracterizan por la presencia de alófana, imogolita, ferrihidrita y halloysita, y los no cristalinos por tener complejos de hierro (Fe) y aluminio (Al) y sílice opalina (Herrera, 2006). Los complejos Al/Fe-humus y la sílice opalina

de la región Andina desde el punto de vista de la tipología, ya que integran el 16 % ($Mha\ Mha^{-1}$) (Hapludands, 11 % [$Mha\ Mha^{-1}$], y Melanudands, 5 % [$Mha\ Mha^{-1}$]), en tanto que los molisoles y alfisoles solo abarcan 3 % ($Mha\ Mha^{-1}$) de la región. El 67 % ($Mha\ Mha^{-1}$) restante lo conforman suelos de menor evolución (inceptisoles y entisoles), y entre ellos se destacan los Dystrudepts (55 % [$Mha\ Mha^{-1}$]).

se forman en ambientes ácidos ($pH \leq 5$, rango en que los ácidos orgánicos son los principales donadores de protones [H^+], lo que disminuye el pH y el aluminio activo soluble), ricos en materia orgánica, mientras que la alófana, la imogolita, la halloysita y la ferrihidrita se forman en ambientes con $pH > 5$ o ≤ 7 y bajo contenido de materia orgánica (Ugolini & Dahlgren, 2003). La alófana predomina en suelos jóvenes y la halloysita en depósitos más antiguos, bajo el mismo material original de cenizas volcánicas y condiciones climáticas (Herrera et al., 2007). La presencia de estos minerales poco cristalinos y no cristalinos con superficies de carga variable y acumulación de materia orgánica les confieren a los Andisoles propiedades morfológicas, físicas y químicas distintivas que rara vez se encuentran en suelos derivados de otros materiales originales (Nanzoyo, 2002).

Malagón Castro (2003) argumenta que los Andisoles de la región Andina sufren procesos de pérdida por erosión y lixiviación, los cuales son compensados parcialmente por efecto del clima con ganancia de materiales orgánicos (contenidos medios y altos de carbono orgánico, 1,5 a > 6 % [g

kg⁻¹]), situación que lleva a la aparición de horizontes A úmbricos (ricos en materia orgánica, de color muy oscuro y gran espesor,

con saturación de bases inferior a 50 % de cmol(+) kg⁻¹ [100 cmol(+) kg⁻¹]).

Propiedades de los Andisoles

Espinoza y Rubiano (2015) sintetizan las propiedades de los Andisoles modales del siguiente modo:

Físicas: Tienen una densidad aparente inferior a 0,8 Mg m⁻¹, permeabilidad y porosidad elevadas y una estructura característica de microagregados estables que producen grumos, gránulos o bloques subangulares muy finos, con una consistencia particular pegajosa y untuosa al tacto en estado húmedo y de polvo fino en estado seco. Estos suelos tienen una enorme capacidad de retención de humedad, tanto en capacidad de campo como en punto de marchitamiento. Sin embargo, si se someten a una desecación prolongada, pueden reducir considerable e irreversiblemente su capacidad de campo en un 50 % (gH₂O gSuelo seco⁻¹).

Químicas: Los Andisoles tienen una alta capacidad de intercambio catiónico y aniónico en función del pH, lo que resulta en una alta capacidad búfer y un elevado número de cargas dependientes del pH. Así mismo, presentan elevados contenidos activos de aluminio y hierro. Son suelos con una reacción desde muy fuertemente ácida en los horizontes superficiales a moderadamente ácida en los profundos (pH: 5,1-6,5).

En cuanto al nitrógeno (N), los Andisoles contienen elevadas cantidades de materia

orgánica, que se acumula y es muy resistente a la descomposición microbial (mineralización), lo que reduce la disponibilidad de nitrógeno mineralizable.

El fósforo disponible es bajo en los Andisoles debido a que los materiales no cristalinos de aluminio y hierro lo retienen con fuerza. Al ser aplicado al suelo en forma de fertilizantes de alta solubilidad, reacciona rápidamente con los minerales de baja y nula cristalinidad y forma componentes insolubles metal-P, productos en los que desempeñan un papel preponderante el aluminio y el hierro activos (Shoji & Takahashi, 2002).

La disponibilidad de potasio (K) en los Andisoles está influenciada por su presencia en la ceniza volcánica y las arcillas. Generalmente, su contenido es bajo en arcillas alofánicas dado que estas no tienen una retención preferencial de este elemento, con lo cual este último se lixivia y su contenido edáfico decrece a medida que avanza el intemperismo (Shoji & Takahashi, 2002). Estos mismos autores señalan que los Andisoles pueden presentar serias deficiencias de micronutrientes como cobre (Cu), zinc (Zn) y cobalto (Co), cuya abundancia y disponibilidad dependen de su contenido en materiales volcánicos y de la tasa de liberación mediante alteración química.

Fósforo en el suelo

El fósforo es un nutriente indispensable para el crecimiento de las plantas. Representa entre 0,2 y 0,8 % (g g^{-1}) del peso seco de las plantas y se encuentra en ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, nucleótidos y fosfolípidos (Sharma et al., 2013). Su contenido en la litosfera terrestre ronda el 0,12 % (kg kg^{-1}), en tanto que, en suelos superficiales, varía de 0,02 a 0,15 %, con un promedio de 0,06 % (kg kg^{-1}) (Lindsay, 1979; Zhu et al., 2018; Zou et al., 1992).

El fósforo es un nutriente indispensable en procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, incluida la fotosíntesis (Rawat et al., 2021), el desarrollo y crecimiento de raíces, el fortalecimiento de tallos, la formación de flores y semillas, y la madurez y calidad de los cultivos (Rawat et al., 2021). También está involucrado en el mecanismo de transferencia de energía en las plantas. La energía liberada durante la respiración o aprovechada en la reacción luminosa de la fotosíntesis se utiliza en la síntesis de adenosín trifosfato (ATP) a partir de adenosín difosfato (ADP) con la formación de un enlace pirofosfato rico en energía (Billah et al., 2019; Shrivastava et al., 2018). Además, desempeña un importante rol en la división y crecimiento celulares (Hutchins et al., 2019; Wyngaard et al., 2016), la fijación de nitrógeno en leguminosas (Sohm et al., 2011), la resistencia de las plantas a enfermedades (Kumar et al., 2016), la transformación de azúcar en almidón, el transporte de rasgos genéticos (Hutchins et al., 2019; Satyaprakash et al., 2017) y la respiración de las plantas (Khan et al., 2010).

A diferencia del nitrógeno, el ciclo completo del fósforo en el medio ambiente puede describirse como "sedimentario", debido a que no hay intercambio con la atmósfera

y no se puede disponer biológicamente de una reserva atmosférica (Rodríguez & Fraga, 1999; Walpola & Yoon, 2012).

En el suelo, el fósforo no existe como forma elemental, sino que se combina con otros elementos para formar fosfatos, debido a que es altamente reactivo, y por lo tanto tiene muchos estados de oxidación, desde -III hasta +V (Ehrlich et al., 2016; Jahnke, 1992). En los sistemas naturales, el fósforo está presente casi exclusivamente como ácido fosfórico (H_3PO_4 , en la oxidación +V), molécula altamente soluble en agua que al disociarse produce sucesivamente aniones ortofosfato (como el fosfato de hidrógeno, H_2PO_4^-), fosfato de hidrógeno (HPO_4^{2-}) y oxianión tetraédrico (PO_4^{3-}), formas fácilmente disponibles de fósforo para los microorganismos del suelo y las raíces de las plantas (Jahnke, 1992).

En todas estas formas, el fósforo inorgánico (Pi) se encuentra en la solución del suelo y cambia de acuerdo con el pH edáfico (Walpola & Yoon, 2012). Por ejemplo, cuando el pH es inferior a 7,0, el ion monovalente H_2PO_4^- es la forma predominante en el suelo; cuando el pH es superior a 7,0, la forma HPO_4^{2-} es la dominante, y con un pH de 7,0, los aniones de ortofosfato mantienen su misma cantidad en la solución del suelo (Magabala & Mng'ong'o, 2022). Sin embargo, estas formas iónicas del fósforo, altamente reactivas, interactúan con numerosos componentes inorgánicos y orgánicos del suelo, lo que las vuelve indisponibles para las plantas (Behera et al., 2014) y hace que entre 1 y 5 % (kg kg^{-1}) del fósforo total se encuentre disuelto en la solución del suelo (Bünemann, 2015; Richardson & Simpson, 2011), mientras que el fósforo restante se halla atrapado en

minerales primarios, precipitados con cationes del suelo, adsorbidos o en formas orgánicamente complejas (Condrón et al. 2005; Kishore et al., 2015; Lindsay, 1979; Pierzynski et al., 2005; Pradhan & Sukla, 2005; Stutter et al., 2012). La baja disponibilidad de los fosfatos, debido a la pobre solubilidad y movilidad del fósforo en el suelo, a menudo afecta el crecimiento de las plantas y las vías metabólicas asociadas y, por lo tanto, es un factor importante que limita el rendimiento vegetal en muchos suelos naturales y agrícolas de todo el mundo (Walpolá & Yoon, 2012). El principal mecanismo de contacto ion/raíz del fósforo con la planta es la difusión, responsable de aproximadamente 95 % (kg kg^{-1}) del total de este elemento absorbido por la planta, porcentaje que varía según el contenido de arcilla en el suelo (Olsen & Watanabe, 1963). La tasa de difusión del fósforo es

baja, de aproximadamente 10^{-12} a $10^{-15} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, debido a las fuertes reacciones de este elemento con los componentes del suelo (Schachtman et al., 1998).

Dentro de la planta, el fósforo se moviliza desde la superficie de la raíz, vía simplasto, hasta el xilema, y posteriormente se distribuye al citoplasma de las células o de las vacuolas, contra un gradiente electroquímico, para lo cual requiere energía (Taiz & Zeiger, 2006). En general, la concentración de fósforo inorgánico dentro de las células de las plantas es típicamente 1.000 veces mayor que en solución del suelo (Raghothama, 2000), y el elemento es requerido por 0,3 a 0,5 % (kg kg^{-1}) de la materia seca de la planta para un buen desarrollo (Taiz & Zeiger, 2006). El fósforo es móvil en la planta y se distribuye con facilidad desde los tejidos más viejos hasta los más jóvenes cuando es escaso (Shen et al., 2011).

Ciclo del fósforo en el suelo

El fósforo reacciona en condiciones de acidez o alcalinidad del suelo y está presente bajo dos formas que coexisten en equilibrio, como orgánico (Po) (ortofosfato, fosfolípidos y ácidos nucleicos), que puede representar entre 20 y 80 % (kg kg^{-1}) del contenido total (Shrivastava et al., 2018), y como Pi unido a oxihidróxidos de aluminio/hierro (en suelos ácidos) o a calcio (Ca, en suelo alcalino) (Condrón & Newman, 2011; Hedley et al., 1982). El Pi del suelo puede hallarse como fósforo soluble (en la solución del suelo, como forma intercambiable y adsorbida y como parte de los minerales), y como fósforo ocluido (precipitado con óxidos y oxihidróxidos de hierro, aluminio y calcio) (Shrivastava et al., 2018). Las plantas y los microorganismos absorben

fósforo (sobre todo como ion fosfato) de la solución del suelo, proveniente de las fracciones inorgánica y orgánica. Por lo tanto, el fósforo de la solución del suelo debe reponerse a menudo para satisfacer la demanda de la planta (Frossard et al., 2000).

Zhu et al. (2018) clasifican del siguiente modo las formas de fósforo total, según su disponibilidad:

Fósforo lábil: Es el elemento inorgánico disponible para la planta, y está representado por una reserva lábil. Esta última es, por un lado, la porción de fósforo retenida en la fase sólida del suelo por adsorción de las superficies de las partículas organominerales, y, por otro lado, el elemento en solución, que es el de inmediata disponibilidad para la planta. La reserva lábil es

una medida de los iones de fósforo en fase sólida del suelo que pueden intercambiarse rápidamente con iones del mismo elemento en fase de solución, intercambio que se produce conforme los iones se pierden del sistema por la absorción de la planta o por lixiviación (este último fenómeno es poco frecuente en suelos tropicales) (Ebelhar, 2008).

Fósforo moderadamente lábil: Forma inorgánica cuya adsorción depende del pH edáfico en las superficies de arcilla, y que da lugar a enlaces de gran estabilidad con óxidos de hierro, hidróxidos de aluminio o manganeso y calcio (Bobadilla Henao & Rincón Vanegas, 2008). En suelos ácidos, las cargas positivas de los coloides aumentan de la misma manera que la adsorción del fosfato (Bai et al., 2017; Beltrán Pineda, 2014). Este fósforo adsorbido se libera lentamente para permitir la absorción por parte de la planta. De igual manera, se encuentra el Po asociado a fosfolípidos y ácidos fúlvicos presentes en la materia

orgánica, que es solubilizado por la biomasa microbiana (Zhu et al., 2018).

Fósforo no lábil u ocluido: Forma inorgánica adsorbida fuertemente en arcillas, óxidos y carbonatos. La liberación de fósforo mineral es extremadamente lenta y ocurre cuando el mineral primario se intemperiza y se disuelve en el agua del suelo (Gueçaimburu et al., 2019). La remoción y reposición del fósforo presente en la solución del suelo resulta de una combinación de procesos físicoquímicos (adsorción/desorción y precipitación/disolución) y biológicos/bioquímicos (mineralización/inmovilización) (Bünemann, 2015). El fósforo inorgánico en la fase sólida se encuentra adsorbido o como fosfatos secundarios precipitados. El fenómeno de adsorción/desorción gobierna sobre todo el suministro del elemento cuando está en bajas concentraciones, mientras que la precipitación comienza cuando la solución del suelo se satura con los constituyentes de un mineral de fosfato en particular (Barrow, 2017).

Precipitación, disolución de minerales fosfatados

166

Los ortofosfatos se precipitan fácilmente con cationes metálicos como Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} y Mg^{2+} , para formar minerales de fosfato. La producción de estos últimos depende del pH edáfico, el cual determina la ocurrencia y abundancia de cationes metálicos en la solución del suelo que pueden precipitarse con los ortofosfatos. Por lo tanto, en suelos neutros a alcalinos, los iones ortofosfatos se complejizan como fosfatos de calcio (apatita soluble) (Fink et al., 2016; Hinsinger, 2001; Kruse et al., 2015; Mabagala & Mng'ong'o, 2022) (tabla 15).

En suelos ácidos, por el contrario, los iones ortofosfatos reaccionan y se precipitan como fosfuro de hierro (FeP) y fosfuro

de aluminio (AIP) para formar estrengita, livianita y variscita (Kruse et al., 2015; Mabagala & Mng'ong'o, 2022). El equilibrio entre precipitación y disolución de fósforo gobierna la solubilidad y disponibilidad de los minerales de fosfato junto con el pH, la concentración de ortofosfatos y de cationes metálicos. De esta manera, la disolución de la hidroxiapatita (fosfato de calcio poco soluble) puede incrementarse si se suministran protones o se eliminan los iones ortofosfatos o Ca^{2+} de la solución del suelo (Mabagala & Mng'ong'o, 2022).

Con un pH del suelo entre 5,0 y 8,0, rango favorable para el crecimiento de los cultivos, los hidrogeniones (H^+) están

disponibles en pequeñas concentraciones; por lo tanto, la cantidad de ortofosfatos de las formas H_2PO_3^- y HPO_4^{2-} son mínimas en

comparación con el fósforo total de los coloides del suelo (Barrow, 2017, 2020).

Tabla 15. Tipos de fósforo inorgánico que se pueden encontrar en los suelos.

Tipo de fosfato	Denominación	Composición	Característica
Fosfatos de calcio	Hidroxiapatita	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$	Poco soluble
	Oxiapatita	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaO}$	Poco soluble
	Fluoroapatita	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaFe}_2$	Poco soluble
	Carbonatoapatita	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaCO}_3$	Poco soluble
	Fosfato tricálcico	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Menor solubilidad
	Fosfato dicálcico	CaHPO_4	Mayor solubilidad
	Fosfato monocálcico	$\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$	Mayor solubilidad
Fosfatos de hierro	Livianita	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Poco soluble
	Estrengita	$\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Poco soluble
Fosfato de aluminio	Variscita	$\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Poco soluble

Fuente: Elaboración propia con base en Velasco (2021)

Adsorción/desorción del fósforo inorgánico

En el suelo, las reacciones de adsorción y desorción mantienen el fosfato en equilibrio entre la fracción sólida y la solución del suelo. La sorción y desorción de ortofosfatos varían de acuerdo con su concentración, cristalinidad y área superficial en los coloides del suelo.

La *adsorción de fosfato* describe los procesos que limitan la disponibilidad del fosfato inorgánico del suelo, principalmente por adsorción superficial y precipitación (Del Campillo et al., 1999). Los factores más importantes que determinan la capacidad del suelo de retener fósforo son

la presencia de óxidos e hidróxidos de aluminio y hierro, complejos organometálicos de estos dos elementos, bordes de arcillas de silicato y calcita, y carbonatos (Adegoke et al., 2013; De Bolle, 2013; Gasparatos et al., 2006; Jiang et al., 2015; Kumar et al., 2016).

El pH influye en la proporción de aniones ortofosfatos presentes en la solución del suelo, en la cantidad de cargas eléctricas negativas y positivas, es decir, en el potencial eléctrico de la superficie de los coloides con cargas eléctricas variables. En suelos ácidos, el fósforo puede absorberse

primero en la superficie de minerales arcillosos y oxihidróxidos de hierro y aluminio (gibbsita, hematita, goethita) para formar varios complejos. Con un pH de 4 a 9, los complejos superficiales bidentados protonados y no protonados pueden coexistir, en tanto que en condiciones de suelo ácido predominan los complejos de esfera interna bidentados y protonados (Arai & Sparks, 2007; Fink et al., 2016; Hinsinger, 2001; Luengo et al., 2006).

El proceso de adsorción de fosfatos puede seguir un orden preferencial según la abundancia de los siguientes minerales: arcillas 2:1 < arcillas 1:1 < óxidos cristalinos de hierro y aluminio < óxidos amorfos de estos dos elementos (Fox & Searle, 1978).

La adsorción específica es el proceso de adsorción del fosfato por parte de estos compuestos (óxidos de aluminio y hierro), que también se conocen como *adsorbentes*, mientras que el ion de fosfato adsorbido se denomina *adsorbato*. La adsorción específica de iones puede ocurrir en adsorbentes sin carga e incluso en superficies con carga del mismo signo. Por lo tanto, el fosfato se adsorbe en superficies de minerales de carga variable, como óxidos de aluminio y hierro, e incluso con un pH alcalino, cuando estos óxidos tienen carga negativa (Barrow, 2017; Barrow & Debnath, 2015). La adsorción específica se caracteriza por la formación de complejos de esfera interna (mediante ligando puente con enlace covalente), con una sustitución en la que el ligando entrante o fosfato desplaza al ligando saliente (una molécula de agua o un ion hidroxilo) que estuvo coordinado con el hierro (III) o el aluminio (III).

Los hidróxidos o sesquióxidos amorfos de hierro y aluminio (pobrementemente ordenados) tienen un área de superficie específica (ASE) muy grande ($800 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), diez veces

mayor que el ASE de las formas cristalinas, cuyos sitios reactivos corresponden a una alta densidad de grupos hidroxilo (OH^-) superficiales y coordinados de forma sencilla (Schwertmann et al., 1986). El oxígeno de estos grupos hidroxilo, coordinado de manera simple con un ion estructural de hierro (III) o aluminio (III), se protona y desprotona en respuesta al pH de la solución (Kwesi Asomaning, 2020).

Los grupos OH^- de coordinación simple en los que se adsorben aniones específicamente absorbibles (como los iones fosfato) (Borggaard et al., 2004) resultan en la formación de un complejo binuclear o superficial para el sistema fosfato-óxido de hierro, donde el ion fosfato ocupa dos sitios superficiales, proceso este que se acompaña de una liberación de grupos hidroxilo (OH^-) y H_2O .

En suelos con un rango de pH entre neutro y calcáreo, el fósforo es retenido por reacciones de precipitación con calcio, lo que genera fosfato dicálcico (Lindsay et al., 1989), aunque también puede ser adsorbido en la superficie de carbonatos de calcio (Larsen, 1967) y minerales arcillosos (Devau et al., 2010). El fosfato dicálcico se puede transformar en formas más estables, como el fosfato octocálcico y la hidroxiapatita (HAP), menos disponibles para las plantas cuando hay pH alcalino (Arai & Sparks, 2007). La acidificación de la rizosfera puede ser una estrategia eficiente para movilizar el fósforo de un suelo calcáreo, pues se ha comprobado que la disolución de HAP aumenta con la disminución del pH del suelo (Wang & Nancollas, 2008).

La *desorción*, como proceso contrario a la adsorción, se refiere a la liberación de fósforo de la fase sólida a la de solución (Stevenson & Cole, 1999). Esta desorción ocurre principalmente mediante reacciones

de intercambio de ligandos, lo cual significa que una disminución en la concentración de iones de fósforo en la solución del suelo, mediante absorción por la planta y aumento en la concentración de aniones competidores, cambia el equilibrio adsorción/desorción en favor de una desorción mejorada (Hinsinger, 2001; Pierzynski et al., 2005). La materia orgánica reduce la

adsorción de fosfato al inhibir la cristalización de los óxidos de hierro y aluminio por la formación de quelatos metálicos (Acevedo-Sandoval et al., 2004; Fontes et al., 1992), o al bloquear los sitios de adsorción a través de ácidos orgánicos de bajo peso molecular (húmicos) y recubrir la superficie de los óxidos (Fontes et al., 1992).

Mineralización e inmovilización de fósforo orgánico

El Po se encuentra en el suelo en formas estables (fosfonatos e inositol fosfato) y activas (monoésteres de ortofosfato lábiles, polifosfatos orgánicos y diésteres de ortofosfato) (Shrivastava et al., 2018), cuya solubilidad es regulada por procesos como la mineralización y la inmovilización.

La mineralización es un proceso importante en el que se lleva a cabo la transformación de Po en formas inorgánicas solubles gracias a microorganismos del suelo que producen ácidos orgánicos, los cuales inducen una reducción del pH del suelo (acidificación) y liberan iones de fosfato a la solución del suelo, con lo que quedan disponibles para las plantas (Albacete, 2014; Kumar et al., 2018; Satyaprakash et al., 2017; Sharma et al., 2013).

De otra parte, la inmovilización se define como la conversión de elementos por parte de los microorganismos del suelo en compuestos bioquímicos esenciales para el metabolismo microbiano o la biomasa microbiana (Pierzynski et al., 2005). La mineralización del Po en el suelo está estrechamente relacionada con la cantidad relativa de carbono (C) en el sustrato orgánico, que actúa como fuente energética para los microorganismos.

Una alta relación carbono/fósforo (C/P) del sustrato orgánico proporciona alta

energía y estimula el crecimiento de la microbiota del suelo, con lo cual agota el fósforo disponible, mientras que bajas relaciones C/P pueden generar una cantidad excesiva de fósforo soluble disponible (mucho más que la biomasa microbiana necesaria), exceso que queda disponible para la absorción por las plantas, la lixiviación o la escorrentía (Pierzynski et al., 2005; Stevenson & Cole, 1999). Los mecanismos bioquímicos específicos en la conversión de Po a Pi en los suelos ocurren mediante la producción de enzimas extracelulares producidas por las raíces de las plantas (mineralización química) y los microorganismos del suelo (mineralización biológica). La mineralización bioquímica es la liberación de Pi a través de procesos enzimáticos extracelulares impulsados por la deficiencia del nutriente, seguida por la adsorción de la solución del suelo. Por su parte, la mineralización biológica se define como la oxidación microbiana de la materia orgánica promovida por la necesidad de energía, que puede estar asociada con la liberación de Pi antes o después de la absorción microbiana (Bünemann, 2015). La actividad enzimática está relacionada con la cantidad de fósforo biodisponible en los suelos y se incrementa cuando estos se vuelven deficientes en el nutriente, lo que explica por

qué la solubilización de fósforo es un patrón cíclico (Selvi et al., 2017; Yousefi et al., 2011). Las enzimas extracelulares pueden ubicarse en el espacio periplásmico, en la

superficie de las células, en la solución del suelo o estar asociadas a materia orgánica del suelo y minerales arcillosos (Burns et al., 2013).

Fuentes de fósforo

Existen diferentes fuentes, y las más conocidas y utilizadas desde la puesta en marcha de la revolución verde son las fuentes de alta solubilidad como el fosfato diamónico (DAP con 46 g/100 g de P_2O_5), superfosfato triple (TSP con 30 g/100 g de P_2O_5), superfosfato simple (SSP con 14 y 18 g/100 g de P_2O_5), entre otros. Estas fuentes tienen un alto contenido de fósforo y buscan satisfacer los requisitos de nutrientes del cultivo, aunque gran parte del fósforo aplicado deja de estar disponible por los fenómenos de adsorción y precipitación con hierro, aluminio y calcio en el suelo (Shrivastava et al., 2011). Por otra parte, altas tasas de aplicación de fertilizantes de síntesis química generan impactos negativos en el pH del suelo por alcalinización o acidificación, contaminación de acuíferos por escorrentía, destrucción de macro- y microfauna del suelo, salinización de este, acumulación de metales pesados, y degradación de la estructura del suelo por el incremento en la descomposición de la materia orgánica (Chen et al., 2006). Además, el aumento en los precios de importación de fertilizantes de síntesis química hace que su uso sea cada vez más restringido. Todas estas situaciones evidencian la necesidad de utilizar reservas autóctonas de RF (Odongo et al., 2007; Van-Straaten, 2002), de fertilizantes y fuentes orgánicas como el compost, y de otras fuentes de bajo costo, para

cumplir con los requisitos nutricionales de los cultivos.

La RF se clasifica según el contenido total de P_2O_5 en los minerales: de bajo contenido (12 a 16 g/100 g de P_2O_5), de contenido intermedio (17 a 25 g/100 g de P_2O_5) y de alto contenido (26 a 35 g/100 g de P_2O_5) (Sengul et al., 2006). La disolución de la RF depende de factores edáficos como el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la capacidad búfer, la textura, la capacidad de fijación de fósforo, la capacidad de intercambio de calcio y la comunidad microbiana presente en el suelo (Barea et al., 2002; Bolland et al., 2001).

Los fertilizantes orgánicos son fuentes alternativas de fósforo y ayudan a mejorar la fertilidad del suelo, pero debido al bajo nivel de nutrientes y su contenido de humedad, se requiere una gran cantidad de material orgánico para aplicar al suelo (Ibrahim et al., 2008). La liberación de nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo para las plantas se produce lentamente (Sullivan et al., 2002). Los abonos compostados contienen entre 2 y 16 % ($kg\ kg^{-1}$) de fósforo inorgánico lábil con respecto al total y entre 40 y 77 % ($kg\ kg^{-1}$) de fósforo inorgánico de baja labilidad asociado a cationes metálicos (Frossard et al., 2002). Mejorar la disponibilidad de fósforo en los abonos orgánicos es posible con el uso de BSF (Beltrán-Medina et al., 2022).

Bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP)

Los microorganismos cumplen importantes funciones en la dinámica de los ecosistemas, ya que actúan como componentes fundamentales del ciclaje de nutrientes y de los ciclos biogeoquímicos (Leite, 2009). Estos microorganismos son los encargados de mediar los procesos de descomposición, movilización y mineralización de nutrientes, liberación de nutrientes y agua almacenada, y fijación y desnitrificación de nitrógeno. Los microorganismos edáficos adicionalmente tienen la capacidad de solubilizar y mineralizar compuestos fosforados, y por lo tanto de poner el fósforo en disposición a partir de formas complejas inorgánicas u orgánicas (Aipova et al., 2010; Chandler et al., 2008; Miranda Silva et al., 2022). Este fósforo soluble puede ser aprovechado por las plantas para su nutrición.

Los microorganismos solubilizadores de fósforo, bacterias u hongos, desempeñan un papel importante en la liberación de la forma inorgánica y soluble del nutriente. Este grupo de microorganismos se denomina *bacterias u hongos solubilizadores de*

fosfato. El mecanismo asociado involucra la liberación de compuestos capaces de disolver los minerales fosfatados mediante liberación de compuestos quelantes catiónicos y bloqueo de los sitios de adsorción de los coloides del suelo (He et al., 2002). Las bacterias son más numerosas que los hongos en suelos rizosféricos, lo que probablemente explica por qué son más efectivas en la solubilización del fósforo (Rafi et al., 2019). De igual manera, durante la descomposición de la materia orgánica, la mineralización enzimática de compuestos orgánicos fosforados resulta en la liberación de fósforo disponible. Las plantas pueden tomar el fósforo disponible en el suelo, siempre y cuando los procesos de solubilización de la forma inorgánica del nutriente (ligada a los minerales) y de mineralización de Po (ligado a la fracción orgánica) excedan al proceso de inmovilización del fósforo (Sharma et al., 2013). Existen varias rutas bioquímicas que permiten la disponibilidad de fósforo en el suelo, y las principales se muestran en la figura 55.

Solubilización de fósforo inorgánico

El mecanismo más importante para la solubilización de Pi en el suelo es la secreción bacteriana de ácidos orgánicos (AO) de bajo peso molecular (Tamad et al., 2021). Algunos de los ácidos orgánicos asociados son el cítrico (tricarboxílico), láctico, oxálico, glicólico, 2-cetoglucónico, málico, tartárico, aspártico, acético, fumárico, malónico, isobutírico, gluconato (dicarboxílico), succínico, glutárico, propiónico, butírico, glioxílico y adípico, con el glucónico y el 2-cetoglucónico como los de mayor importancia (Alori et al., 2017; Kalayu, 2019; Zeng et al., 2017).

Las bacterias solubilizadoras de fósforo varían considerablemente en su capacidad para secretar ácidos orgánicos, y en consecuencia en su capacidad de solubilizar fosfatos minerales (Santos-Torres et al., 2021). La secreción microbiana de AO provoca la acidificación del medio circundante, debido a la liberación de protones (H⁺) a la superficie extracelular. Estos protones disuelven el fósforo retenido en forma de fosfatos de calcio, hierro y aluminio, puesto que son agentes quelantes de los cationes (Goldstein, 1995; Illmer & Schinner, 1995;

Son et al., 2006). La asimilación de NH_4^+ dentro de las células microbianas también libera protones, lo que conduce a la solubilización del fósforo (Sharma et al., 2013; Timofeeva et al., 2022).

Otro mecanismo de las bacterias para solubilizar fósforo es la producción de exopolisacáridos (EPS), producidos en respuesta al estrés y con la capacidad de

unirse a metales en el suelo. La unión con estos metales resulta en la solubilización de fosfatos metálicos. La producción de sideróforos también tiene influencia en la solubilización de fosfatos de hierro en el suelo, ya que son sustancias secretadas por los microorganismos con una alta afinidad por la quelación de este elemento (Prabhu et al., 2019).

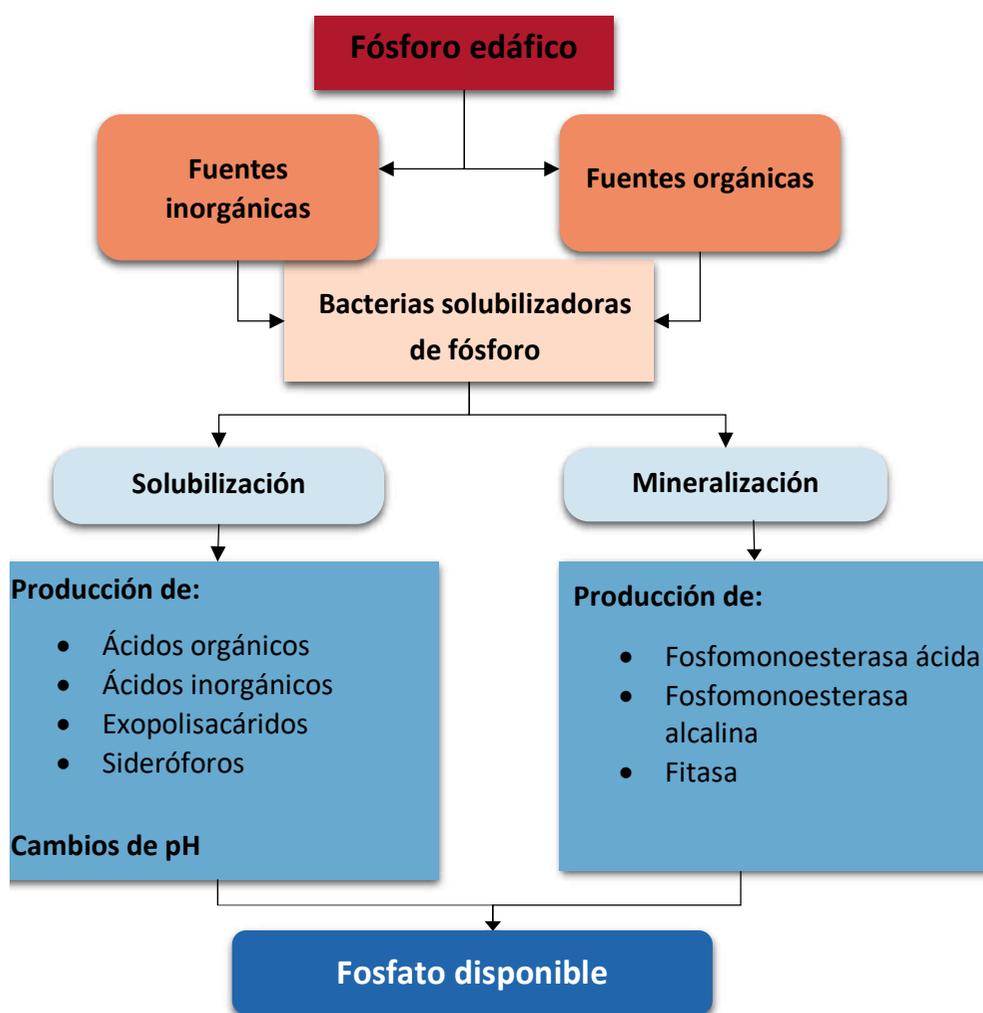


Figura 55. Principales mecanismos de las bacterias solubilizadoras de fósforo (BSP) para la solubilización de fosfato edáfico.

Fuente: Elaboración propia con base en Rafi et al. (2019)

Mineralización de fósforo orgánico

El Po del suelo se deriva de la materia orgánica estable o en descomposición (Ohel et al., 2004). Su mineralización bioquímica es un proceso enzimático cuyo resultado es la liberación de Pi (McGill & Cole, 1981). Este proceso biológico involucra dos grupos de enzimas que son sintetizadas por ciertos grupos de microorganismos en respuesta a la limitación de nutrientes o energía (Konietzny & Greiner, 2004). El primer grupo se denomina *fosfomonoesterasas no específicas*, las cuales desfosforilan el enlace fosfoéster o fosfoanhídrido de los compuestos orgánicos para formar fosfato inorgánico (Nannipieri et al., 2011). Según su pH óptimo, estas enzimas pueden ser subdivididas en *fosfomonoesterasas ácidas* y *alcalinas* (Jorquera et al., 2011). Las fosfomonoesterasas ácidas tienden a predominar en suelos ácidos y son producidas por bacterias y plantas, mientras que las alcalinas son más abundantes en suelos neutros y alcalinos y son producidas principalmente por microorganismos (Mukhametzhanova et al., 2012; Rodríguez & Fraga, 1999).

Las *fitasas* son el otro grupo de enzimas producidas por microorganismos para la mineralización de Po. Catalizan la hidrólisis del ácido fítico y liberan formas disponibles de fósforo en el suelo (inositol y ácido ortofosfórico) (Ahmad et al., 2008; Richardson & Simpson, 2011). Este proceso es requerido puesto que las plantas no pueden adquirir fósforo directamente del fitato (Sharma et al., 2013). Los microorganismos degradadores de fitato en la rizosfera median la disponibilidad de fósforo a partir de esta molécula orgánica (Richardson & Simpson, 2011).

Efecto de la inoculación de bacterias solubilizadoras de fosfato con aplicación de fuentes fosfatadas

Numerosos estudios en condiciones controladas y en campo demuestran que el uso simultáneo de BSF y diferentes fuentes de fósforo incrementa la absorción de este nutriente, así como el crecimiento y producción de biomasa de varios cultivos. En la tabla 16 se presentan algunos ejemplos.

Tabla 16. Resultados de estudios realizados con aplicación de fuentes fosfatadas e inoculación de bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP) en condiciones de campo y controladas sobre diferentes cultivos

Referencia	Cultivo	Fuente de fósforo	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP)	Condiciones del experimento (campo/controladas)	Resultados
Santos-Torres et al. (2021)	Asociación raigrás/trébol rojo	Fosfato diamónico (DAP) y roca fosfórica (RF)	<i>Rhizobium</i> sp. T88 y <i>Herbaspirillum</i> sp. AP21, individuales y coinoculadas	Controladas	Mayor producción de biomasa y valor nutricional con aplicación de DAP 75 % y RF 25 % con la inoculación de bacterias solubilizadoras de fosfato (BSF) individuales o coinoculadas.
Beltrán-Medina et al. (2022)	Maíz	DAP, dosis crecientes (0,25 y 50 %)	<i>Rhizobium</i> sp. B02	Controladas	Mejor tratamiento 50 % DAP + <i>Rhizobium</i> incrementó 17 % rendimiento de grano e influyó en el peso seco de las plantas, el contenido relativo de clorofila, la concentración de fósforo en la planta, el área foliar, la tasa fotosintética y el peso de 1.000 granos.
Estrada-Bonilla et al. (2021)	Caña de azúcar	Superfosfato triple (SPT), Roca fosfórica y compost	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp., <i>Rhizobium</i> sp. y <i>Bacillus</i> sp.	Controladas	Mayor acumulación de fósforo, nitrógeno y potasio en brotes de caña con inoculación de BSF, que se correlaciona con mayor disponibilidad de fósforo y con la comunidad bacteriana del suelo.

Referencia	Cultivo	Fuente de fósforo	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP)	Condiciones del experimento (campo/controladas)	Resultados
Masuco Lopes et al. (2021)	Caña de azúcar	Compost enriquecido con RF	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> BSPR12 y <i>Bacillus</i> sp. BACBR01	Campo	Incrementos en rendimiento de caña de azúcar de 6 % y de actividad enzimática con aplicación de compost enriquecido con RF, y de 5 % con inoculación con BSP. La adición de RF reduce la aplicación de compost en 50 %.
Romero-Perdomo et al. (2021)	Algodón	DAP y RF	<i>Rhizobium</i> sp. (SP20, N8, N9, G56, G58 y B02)	Controladas	<i>Rhizobium</i> sp. B02 + RF mejoró crecimiento, contenido de fósforo en planta, tasa fotosintética, tasa de transpiración y contenido relativo de clorofila en suelos con baja disponibilidad de fósforo. Además, B02 incrementó el uso eficiente de la RF.
Khan et al. (2022)	Fríjol mungo	Superfosfato simple (SFS) y RF	<i>Bacillus megaterium</i> y <i>B. polymyxa</i>	Campo	Incrementos de 15 % en biomasa fresca y correlaciones significativas positivas entre disponibilidad de fósforo y su adquisición, con la aplicación de RF e inoculación con BSP.
Alamzeb & Inamullah (2022)	Garbanzo	SFS y RF	<i>Rhizobium</i> sp. y otras BSP	Campo	Mayores rendimientos de semilla y absorción de fósforo con aplicación de 100 y 75 % de SFS con inoculación de BSP.

Referencia	Cultivo	Fuente de fósforo	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP)	Condiciones del experimento (campo/controladas)	Resultados
Tahir et al. (2018)	Trigo	Compost enriquecido con RF	<i>Bacillus</i> sp. MWT-14	Campo	Incremento en los rendimientos de grano de 54 a 83 % y mejoras en el contenido de materia orgánica y fósforo en el suelo con aplicación de compost enriquecido con RF e inoculación con <i>Bacillus</i> sp.
Alam et al. (2022)	Trigo	Diferentes dosis DAP (0,25, 50 y 100 kg de fósforo/ha)	Producto comercial de BSP en dosis de 0 y 1,5 kg ha ⁻¹	Campo	Mayores rendimientos de grano y tasa fotosintética con la aplicación más alta de DAP e inoculación del producto comercial de BSP.
Torres-Cuesta et al. (2023)	Kikuyo	RF, compost y DAP	<i>Herbaspirillum</i> sp. AP21, <i>Azospirillum brasilense</i> D7 y <i>Rhizobium leguminosarum</i> T88	Campo	La inoculación con BSP y la fertilización con RF aumentaron el fósforo lábil del suelo y la actividad de la fosfomonoesterasa ácida, lo que incidió en el incremento del rendimiento y la calidad del pasto, y está relacionado con una mayor disponibilidad de fósforo inorgánico (Pi) en el suelo.

Referencia	Cultivo	Fuente de fósforo	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP)	Condiciones del experimento (campo/controladas)	Resultados
Beltrán-Medina et al. (2023)	Maíz	Amida, DAP y cloruro de potasio (KCl)	<i>Rhizobium</i> sp. B02	Campo	Con 50 % del fertilizante de fósforo recomendado, la inoculación de la cepa aumentó la fracción del nutriente inorgánico lábil en 14 % respecto al control. La inoculación mejoró significativamente la longitud de los brotes (28 y 3 %) y el peso seco de los brotes (9,8 y 12 %). Así mismo, aumentó el rendimiento de grano en 696 kg/ha con 50 % de la dosis recomendada de fertilizante fosforado.

Fuente: Elaboración propia

Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA)

Están presentes en la mayoría de suelos de Colombia y, mediante redes de hifas, pueden llegar a zonas del suelo que la raíz no tiene capacidad de explorar, para buscar fósforo y otros nutrientes que necesita la planta hospedadora (Fernández Casanova, 2022). Dado que actúan dentro de una relación simbiótica, los hongos reciben de la planta azúcares no sintetizados, derivados del proceso fotosintético y de lípidos (Keymer et al., 2017). El ciclo de vida de los HFMA se completa mediante la colonización con sus hospedadores (Sugiura et al., 2019). La zona del suelo influenciada

por las raíces y los hongos micorrícicos se conoce como *micorrizósfera* (Johansson et al., 2004), en donde tienen lugar los exudados de los HFMA y la cual permite el crecimiento de otros microorganismos como las bacterias (Akyol et al., 2019). Los efectos sinérgicos entre planta y HFMA pueden contribuir a estimular el crecimiento vegetal (Cano, 2011). Es relevante mencionar la capacidad de estos hongos de translocar a la planta fuentes de fósforo soluble del suelo (Tisserant et al., 2013), y sus interacciones con especies bacterianas capaces de solubilizar el fósforo.

Efecto de la inoculación de HFMA

Algunos estudios demuestran potenciales beneficios de los HFMA en el incremento de la absorción de fósforo y el crecimiento y la producción de biomasa de varios cultivos. En la tabla 17 se presentan algunos ejemplos.

Tabla 17. Resultados de estudios realizados con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) e inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP) en condiciones de campo y controladas sobre diferentes cultivos.

Referencias	Cultivo	Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA)	Condiciones del experimento (campo/controladas)	Resultados
Wilches Ortiz et al. (2022)	Caña	<i>Acaulospora mellea</i> y <i>Rhizophagus irregularis</i>	Campo	La inoculación de <i>R. irregularis</i> mejora el índice de madurez y tiene valores altos en producción de tallos/ha, mientras que la inoculación de <i>A. mellea</i> mejoró contenido de azúcares reductores, conversión en panela y mayor calidad nutricional (fósforo soluble y sólidos totales).
El Maaloum et al. (2020)	Tomate	HFMA, BSP y fosfocompost (PC)	Invernadero	La inoculación tripartita presentó mayor altura del brote, peso seco de brotes y raíces, colonización de raíces y contenido de fósforo disponible, que el control. La coinoculación con HFMA y BSP aumentó en gran medida la actividad de la fosfatasa alcalina y la tasa de colonización de las micorrizas en el suelo.
Liu et al. (2020)	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	HFMA y BSP	Invernadero	Fue óptima una dosis de fósforo de 100 mg kg ⁻¹ y la inoculación mixta de HFMA y BSP. Benefició el crecimiento de micorrizas, y el rendimiento y calidad nutricional de la alfalfa por el aumento de la absorción de fósforo.
Masrahi et al. (2023)	Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	HFMA y BSP	Campo	La inoculación de HFMA y BSP mejora la tolerancia a la salinidad. La combinación de ambas fuentes mejora el rendimiento por la síntesis de fitohormonas y enzimas (como la ACC desaminasa), reduce el pH edáfico y permite mayor mineralización de fósforo orgánico.

Fuente: Elaboración propia

Perspectivas

El uso de fuentes nacionales de fósforo (como RF) y de abonos orgánicos (como el compost) es una alternativa para afrontar la problemática actual. Aunque estas fuentes son de baja solubilidad, tienen una alta relevancia debido a la situación actual de Colombia y otros países. Adicionalmente, el uso de herramientas biotecnológicas como los HFMA y las BSP, fuentes alternativas y más económicas, tiene el potencial de mejorar la disponibilidad del fósforo (Adnan et al., 2022; Batool & Iqbal, 2019; Chungopast

et al., 2021; Ramírez et al., 2008). Adicionalmente, con este enfoque se podrían optimizar los fertilizantes fosfatados por la planta, y de este modo disminuir sus altas dosis. No obstante, se necesita más evidencia para demostrar la eficacia de estos microorganismos en la mejora de la fertilidad del suelo y de la productividad de las plantas en diferentes sistemas de cultivo en condiciones de campo (Zaidi et al., 2009).

Referencias

- Acevedo-Sandoval, O., Ortiz-Hernández, E., Cruz-Sánchez, M., & Cruz-Chávez, E. (2004). El papel de óxidos de hierro en suelos. *Terra Latinoamericana*, 22(4), 485-497. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311096013.pdf>
- Adegoke, H. I., Adekola, F. A., Fatoki, O. S., & Ximba, B. J. (2013). Sorptive interaction of oxyanions with iron oxides: A review. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1), 7-24. <http://www.pjoes.com/pdf-88948-22807?filename=Sorptive%20Interacción%20of.pdf>
- Adesemoye, A. O., Torbert, H. A., & Kloepper, J. W. (2009). Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58, 921-929. <https://doi.org/10.1007/s00248-009-9531-y>
- Adnan, M., Fahad, S., Saleem, M. H., Ali, B., Mussart, M., Ullah, R., Jr, A., Arif, M., Ahmad, M., Shah W. A., Romman, M., Wahid, F., Wang, D., Saud, S., Liu, K., Harrison, M. T., Wu, C., Danish, S., Datta, R., Muresan, C. C., & Marc, R. A. (2022). Comparative efficacy of phosphorous supplements with phosphate solubilizing bacteria for optimizing wheat yield in calcareous soils. *Scientific Reports*, 12, Article 11997. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16035-3>
- Ahmad, F., Ahmad, I., & Khan, M. S. (2008). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Research*, 163(2), 173-181. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.04.001>
- Aipova, R., Aitkeldiyeva, S., Kurmanbayev, A. A., Sadanov, A. K., & Topalova, O. B. (2010). Assessment of biotechnological potential of phosphate solubilizing bacteria isolated from soils of Southern Kazakhstan. *Natural Science*, 2(8). <https://doi.org/10.4236/ns.2010.28105>
- Akyol, T. Y., Niwa, R., Hirakawa, H., Maruyama, H., Sato, T., Suzuki, T., Fukunaga, A., Sato, T., Yoshida, S., Tawarayama, K., Saito, M., Ezawa, T., & Sato, S. (2019). Impact of introduction of arbuscular mycorrhizal fungi on the root microbial community in agricultural fields. *Microbes Environments*, 34(1), 23-32. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME18109>
- Alam, F., Khan, A., Fahad, S., Nawaz, S., Ahmed, N., Arif Ali, M. A., Adnan, M., Dawar, K., Saud, S., Hassan, S., Aown M., Raza, S., Naveed, K., Arif, M., Datta, R., & Danish, S. (2022). Phosphate solubilizing bacteria optimize wheat yield in mineral phosphorus applied alkaline soil. *Journal*

of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 21(5), 339-348. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.10.007>

- Alamzeb, M., & Inamullah. (2022). Management of phosphorus sources in combination with rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve nodulation, yield and phosphorus uptake in chickpea. *Gesunde Pflanzen*, 75, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00722-2>
- Albacete, M. G. (2014). *Residuos orgánicos como fuentes de fósforo* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/33104/1/MARTA_GARCIA_ALBACETE.pdf
- Alori, E. T., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers Microbiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971>
- Alvarado, A., Mata, R., & Chinchilla, M. (2014). Arcillas identificadas en suelos de Costa Rica a nivel generalizado durante el periodo 1931-2014: I. Historia, metodología de análisis y mineralogía de arcillas en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 75-106. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43631007006.pdf>
- Arai, Y., & Sparks, D. (2007). Phosphate reaction dynamics in soils and soil components: A multiscale approach. *Advances Agronomy*, 94, 135-179. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)94003-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)94003-6)
- Arcand, M., & Schneider, K. D. (2006). Plant- and microbial-based mechanisms to improve the agronomic effectiveness of phosphate rock: A review. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78(4), 791-807. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000400013>
- Ávila Pedraza, É. Á., & Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2005). Los suelos de Colombia y sus estadísticas más recientes. *Análisis Geográficos*, (29), 13-21. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=29015>
- Bai, J., Ye, X., Jia, J., Zhang, G., Zhao, Q., Cui, B., & Liu, X. (2017). Phosphorus sorption-desorption and effects of temperature, pH and salinity on phosphorus sorption in marsh soils from coastal wetlands with different flooding conditions. *Chemosphere*, 188, 677-688. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.117>
- Barea, J. M., Toro, M., Orozco, M. O., Campos, E., & Azcón, R. (2002). The application of isotopic (³²P and ¹⁵N) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate-solubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and *Rhizobium* to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. *Nutrient Cycling Agroecosystem*, 63, 35-42. <https://doi.org/10.1023/A:1020589732436>
- Barrow, N. J. (2017). The effects of pH on phosphate uptake from the soil. *Plant and Soil*, 410(1-2), 401-410. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3008-9>
- Barrow, N. J. (2020). Comparing two theories about the nature of soil phosphate. *European Journal of Soil Science*, 72(2), 679-685. <https://doi.org/10.1111/ejss.13027>
- Barrow, N. J., & Debnath, A. (2015). Effect of phosphate status and pH on sulphate sorption and desorption *European Journal of Soil Science*, 66(2), 286-297. <https://doi.org/10.1111/ejss.12223>
- Batool, S., & Iqbal, A. (2019). Phosphate solubilizing rhizobacteria as alternative of chemical fertilizer for growth and yield of *Triticum aestivum* (var. Galaxy 2013). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1400-1410. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.024>
- Behera, B. C., Singdevsachan, S. K., Mishra, R. R., Dutta, S. K., & Thatoi, H. (2013). Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilizing microorganism in mangrove—A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3(2), 97-110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2013.09.008>

- Beltrán-Medina, J., Romero-Perdomo, F., Molano-Chávez, L., Silva, A. M., & Estrada-Bonilla, G. A. (2022). Differential plant growth promotion under reduced phosphate rates in two genotypes of maize by a rhizobial phosphate-solubilizing strain. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, Article 955473. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.955473>
- Beltrán-Medina, I., Romero-Perdomo, F., Molano-Chávez, L., Gutiérrez, A. Y., Silva, A., & Estrada-Bonilla, G. (2023). Inoculation of phosphate-solubilizing bacteria improves soil phosphorus mobilization and maize productivity. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 126, 21-34. <https://doi.org/10.1007/s10705-023-10268-y>
- Beltrán Pineda, M. E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Revista Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:401
- Billah, M., Khan, M., Bano, A., Hassan, T. U., Munir, A., & Gurmani, A. R. (2019). Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture. *Geomicrobiology Journal*, 36(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/01490451.2019.1654043>
- Bobadilla Henao, C., & Rincón Vanegas, S. C. (2008). *Aislamiento y producción de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de compost obtenido de residuos de plaza* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8433>
- Bolland, M. D. A., Gilkes, R. J., & Brennan, R. F. (2001). The influence of soil properties on the effectiveness of phosphate rock fertilizers. *Australian Journal of Soil Research*, 39(4), 773-798. <https://doi.org/10.1071/SR00025>
- Bonatotzky, T., Ottner, F., Erlendsson, E., & Gísladóttir, G. (2021). Weathering of tephra and the formation of pedogenic minerals in young andosols, South East Iceland. *Catena*, 198, 105030. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105030>
- Borggaard, O., Szilas, C., Gimsing, A. L., & Rasmussen, L. H. (2004). Estimation of soil phosphate adsorption capacity by means of a pedotransfer function. *Geoderma*, 118(1-2), 55-61. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00183-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00183-6)
- Borie, F., & Rubio, R. (2003). Total and organic phosphorus in Chilean volcanic soils. *Gayana Botánica*, 60(1), 69-78.
- Briceño, M., Escudey, M., Galindo, G., Borchardt, D. B., & Chang, A. (2004). Characterization of chemical phosphorus forms in volcanic soils using ^{31}P -NMR spectroscopy. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, 35(9-10), 1323-1337.
- Bünemann, E. K. (2015). Assessment of gross and net mineralization rates of soil organic phosphorus – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 89, 82-98. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.06.026>
- Burns, R. G., DeForest, J. L., Marxsen, J., Sinsabaugh, R. L., Stromberger, M. E., Wallenstein, M. D., Weintraub, M. N., & Zoppini, A. (2013). Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. *Soil Biology and Biochemistry*, 58, 216-234. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.11.009>
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp.: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31. <https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.771>
- Chandler, D., Davidson, G., Grant, W. P., Greaves, J., & Tatchell, G. (2008). Microbial biopesticides for integrated crop management: An assessment of environmental and regulatory sustainability. *Trends in Food Science Technology*, 19(5), 275-283. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.12.009>

- Chen, Y., Rekha, P., Arun, A., Shen, F., Lai, W., & Young, C. (2006). Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, 34(1), 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.12.002>
- Chiu, C. Y., Baillie, I., Jien, S. H., Hallett, L., & Hallett, S. (2021). Sequestration of P fractions in the soils of an incipient ferralite chronosequence on a humid tropical volcanic island. *Botanical Studies*, 62(1), Article 20. <https://doi.org/10.1186/s40529-021-00326-5>
- Chungopast, S., Thongjoo, C., Mominul Islam, A. K. M., & Yeasmin, S. (2021). Efficiency of phosphate-solubilizing bacteria to address phosphorus fixation in Takhli soil series: A case of sugarcane cultivation, Thailand. *Plant and Soil*, 460, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04812-w>
- Condrón, L., & Newman, S. (2011). Revisiting the fundamentals of phosphorus fractionation of sediments and soils. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 830-840. <https://doi.org/10.1007/s11368-011-0363-2>
- Condrón, L. M., Turner, B. L., & Cade-Menun, B. J. (2005). Chemistry and dynamics of soil organic phosphorus. In J. T. Sims & A. N. Sharpley (Eds.), *Phosphorus: Agriculture and the environment* (pp. 87-121). American Society of Agronomy (ASA). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr46.c4>
- Crews, T. E., & Brookes, P. C. (2014). Changes in soil phosphorus forms through time in perennial versus annual agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 184, 168-181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.11.022>
- Dahlgren, R. A., Saigusa, M., & Ugolini, F. C. (2004). The nature, properties and management of volcanic soils. *Advances in Agronomy*, 82, 113-181. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(03\)82003-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(03)82003-5)
- De Bolle, S. (2013). *Phosphate saturation and phosphate leaching of acidic sandy soils in Flanders: Analysis and mitigation options* [Doctoral dissertation, Ghent University, Belgium]. <https://core.ac.uk/download/pdf/55814675.pdf>
- Del Campillo, M. C., Van der Zee, S. E. A. T. M., & Torrent, J. (1999). Modelling long-term phosphorus leaching and changes in phosphorus fertility in excessively fertilized acid sandy soils. *European Journal of Soil Science*, 50(3), 391-399. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.1999.00244.x>
- Delfim, J., Schoebitz, M., Paulino, L., Hirzel, J., & Zagal, E. (2018). Phosphorus availability in wheat, in volcanic soils inoculated with phosphate-solubilizing *Bacillus thuringiensis*. *Sustainability*, 10(1), 144. <https://doi.org/10.3390/su10010144>
- Delmelle, P., Opfergelt, S., Cornelis, J., Ping, C. L. (2015). Volcanic soils. In H. Sigurdsson (Ed.), *The encyclopedia of volcanoes* (pp. 1253-1264). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385938-9.00072-9>
- Devau, N., Le Cadre, E., Hinsinger, P., & Gérard, F. (2010). A mechanistic model for understanding root-induced chemical changes controlling phosphorus availability. *Annals of Botany*, 105(7), 1183-1197. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq098>
- Dodd, I. C., & Ruiz-Lozano, J. M. (2012). Microbial enhancement of crop resource use efficiency. *Current Opinion Biotechnology*, 23(2), 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.09.005>
- Ebelhar, S. (2008). Labile pool. In W. Chesworth (Ed.), *Encyclopedia of earth sciences series: Encyclopedia of soil science* (pp. 425-426). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3995-9_313
- Echeverri Zuluaga, J., Restrepo, L. F., & Parra, J. E. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 94-100. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69519014011.pdf>

- Ehrlich, H. L., Newman, D. K., & Kappler, A. (Eds.). (2016). *Ehrlich's geomicrobiology book* (6th edition). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19121>
- El Maaloum, S., Elabed, A., Alaoui-Talibi, Z. E., Meddich, A., Filali-Maltouf, A., Douira A., Ibensouda-Koraichi, S., Amir, S., & El Modafar, C. (2020). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria consortia associated with phospho-compost on phosphorus solubilization and growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(5), 622-634. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1729376>
- Escudey, M., Galindo, G., Förster, J. E., Briceño, M., Díaz, P., & Chang, A. (2001). Chemical forms of phosphorus of volcanic ash derived soils in Chile. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, 32(5-6), 601-606. <https://doi.org/10.1081/CSS-100103895>
- Espinoza, J., & Rubiano, Y. (2015). Procesos específicos de formación en Andisoles, alfisoles y ultisoles en Colombia. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 12(Edición especial 2), E85-E97. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/709/664>
- Estrada-Bonilla, G. A., Durrer, A., & Cardoso, E. (2021). Use of compost and phosphate-solubilizing bacteria affect sugarcane mineral nutrition, phosphorus availability, and the soil bacterial community. *Applied Soil Ecology*, 157, Article 103760. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103760>
- Fernández Casanova, B. R. (2022). *Bacterias solubilizadoras de fosfato que forman biopelículas sobre hifas extrarradicales de hongos formadores de micorrizas y su relación en la nutrición vegetal del fósforo* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83353>
- Fink, J. R., Vasconcellos In da, A., Tiecher, T., & Barrón, V. (2016). Iron oxides and organic matter on soil phosphorus availability. *Ciencia e Agrotecnologia*, 40(4), 369-379. <https://doi.org/10.1590/1413-70542016404023016>
- Fisher, R. V., & Schmincke, H. U. (1984). *Pyroclastic rocks*. Springer-Verlag.
- Fontes, M. R., Weed, S. B., & Bowen, L. H. (1992). Association of microcrystalline goethite and humic acid in some oxisols from Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, 56(3), 982-990. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030050x>
- Fox, R. L., & Searle, P. G. E. (1978). Phosphate adsorption by soils of the tropics. In J. J. Nicholaides & L. D. Swindale (Eds.), *Diversity of soils in the tropics* (Vol. 34, Chap. 7). <https://doi.org/10.2134/asaspepub34.c7>
- Frossard, E., Condon, L. M., Oberson, A., Sinaj, S., & Fardeau, J. C. (2000). Processes governing phosphorus availability in temperate soils. *Journal of Environmental Quality*, 29(1), 15-23. <https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900010003x>
- Frossard, E., Skrabal, P., Sinaj, S., Bangerter, F., & Traore, O. (2002). Forms and exchangeability of inorganic phosphate in composted solid organic wastes. *Nutrient Cycle in Agroecosystems*, 62, 103-113. <https://doi.org/10.1023/A:1015596526088>
- Gasparatos, D., Haidouti, C., Haroulis, A., & Tsaousidou, P. (2006). Estimation of phosphorus status of soil Fe-enriched concretions with the acid ammonium oxalate method. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 2375-2387. https://www.researchgate.net/publication/216048178_Estimation_of_Phosphorus_Status_of_Soil_Fe-Enriched_Concretions_with_the_Acid_Ammonium_Oxalate_Method
- Goldstein, A. (1995). Recent progress in understanding the molecular genetics and biochemistry of calcium phosphate solubilization by gram negative bacteria. *Biological Agriculture & Horticulture*, 12, 185-193. <https://doi.org/10.1080/01448765.1995.9754736>

- Gueçaimburu, J., Vázquez, J. M., Tancredi, F., Reposo, G. P., Rojo, V., Martínez, M., & Introcaso, R. M. (2019). Evolución del fósforo disponible a distintos niveles de compactación por tráfico agrícola en un argiudol típico. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 35(1), 81-89. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000203>.
- Gyaneshwar, P., Naresh Kumar, G., Parekh, L. J., & Poole, P. S. (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*, 245, 83-93. <https://doi.org/10.1023/A:1020663916259>
- He, Z. L., Bian, W., & Zhu, J. (2002). Screening and identification of microorganisms capable of utilizing phosphate adsorbed by goethite. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(5-6), 647-663. <https://doi.org/10.1081/CSS-120003057>
- Hedley, M., Steward, J., & Chauhuan, B. (1982). Changes in organic and inorganic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America*, 46, 970-976. <https://doi.org/10.2136/sssaj1982.03615995004600050017x>
- Herrera, M. (2006). *Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia: estudio fundamental e implicaciones en ingeniería* [Tesis de doctorado, Universidad de los Andes, Colombia]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/7812/u277084.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, M., Lizcano, A., & Santamarina, J. C. (2007). Colombian volcanic ash soils. In *Characterisation and engineering of natural soils* (pp. 2385-2409).
- Hinsinger, P. (2001). Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. *Plant and Soil*, 237(2), 173-195. <https://doi.org/10.1023/A:1013351617532>
- Hutchins, D. A., Qu, P., Fu, F. X., Kling, J. D., Huh, M., & Wang, X. (2019). Distinct responses of the nitrogen-fixing marine cyanobacterium *Trichodesmium* to a thermally variable environment as a function of phosphorus availability. *Frontiers Microbiology*, 10, Article 1282. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01282>
- Ibrahim, M., Hassan, A., Gozeel Iqbal, M., & Valeem, E. E. (2008). Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5), 2135-2141. https://www.researchgate.net/publication/222101716_Response_of_wheat_growth_and_yield_to_various_levels_of_compost_and_organic_manure
- Illmer, P., & Schinner, F. (1995). Solubilization of inorganic calcium phosphates—Solubilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(3), 257-263. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)00190-C](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)00190-C)
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2004). *Resolución 00375. "Por la cual se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia"*. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_ica_0375_2004.htm
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2012). *Levantamiento detallado de suelos en las áreas planas de 14 municipios de la sabana de Bogotá, departamento de Cundinamarca, escala 1:10.000*. <https://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/37174#page=1>
- Interamerican Association for Environmental Defense [AIDA]. (2013). *Suelos Andisoles: importancia y amenazas*. <https://aida-americas.org/es/blog/suelos-Andisoles-importancia-y-amenazas#:~:text=Colombia%20es%20uno%20de%20los,trigo%20y%20arroz%2C%20entre%20otros>
- Jahnke, R. A. (1992). The phosphorus cycle. In S. S. Butcher, R. J. Charlson, G. H. Orians & G. V. Wolfe (Eds.), *International geophysics: Global biochemical cycles* (Vol. 50, pp. 301-315). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(08\)62697-2](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(08)62697-2)

- Jiang, X., Peng, C., Fu, D., Chen, Z., Shen, L., Li, Q., Ouyang, T., & Wang, Y. (2015). Removal of arsenate by ferrihydrite via surface complexation and surface precipitation. *Applied Surface Science*, 353, 1087-1094. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.06.190>
- Johansson, J., Paul, L. R., & Finlay, R. D. (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbial Ecology*, 48(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.femsec.2003.11.012>
- Jorquera, M. A., Crowley, D. E., Marschner, P., Greiner, R., Fernández, M. T., Romero, D., Meneses-Blackburn, D., & De La Luz Mora, M. (2011). Identificación of γ -propeller phytase-encoding genes in culturable *Paenibacillus* and *Bacillus* spp. from the rhizosphere of pasture plants on volcanic soils. *FEMS Microbial Ecology*, 75(1), 163-172. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00995.x>
- Kalayu, G. (2019). Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as bio-fertilizers. *International Journal of Agronomy*, 2019, Article 4917256. <https://doi.org/10.1155/2019/4917256>
- Keymer, A., Pimprikar, P., Wewer, V., Huber, C., Brands, M., Bucerius, S. L., Delaux, P. M., Klingl, V., Von Röpenack-Lahaye, Wang, T. L., Eisenreich, W., Dörmann, P. Parniske, M., & Gutjahr, C. (2017). Lipid transfer from plants to arbuscular mycorrhiza fungi. *eLife*, 6, Article e29107. <https://doi.org/10.7554/eLife.29107>
- Khan, I., Zada, S., Rafiq, M., Sajjad, W., Zaman, S., & Hasan, F. (2022). Phosphate solubilizing epilithic and endolithic bacteria isolated from clastic sedimentary rocks, Murree lower Himalaya, Pakistan. *Archives Microbiology*, 204, Article 332. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02946-2>
- Khan, M. S., Zaidi, A., Ahemad, M., Oves, M., & Wani, P. A. (2010). Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi—current perspective. *Archives of Agronomy Soil Science*, 56(1), 73-98. <https://doi.org/10.1080/03650340902806469>
- Kishore, N., Pindi, P. K., & Ram Reddy, S. (2015). Phosphate-solubilizing microorganisms: A critical review. In B. Bahadur, M. Venkat Rajam, L. Sahijram & K. Krishnamurthy (Eds.), *Plant biology and biotechnology* (pp. 307-333). Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_12
- Konietzny, U., & Greiner, R. (2004). Bacterial phytase: Potential application, *in vivo* function and regulation of its synthesis. *Brazilian Journal of Microbiology*, 35(1-2), 11-18. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822004000100002>
- Kruse, J., Abraham, M., Amelung, W., Baum, C., Bol, R., Kühn, O., Lewandowski, H., Niederberger, J., Oelmann, Y., Rieger, C., Santner, J., Siebers, M., Siebers, N., Spohn, M., Vestergren, J., Vogts, A., & Leinweber, P. (2015). Innovative methods in soil phosphorus research: A review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(1), 43-88. <https://doi.org/10.1002/jpln.201400327>
- Kumar, R., Kumar, R., Mittal, S., Arora, M., & Babu, J. N. (2016). Role of soil physicochemical characteristics on the present state of arsenic and its adsorption in alluvial soils of two agri-intensive region of Bathinda, Punjab, India. *Journal of Soils and Sediments*, 16, 605-620. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1262-8>
- Kumar, A., Kumar, A., & Patel, H. (2018). Role of microbes in phosphorus availability and acquisition by plants. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 1344-1347. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.161>
- Kwesi Asomaning, S. (2020). Processes and factors affecting phosphorus sorption in soils. G. Kyzas & N. Lazaridis (Eds.), *Sorption in 2020s*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90719>
- Lambers, H., & Plaxton, W. C. (2015). Phosphorus: Back to the roots. *Annual Plant Reviews*, 48, 3-22. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0516>

- Larsen, S. (1967). Soil phosphorus. *Advances in Agronomy*, 19, 151-210. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60735-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60735-X)
- Leamy, M. (1984). Andisols of the world. In *Congreso Internacional de Suelos Volcánicos, Comunicaciones Universidad de la Laguna, Secretariado de Publicaciones* [Serie informes 13] (pp. 368-387).
- Leite, M. V. (2009). *Fungos filamentosos do lodo de esgoto: Impacto na microbiota fúngica e potencial enzimático* [Dissertação mestrado, Universidade Católica de Pernambuco, Recife]. http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/590/1/dissertacao_marcela_leite.pdf
- Li, X., Luo, L., Yang, J., Li, B., & Yuan, H. (2015). Mechanisms for solubilization of various insoluble phosphates and activation of immobilized phosphates in different soils by an efficient and salinity-tolerant *Aspergillus niger* Strain An2. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 175, 2755-2768. <https://doi.org/10.1007/s12010-014-1465-2>.
- Lindsay, W. (1979). *Chemical equilibria in soils*. John Wiley & Sons. [https://www.scirp.org/\(S-351jmbntvnsjt1aadkposzje\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1188214](https://www.scirp.org/(S-351jmbntvnsjt1aadkposzje)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1188214).
- Lindsay, W., Vlek, P. L., & Chien, S. H. (1989). Phosphate minerals. In J. B. Dixon & S. B. Weed (Eds.), *Minerals in soil environment* (Vol. 1, pp. 1089-1130). Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/sssabookser1.2ed.c22>.
- Liu, J., Liu, X., Zhang, Q., Li, S., Sun, Y., Lu, W., & Ma, C. (2020). Response of alfalfa growth to arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria under different phosphorus application levels. *AMB Express*, 10, Article 200. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01137-w>
- Luengo, C., Brigante, M., Antelo, J., & Avena, M. (2006). Kinetics of phosphate adsorption on goethite: Comparing batch adsorption and ATR-IR measurements. *Journal of Colloid and Interface Science*, 300(2), 511-518. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2006.04.015>
- Mabagala, F., & Mng'ong'o, M. E. (2022). On the tropical soils; the influence of organic matter (OM) on phosphate bioavailability. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3635-3641. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.02.056>
- Malagón Castro, D. (2003). Ensayo sobre tipología de suelos colombianos: énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Revista Academia Colombiana Ciencia*, 27(104), 319-341. https://www.accefyn.com/revista/Vol_27/104/319-341.pdf
- Masrahi, A. S., Alasmari, A., Shahin, M. G., Qumsani, A. T., Oraby, H. F., & Awad-Allah, M. M. (2023). Role of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria in improving yield, yield components, and nutrients uptake of barley under salinity soil. *Agriculture*, 13(3), 537. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030537>
- Masuco Lopes, M., Miranda Silva, A. M., Estrada-Bonilla, G. A., Ferraz-Almeida, R., Vilela Vieira, J. L., Otto, R., Vitti, G. C., & Nogueira Cardoso, E. (2021). Improving the fertilizer value of sugarcane wastes through phosphate rock amendment and phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Journal of Cleaner Production*, 298, Article 126821. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126821>
- McGill, W. B., & Cole, C. V. (1981). Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. *Geoderma*, 26(4), 267-286. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(81\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0016-7061(81)90024-0)
- Miranda Silva, A. M., Estrada-Bonilla, G. A., Masuco Lopes, C., Pereira Matteoli, F., Raposo Cotta, S., Petry Feiler, H., Rodrigues, Y. F., & Nogueira Cardoso, E. J. B. (2022). Does organomineral fertilizer combined with phosphate-solubilizing bacteria in sugarcane modulate soil microbial community and functions? *Microbial Ecology*, 84, 539-555. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01855-z>
- Mukhametzyanova, A. D., Akhmetova, A. I., & Sharipova, M. R. (2012). Microorganisms as phyta-se producers. *Microbiology*, 81, 267-275. <https://doi.org/10.1134/S0026261712030095>

- Nannipieri, P., Giagnoni, L., Landi, L., & Renella, G. (2011). Role of phosphatase enzymes in soil. In E. Bünnemann, A. Oberson, E. Frossard (Eds.), *Soil biology: Phosphorus in action* (Vol. 26., pp. 215-243). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15271-9_9
- Nanzyo, M. (2002). Unique properties of volcanic ash soils. *Global Environmental Research*, 6, 99-112.
- Nesme, T., Metson, G. S., & Bennett, E. M. (2018). Global P flows through agricultural trade. *Global Environmental Change*, 50, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.04.004>
- Odongo, N. E., Hyoung-Ho, K., Choi, H. C., Van-Straaten, P., McBride, B. W., & Romney, D. L. (2007). Improving rock phosphate availability through feeding, mixing and processing with composting manure. *Bioresource Technology*, 98(15), 2911-2918. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.10.015>
- Ohel, F., Frossard, E., Fliessbach, A., Dubois, D. (2004). Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems. *Soil Biology Biochemistry*, 36(4), 667-675. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.010>
- Olsen, S. R., & Watanabe, F. S. (1963). Diffusion of phosphorus as related to soil texture and plant uptake. *Soil Science Society of America Journal*, 27(6), 648-653. <https://doi.org/10.2136/sssaj1963.03615995002700060024x>
- Peñaranda Rolón, A. M., Serralde Ordóñez, D. P., & Ramírez Gómez, M. M. (2022). ¿Por qué usar hongos formadores de micorrizas arbusculares en caña de azúcar para panela en Nariño? Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406214>
- Pierzynski, G. M., McDowell, R. W., & Sims, J. T. (2005). Chemistry, cycling, and potential movement of inorganic phosphorus in soils. In J. T. Sims & A. N. Sharpley (Eds.), *Phosphorus: Agriculture and the environment* (Vol. 46, pp. 53-86). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr46.c3>
- Prabhu, N., Borkar, S., & Garg, S. (2019). Phosphate solubilization by microorganisms: Overview, mechanisms, applications and advances. In S. N. Meena & M. M. Naik (Eds.), *Advances in Biological Science Research* (pp. 161-176). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817497-5.00011-2>
- Pradhan, N., & Sukla, L. (2005). Solubilization of inorganic phosphate by fungi isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*, 5(10), 850-854. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/42884>
- Rafi, M., Krishnaveni, M. S., & Charyulu, P. B. B. N. (2019). Phosphate-solubilizing microorganisms and their emerging role in sustainable agriculture. In *Recent developments in applied microbiology and biochemistry* (pp. 223-233). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816328-3.00017-9>
- Raghothama, K. G. (2000). Phosphate transport and signaling. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(3), 182-187. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10837272/>
- Ramírez Gómez, M., Boveda Hoyos, G., Bonilla Buitrago, R., Cabra Julio, L., Peñaranda Rolón, A., López Jiménez, M., Tamayo Vélez, Á., Navas Ríos, G. E., & Díaz Diez, C. A. (2008). *Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12735>
- Rawat, P., Das, S., Shankhdhar, D., & Shankhdhar, S. C. (2021). Phosphate-solubilizing microorganisms: Mechanism and their role in phosphate solubilization and uptake. *Journal of Soil Science Plant Nutrition*, 21, 49-68. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>

- Redel, Y., Rubio, R., Rouanet, J., & Borie, F. (2007). Phosphorus bioavailability affected by tillage and crop rotation on a Chilean volcanic derived Ultisol. *Geoderma*, 139, 388-396. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.02.018>
- Richardson, A., & Simpson, R. (2011). Soil microorganisms mediating phosphorus availability update on microbial phosphorus. *Plant Physiology*, 156, 989-996. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175448>
- Rodríguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17(4-5), 319-39. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00014-2)
- Romero-Perdomo, F., Beltrán, I., Mendoza-Labrador, J., Estrada-Bonilla, G., & Bonilla, R. (2021). Phosphorus nutrition and growth of cotton plants inoculated with growth-promoting bacteria under low phosphate availability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.618425>
- Rooney, D. C., & Clipson, N. J. W. (2009). Phosphate addition and plant species alters microbial community structure in acidic upland grassland soil. *Microbial Ecology*, 57, 4-13. <https://doi.org/10.1007/s00248-008-9399-2>
- Santos-Torres, M., Romero-Perdomo, F., Mendoza-Labrador, J., Gutiérrez, A. Y., Vargas, C., Castro-Rincón, E., Caro-Quintero, A., Uribe-Vélez, D., & Estrada-Bonilla, G. (2021). Genomic and phenotypic analysis of rock phosphate-solubilizing rhizobacteria. *Rhizosphere*, 17, Article 100290. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100290>
- Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E. U. B., Sadhana, B., & Vani, S. (2017). A review on phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 2133-2144. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.251>
- Schachtman, D., Reid, R., & Ayling, S. (1998). Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant Physiology*, 116(2), 447-453. <https://doi.org/10.1104/pp.116.2.447>
- Schwertmann, U., Kodama, H., & Fischer, W. R. (1986). Mutual interactions between organics iron oxides. In P. M. Huang & M. Schnitzer (Eds.), *Interactions of soil minerals with natural organics and microbes* (Vol. 17, pp. 223-250). Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub17.c7>
- Selvi, K. B., Paul, J. J. A., Vijaya, V., & Saraswathi, K. (2017). Analyzing the efficacy of phosphate solubilizing microorganisms by enrichment culture techniques. *Biochemistry and Molecular Biology Journal*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.21767/2471-8084.100029>
- Sengul, H., Ozer, A. K., & Gulaboglu, M. S. (2006). Beneficiation of Mardin-Mazıdađı (Turkey) calcareous phosphate rock using dilute acetic acid solutions. *Chemical Engineering Journal*, 122(3), 135-140. <http://doi.org/10.1016/j.cej.2006.06.005>
- Sharma, S., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2, Article 587. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
- Shen, J., Yuan, L., Zhang, J., Li, H., Bai, Z., Chen, X., Zhang, F., & Zhang, F. (2011). Phosphorus dynamics: From soil to plant. *Plant Physiology*, 156(3), 997-1005. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>
- Shoji, S., & Takahashi, T. (2002). Environmental and agricultural significance of volcanic ash soils. *Global Environmental Research*, 6, 113-135. https://www.researchgate.net/publication/228767895_Environmental_and_agricultural_significance_of_volcanic_ash_soils
- Shrivastava, M., Kale, S., & D'Souza, S. (2011). Rock phosphate enriched post-methanation bio-sludge from kitchen waste based biogas plant as P source for mungbean and its effect

- on rhizosphere phosphatase activity. *European Journal of Soil Biology*, 47(3), 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.02.002>
- Shrivastava, M., Srivastava, P., & D'Souza, S. F. (2018). Phosphate-solubilizing microbes: Diversity and phosphates solubilization mechanism. In V. Meena (Ed.), *Role of rhizospheric microbes in soil* (pp. 137-165). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0044-8_5
- Singh, H., & Sudhakara Reddy, M. (2011). Effect of inoculation with phosphate solubilizing fungus on growth and nutrient uptake of wheat and maize plants fertilized with rock phosphate in alkaline soils. *European Journal of Soil Biology*, 47(1), 30-34. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2010.10.005>
- Sohm, J. A., Webb, E. A., & Capone, D. G. (2011). Emerging patterns of marine nitrogen fixation. *Nature Reviews Microbiology*, 9, 499-508. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2594>
- Soil Survey Staff. (1999). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (2nd edition). United States Department of Agriculture (USD). <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/class/taxonomy/>
- Son, H., Park, G., Cha, M., & Heo, M. (2006). Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a novel salt- and pH- tolerant *Pantoea agglomerans* R-42 isolated from soybean rhizosphere. *Bioresources Technology*, 97(2), 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.021>
- Stevenson, F., & Cole, M. (1999). *Cycles of soils: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. John Wiley & Sons.
- Stutter, M. I., Shand, C. A., George, T. S., Blackwell, M. S. A., Bol, R., MacKay, R. L., Richardson, A. E., Condon, L. M., Turner, B. L., & Haygarth, P. M. (2012). Recovering phosphorus from soil: A root solution? *Environmental Science & Technology*, 46(4), 1977-1978. <https://doi.org/10.1021/es2044745>
- Sugiura, Y., Akiyama, R., Tanaka, S., Yano, K., Kameoka, H., Kawaguchi, M., Akiyama, K., & Saito, K. (2019). *Myristate as a carbon and energy source for the asymbiotic growth of the arbuscular mycorrhizal fungus Rhizophagus irregularis*. <https://doi.org/10.1101/731489>
- Sullivan, D. M., Bary, A. I., Thomas, D. R., Fransen, S. C., & Cogger, C. G. (2002). Food waste compost effects on fertilizer nitrogen efficiency, available nitrogen, and tall fescue yield. *Soil Science Society America Journal*, 66(1), 154-161. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1540a>
- Tahir, M., Khalid, U., Ijaz, M., Shah, G. M., Naeem, M. A., Shahid, M., Mahmood, K., Ahmad, N., & Kareem, F. (2018). Combined application of bio-organic phosphate and phosphorus solubilizing bacteria (*Bacillus* strain MWT 14) improve the performance of bread wheat with low fertilizer input under an arid climate. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(suppl. 1), 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.11.005>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (4.^a Ed.). ArtMed.
- Takahashi, T., & Shoji, S. (2003). Distribution and classification of volcanic ash soils. *Global Environmental Research*, 6, 83-97.
- Tamad, M., Maas, A., Hanudin, E., & Widada, J. (2021). The mechanism of phosphate bacteria in increasing the solubility of phosphorus in Indonesian Andisols. *Journal of Water and Land Development*, 49(IV-VI), 188-194. <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.137111>
- Timofeeva, A., Galyamova, M., & Sedykh, S. (2022). Prospects for using phosphate-solubilizing microorganisms as natural fertilizers in agriculture. *Plants*, 11(16), 2119. <https://doi.org/10.3390/plants11162119>
- Tisserant, E., Malbreil, M., Kuo, A., Kohler, A., Symeonidi, A., Balestrini, R., Charron, P., Duenning, N., Dit Frey, N. F., Gianinazzi-Pearson, V., Gilbert, L. B., Handa, Y., Herr, J. R., Hijri, M., Koul, R., Kawaguchi, M., Krajinski, F., Lammers, P. J., Masclaux, F. ... Martin, F. (2013). Genome of an arbuscular mycorrhizal fungus provides insight into the oldest plant

symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 20117-20122. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313452110>

Torres-Cuesta, D., Mora-Motta, D., Chavarro-Bermeo, J. P., Olaya-Montes, A., Vargas-García, C., Bonilla, R., & Estrada-Bonilla, G. (2023). Phosphate-solubilizing bacteria with low-solubility fertilizer improve soil P availability and yield of kikuyu grass. *Microorganisms*, 11(7), Article 1748. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071748>

Tsai, C. C., Chen, Z. S., Kao, C. I., Ottner, F., Kao, S. J., & Zehetner, F. (2010). Pedogenic development of volcanic ash soils along a climosequence in Northern Taiwan. *Geoderma*, 156(1-2), 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.01.007>

Ugolini, F., & Dahlgren, R. (2003). Soil development in volcanic ash. *Global Environmental Research*, 6(2), 69-81. https://www.researchgate.net/publication/228548144_Soil_development_in_volcanic_ash

Van-Straaten, P. (2002). *Rocks for crops: Agrominerals of sub-Saharan Africa*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). http://apps.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/11_Rocks_for_crops.pdf

Velasco, A. I. (2021). *Inoculación de compost con microorganismos solubilizadores de fosfato y su efecto sobre la disponibilidad del fósforo* [Trabajo de grado, Universidad de Almería]. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13510/VELASCO%20SALAS%2C%20ANA-HIS%20ISABEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Velásquez, G., Calabi-Floody, M., Poblete-Grant, P., Rumpel, C., Demanet, R., Condrón, L., & Mora, M. L. (2016). Fertilizer effects on phosphorus fractions and organic matter in Andisols. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(2), 294-309. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000024>

Walpola, B. C., & Yoon, M. H. (2012). Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 6(37), 6600-6605. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.889>

Wang, L., & Nancollas, G. H. (2008). Calcium orthophosphates: Crystallization and dissolution. *Chemical Reviews*, 108(11), 4628-4669. <https://doi.org/10.1021/cr0782574>

Wilches Ortiz, W. A., Ramírez Gómez, M. M., Reyes Méndez, L. M., Pérez Moncada, U. A., Serralde Ordóñez, D. P., & Peñaranda Rolón, A. M. (2022). Hongos formadores de micorrizas arbusculares en caña de azúcar y su relación en calidad y rendimiento de panela. *Centro Azúcar*, 49(3), 78-89. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000300078&lng=es&tlng=es

Wyngaard, N., Cabrera, M., Jarosch, K., & Bunemann, E. K. (2016). Phosphorus in the coarse soil fraction is related to soil organic phosphorus mineralization measured by isotopic dilution. *Soil Biology and Biochemistry*, 96, 107-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.01.022>

Yousefi, A. A., Khavazi, K., Moezi, A. A., Rejali, F., & Nadiyah, H. A. (2011). Phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi impacts on inorganic phosphorus fractions and wheat growth. *World Applied Sciences Journal*, 15, 1310-1318. https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:nzfpXZ-XtYJ:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=0,5

Zaidi, A., Khan, M., Ahemad, M., & Oves, M. (2009). Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. *Acta Microbiológica et Immunológica Hungarica*, 56(3), 263-284. <https://doi.org/10.1556/amicr.56.2009.3.6>

Zeng, Q., Wu, X., Wang, J., & Ding, X. (2017). Phosphate solubilization and gene expression of phosphate-solubilizing bacterium *Burkholderia multivorans* WS-FJ9 under different levels of soluble phosphate. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(4), 844-855. <https://doi.org/10.4014/jmb.1611.11057>

- Zhu, L., Fu, F., & Tang, B. (2018). Coexistence or aggression? Insight into the influence of phosphate on Cr (VI) adsorption onto aluminum-substituted ferrihydrite. *Chemosphere*, 212, 408-417. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.085>
- Zou, X., Binkley, D., & Doxtader, K. G. (1992). A new method for estimating gross phosphorus mineralization and immobilization rates in soils. *Plant and Soil*, 147, 243-250. <https://doi.org/10.1007/BF00029076>

Capítulo 8. Diagnóstico, técnicas de identificación y cuantificación, y estrategias de manejo de problemas fitosanitarios

Andrea Paola Zuluaga Cruz, Donald Riascos, Carlos Andrés Moreno-Velandia, Alejandro Villabona, Lorena Dávila, Edwin Rodríguez, Francy Liliana García-Arias, Eliana G. Revelo Gómez, Carlos A. Marcillo Paguay

Resumen

En este capítulo se describen los principales microorganismos causantes de enfermedades en plantas, tomando como ejemplo los encontrados con más frecuencia en Nariño, tales como fitoplasmas, virus, bacterias, protistas y hongos. Esto es importante para familiarizar a los agricultores y los asistentes técnicos con los síntomas causados en las plantas o frutos de las enfermedades más comunes en esta localidad. También se abordan estrategias para el manejo fitosanitario con herramientas como el diagnóstico (clásico y molecular), y se describen técnicas de identificación y cuantificación del patógeno. El

propósito es que los agricultores y asistentes técnicos tengan una herramienta de consulta a la mano y aprendan a hacer las observaciones y preguntas importantes para el diagnóstico temprano y correcto de las enfermedades que afectan los cultivos. Un diagnóstico a tiempo y acertado es fundamental para evitar pérdidas de la cosecha y de dinero en manejo. Finalmente, se describe la importancia de tener un manejo integrado de plagas y enfermedades que aborde diferentes estrategias, como uso de biocontroladores, rotación de cultivos y manejo químico, entre otras.

192

Introducción

En la agricultura, el estrés en las plantas debido a factores bióticos y abióticos causa altas pérdidas en los rendimientos. Dentro de los factores abióticos se encuentran las altas y bajas temperaturas, el exceso y el déficit hídricos, y la degradación de las propiedades fisicoquímicas del suelo, entre otros. A su vez, los factores de estrés biótico son provocados por insectos plaga y

fitopatógenos principalmente. Por esto, es esencial que los agricultores y asistentes técnicos realicen seguimiento continuo a los cultivos, se entrenen en la identificación de los insectos plaga que causan daños a las plantas y en el reconocimiento de los síntomas de las principales enfermedades, y conozcan las herramientas que pueden utilizar para reducir los efectos de estos factores de

estrés. En este capítulo se presentan lineamientos para hacer las preguntas correctas en un proceso de diagnóstico de enfermedades, las técnicas más utilizadas para la identificación y cuantificación de los agentes causales, e información actualizada sobre los principales métodos de control de fitopatógenos, lo cual resulta útil para

establecer estrategias de manejo eficientes. Los principales patógenos que causan enfermedades en las plantas y amenazan la producción de alimentos son bacterias, fitoplasmas, virus, hongos y protistas. Su conocimiento es necesario para identificarlos, entender su biología y encontrar la mejor manera de controlarlos.

Enfermedades causadas por bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares, con un tamaño de 1 a 10 μm . Carecen de una membrana que encierre su material genético en un núcleo, tienen pared celular y presentan diferencias estructurales entre las gramnegativas y las grampositivas (Silhavy et al., 2010). Una de sus características principales es que pueden permanecer latentes por largos periodos en el suelo o en hospederos alternos como plantas arvenses, hasta que las condiciones ambientales sean favorables (Agrios, 2005). Las bacterias penetran el tejido vegetal por diferentes vías, tales como estomas, hidátodos o heridas, y se propagan de una planta a otra generalmente por la salpicadura de la lluvia o el agua de riego, y muy rara vez por acción del aire. Las bacterias a menudo causan pudriciones, ya que maceran el tejido de las plantas (figura 56).

Por otro lado, están los fitoplasmas y espiroplasmas, microorganismos que carecen de pared celular, con genomas muy pequeños rodeados por una membrana unicelular, y que generalmente se transmiten por insectos vectores. Los síntomas causados por estos patógenos se parecen mucho a los producidos por los virus (Marccone, 2010). Hasta ahora, los fitoplasmas y espiroplasmas no se han podido cultivar *in*

vitro, y para poder confirmar su presencia, se debe hacer uso de herramientas moleculares o pruebas serológicas, las cuales se describen más adelante en este capítulo. Las enfermedades causadas por fitoplasmas son poco conocidas en Colombia (Filgueira et al., 2004; Franco-Lara & Filgueira,



Figura 56. Pudrición en cabeza de coliflor causada por la bacteria *Pseudomonas* spp.
Foto: Eliana Revelo Gómez

2005; Mejía et al., 2011). El primer reporte en Colombia de los fitoplasmas *Candidatus Phytoplasma* spp., causantes de la enfermedad denominada *punta morada de papa* (PMP), data del primer semestre de 2021, en el departamento de Nariño, y sus síntomas se muestran en la figura 57.

El ICA estableció las medidas fitosanitarias para la vigilancia y control del insecto *Bactericera cockerelli* Šulc (Hemiptera:

Triozidae), vector del fitoplasma causal de esta enfermedad (ICA, 2021) (figura 58). En la actualidad, la mejor medida de control de esta enfermedad es la prevención mediante uso de semilla de papa certificada, desinfección de herramientas y monitoreo del insecto transmisor (*B. cockerelli*) con trampas amarillas en la periferia del cultivo (Castillo et al., 2018; ICA, 2021).



Figura 57. Síntomas de la enfermedad punta morada de la papa (PMP), causada por fitoplasmas *Candidatus Phytoplasma* spp. a. y b. Entorchamiento y tonalidades violáceas en foliolos apicales; c. y d. Tubérculos aéreos.

Fotos: Juan Vicente Romero



Figura 58. Estadios de *B. cockerelli*, vector del fitoplasma causal de la enfermedad punta morada en solanáceas. a. Huevo; b. Ninfas; c. Adulto; d. Oviposición en folíolos de papa.

Fotos: Juan Vicente Romero

Enfermedades causadas por virus

Los virus son partículas infecciosas, su genoma consiste en una cadena simple o doble de ADN o ARN, y generalmente están cubiertos por una cápside de proteína. Por lo general, en la naturaleza no pueden sobrevivir sin otro organismo (Agrios, 2005). Las plantas son los principales hospederos de los virus fitopatógenos, aunque también sobreviven en artrópodos (sus principales vectores), quienes los transmiten de una planta a otra cuando se alimentan de estas. Hay algunos nemátodos de la familia Longidoridae que son vectores de virus.

Otro mecanismo importante para la propagación de los virus es el contacto humano, cuando las personas manipulan directamente o con herramientas plantas

infectadas y después tocan otras que no lo están, lo que produce su transmisión mecánica (Agrios, 2005).

Generalmente, los virus invaden las plantas de manera sistémica, y esto hace que todos los órganos (hojas, flores, tallos, raíces, semillas e incluso polen) estén infectados. En la agricultura, la fuente primaria de los virus son las plantas hospederas (arvenses u otros cultivos), la propagación vegetativa (trasplantes, división y esquejes), los vectores (artrópodos principalmente y en algunos casos nemátodos y el ser humano) y las semillas infectadas (Agrios, 2005). En los cultivos de Nariño, los virus más relevantes de la papa son el PVV (siglas en inglés de *Potato Yellow Vein Virus*, el virus

del amarillamiento de las venas), el complejo de virus de mosaico rugoso en papa PVX y

PYV, y el virus del rayado fino del maíz (MRFV) (figuras 59a, 59b, 59c).



Figura 59. Virus relevantes en los cultivos de papa en Nariño. a. Virus del amarillamiento de las venas PYVV; b. Complejo de virus de mosaico rugoso PVX y PYV; c. Virus del rayado fino del maíz MRFV.

Fotos: Eliana Revelo Gómez

Enfermedades causadas por hongos

Estos organismos causan la mayoría de enfermedades en las plantas (Dean et al., 2012). La gran mayoría carece de clorofila, tiene pared celular y ADN en el núcleo, el cual está rodeado por una membrana (eucariotas). Producen estructuras filamentosas denominadas *hifas*, que en su conjunto reciben el nombre de *micelio*. La identificación de estos organismos se basa principalmente en la forma y naturaleza de las esporas de reproducción sexual y asexual, llamadas *conidios*, *esporangios* y *cuerpos fructíferos*. La estructura de las hifas y los aspectos de la morfología son utilizados para su clasificación. Las esporas asexuales (conidios y esporangios) son las principales fuentes de inóculo e infección de los cultivos. Otra estructura asexual muy importante en la epidemiología de los hongos son las *clamidosporas*, células vegetativas

de paredes celulares gruesas que sirven como estructuras de supervivencia, y que pueden permanecer por muchos años en ausencia de un hospedero (Agrios, 2005).

Los hongos ocupan una gran variedad de nichos ecológicos. Algunos son patógenos obligados, lo que significa que solo pueden sobrevivir en un hospedero vivo, como los mildes polvosos (figuras 60a, 60b). Otros se especializan en infectar uno o muy pocos hospederos como las royas (figuras 60c, 60d), y algunos son patógenos del follaje y las flores, aunque también pueden sobrevivir como saprófitos en materia orgánica, mientras que los hongos de suelo pueden vivir libremente en este, en la materia orgánica, en raíces o en otros tejidos. También están los que tienen la habilidad de infectar un amplio espectro de plantas, como *Fusarium* sp. (figuras 60e, 60f). La dispersión de

hongos se da principalmente por medio del viento, que puede transportar conidios y esporangios a largas distancias. Las esporas

también se dispersan por la lluvia, el sistema de irrigación, el suelo contaminado y las semillas o plántulas infectadas.

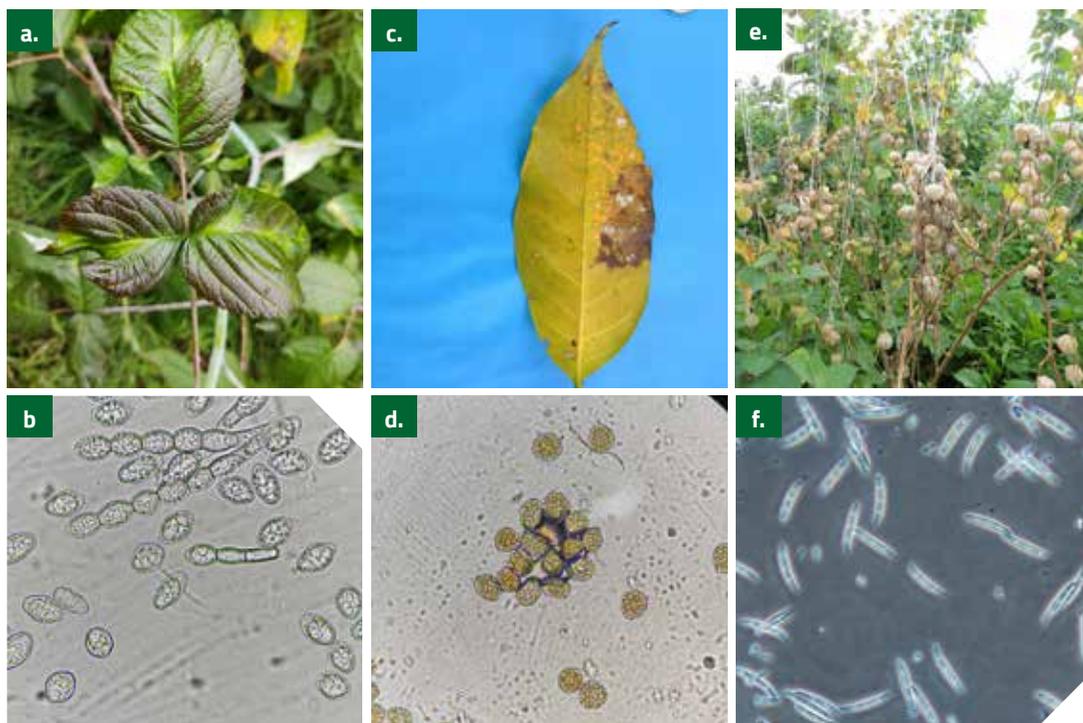


Figura 60. Hongos patógenos de plantas. a. *Sphaerotheca pannosa* (mildeo polvoso) en mora, patógeno obligado (síntomas en planta); b. Vista de esporas de *S. pannosa* bajo microscopio; c. *Hemileia vastatrix* (roya del café), el cual infecta pocos hospederos (síntomas en hoja); d. Vista de esporas de *H. vastatrix* bajo microscopio; e. *Fusarium oxysporum*, el cual puede infectar un amplio rango de hospederos (síntomas en planta de uchuva); f. Vista de esporas de *F. oxysporum* bajo microscopio.

Fotos: Eliana Revelo Gómez (a y b), Donald Riascos (c y d), Edwin Rodríguez (e y f)

Enfermedades causadas por protistas

Hay dos grupos de microorganismos fitopatógenos que se clasifican como protistas. El primero pertenece al filo Plasmodiophoromycota, el cual incluye a *Plasmodiophora brassicae*, agente causal de la hernia de las crucíferas, y a *Spongospora subterranea*, causante de la sarna polvorienta de la papa. Estos microorganismos son patógenos habitantes del suelo y producen zoosporas móviles (Agrios, 2005).

El segundo grupo pertenece al filo Oomycota, que incluye patógenos de alta importancia agronómica como los mildes vellosos (*Bremia* spp., *Peronospora* spp., *Plasmopara* spp., y *Pseudoperonospora* spp.), el damping-off (*Pythium* spp.), el tizón tardío en especies solanáceas, los patógenos responsables de otras enfermedades que afectan diferentes especies cultivadas (*Phytophthora infestans* y otras especies



Figura 61. Protistas encontrados en lotes visitados en Nariño. a. *Plasmidiophora brassicae*, causal de la hernia en crucíferas; b. *Phytophthora infestans*, causal de la gota en papa.

Fotos: Eliana Revelo Gómez

del género), y otros como *Aphanomyces* spp. y *Albugo* spp. La mayoría de estos microorganismos son habitantes naturales del suelo, aunque hay algunas excepciones como ciertas especies de *Phytophthora* y la mayoría de los mildeos vellosos, los cuales son considerados patógenos foliares, pero parte de su ciclo de vida tiene lugar en el suelo (Agrios, 2005). La mayoría de especies de oomicetos producen zoosporas con

flagelos que les permiten moverse fácilmente en el agua del suelo (Agrios, 2005). Los esporangios de estos microorganismos son dispersados por el viento en su mayor parte, pero también por agua. Los dos patógenos encontrados más a menudo en los lotes visitados en Nariño fueron *Plasmidiophora brassicae* en crucíferas, y *Phytophthora infestans* en papa (figuras 61a, 61b).

Preguntas clave para un diagnóstico correcto de enfermedades

El diagnóstico de enfermedades es el primer paso para un manejo adecuado del cultivo. Este es un proceso investigativo, que requiere una observación exhaustiva y una estrategia para solucionar los problemas fitosanitarios. Las observaciones deben ser tanto del momento del diagnóstico como de datos históricos, ya que entre más información se obtenga, mucho mejor. Por esto, los agentes de extensión agrícola y el productor deben tener un cuaderno en el que consignen los problemas que ocurrieron y en qué periodo (mes con mayor

incidencia), la cantidad de lluvia (precipitación en mm) y la temperatura promedio, entre otros datos. El proceso de diagnóstico debe ser sistemático, organizado, y en él se debe mantener una mente abierta para no sesgarse con una sola causa del problema. Es importante hacer un recorrido por todo el cultivo y observar cuidadosamente las plantas, el área de siembra y las zonas circundantes (Koike et al., 2007).

A continuación, se proponen algunas preguntas que ayudan a tener un buen diagnóstico en campo:

Preguntas relacionadas con plantas sanas: ¿Cuál es el nombre del cultivar utilizado? ¿Este cultivar en particular es resistente o susceptible a los patógenos que se encuentran en la zona? ¿Este cultivar es susceptible a factores abióticos como salinidad del suelo, acidez (pH), alta o baja humedad en el suelo, etc.? ¿Se ha hecho un análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo antes de la siembra? ¿Es el tipo de suelo adecuado para el cultivo?

Preguntas relacionadas con plantas enfermas: ¿Qué partes de la planta están afectadas (raíces, hojas, tallo, fruto, etc.)? ¿Cómo se distribuyen los síntomas (en ramas viejas, hojas nuevas, etc.)? ¿Cómo eran los síntomas iniciales? ¿Cómo se diferencian de los síntomas bien desarrollados? ¿Hace cuánto tiempo se presentan los síntomas en el cultivo? ¿En qué estado fenológico se ven afectadas las plantas (semilla, plántula, planta desarrollada, durante la formación de flor o fruto, planta senescente, etc.)? ¿Se pueden ver síntomas similares en otras especies de plantas,

tanto en arvenses de los alrededores como en otros cultivos, o el patógeno está restringido a una especie en particular? ¿Se pueden asociar las plantas afectadas a un determinado lote de semillas, a esquejes o semilleros provenientes de un sitio en particular? ¿Los síntomas se presentan según un patrón determinado (localizado) en el lote o se distribuyen en las plantas de manera aleatoria? ¿Cuál es la fuente de agua que se utiliza para el riego? ¿Cada cuánto riega y en cuánta cantidad? ¿Hay zonas del terreno propensas a inundarse? ¿Los síntomas se asocian a zonas del terreno que tienden a inundarse? ¿Cuál es el manejo dado al cultivo? ¿Qué productos usa para fertilizar y controlar plagas y enfermedades? ¿Qué manejos culturales lleva a cabo: podas, rotación de cultivos, otros?

Las anteriores preguntas ayudan a entender mejor el problema. Con las herramientas apropiadas, permiten llegar a un diagnóstico correcto, para dar un manejo adecuado al problema fitosanitario.

Técnicas de diagnóstico de enfermedades

El conocimiento de los diversos agentes causales permite diseñar planes de control sostenibles a mediano y largo plazo en el ámbito social, económico y ambiental, en los municipios de Nariño.

El diagnóstico macroscópico de algunas enfermedades se puede hacer directamente en campo. Para esto, es necesario conocer de antemano los síntomas de la enfermedad en cada cultivo y las situaciones que hacen susceptibles a las plantas (clima de la temporada, prácticas culturales y otros factores). Una entrevista a los agricultores, enfocada en las preguntas de diagnóstico mencionadas arriba, permite

conocer el contexto del cultivo, para que la información pueda ser contrastada con las sospechas. Ejemplos de enfermedades que pueden ser diagnosticadas por este método son la hernia de las crucíferas (figura 62a), cuyos síntomas característicos son el atrofiamiento de las plantas y la aparición de agallas en raíz (además de que la afección se presenta en crucíferas), y el virus del amarillamiento de la papa, condición en la cual las hojas de la papa presentan venas amarillas (figura 62b).

En caso de que no se pueda hacer un diagnóstico directamente en campo, se recolectan muestras vegetales de tejido sano

y con síntomas, para ser tratadas en laboratorio y realizar el diagnóstico microscópico. Para esto, se deben obtener cultivos de los microorganismos patógenos puros a partir del tejido vegetal recolectado en campo, según procedimiento descrito en la figura 63. El tejido vegetal se desinfecta superficialmente: se sumerge en alcohol al 70 % por un minuto, luego en hipoclorito de sodio al 2 % por 30 segundos y finalmente se hacen lavados con agua estéril. El tejido desinfectado se coloca en un medio nutritivo, específico para el aislamiento de bacterias, hongos o protistas.

Para caracterizar las bacterias, se lleva a cabo una descripción morfológica de las colonias (color, forma, tamaño) y otra microscópica con tinción de Gram, la cual diferencia las bacterias gramnegativas de las grampositivas mediante variaciones en la pared celular (figura 64). En el caso de hongos, se describe morfología y color del micelio a partir de lo observado en el cultivo de cajas de Petri y se hace descripción microscópica

de estructuras de reproducción como conidios o esporangios (figura 65).

Después de aislar los microorganismos en cultivo puro, se puede realizar una identificación molecular. De este cultivo puro se extrae el ADN mediante protocolos especializados para bacterias (Wilson, 2001) y hongos (Griffith & Shaw, 1998). Con el ADN de cada microorganismo se lleva a cabo una reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con genes conservados, por lo general *16S* para bacterias (DeParasis & Roth, 1990) e *ITS* para hongos (Goodwin et al., 2001). La PCR consiste en ciclos térmicos y reactivos que producen millones de copias de los genes mencionados arriba (figura 66). Este ADN amplificado se secuencia para obtener el código genético de los genes de cada microorganismo. Las secuencias se contrastan con bases de datos como el National Center for Biotechnology Information (NCBI) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) y esto permite clasificar la especie en la mayoría de los casos.



Figura 62. Enfermedades en las que es posible hacer un diagnóstico macroscópico, basado en los síntomas. a. Hernia de las crucíferas causada por el patógeno *Plasmodiophora brassicae*; b. Amarillamiento de las venas de la papa, causado por el virus PVV.

Fotos: Carlos Andrés Moreno Velandia (a), Eliana Revelo Gómez (b)

Procedimiento para aislar microorganismos de tejido vegetal con síntomas de enfermedad

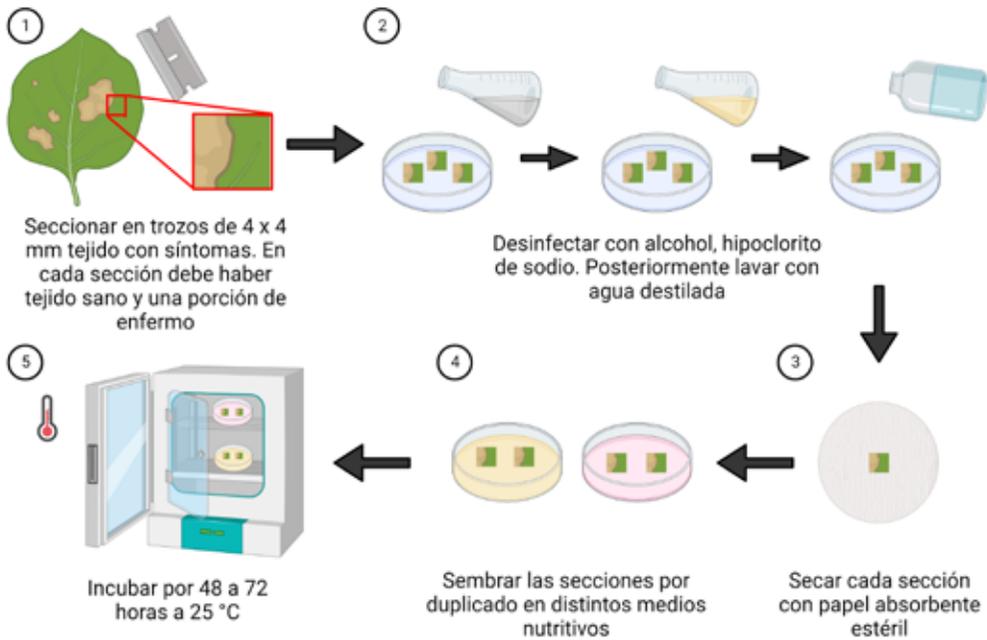


Figura 63. Procedimiento para aislar bacterias, hongos o protistas de tejido vegetal con síntomas de enfermedad.

Fuente: Elaboración propia

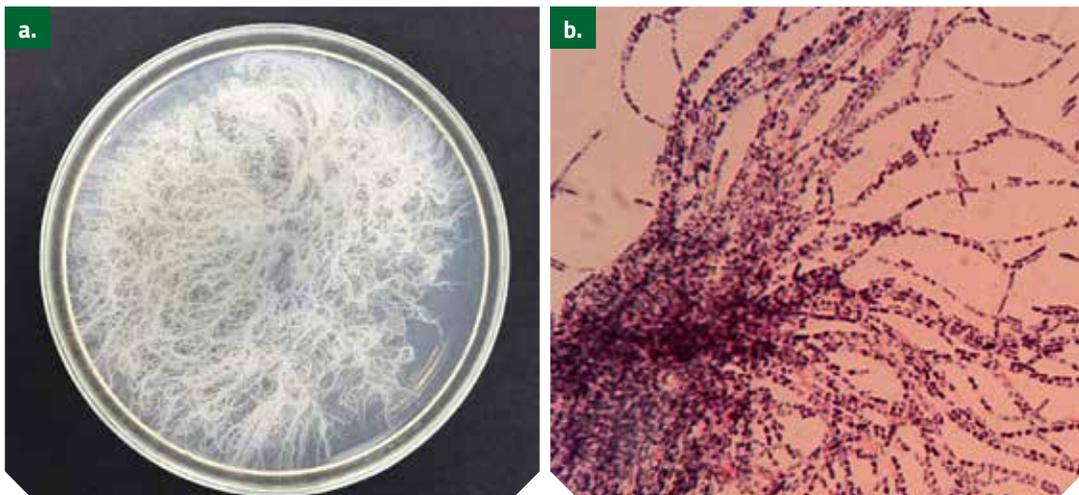


Figura 64. Identificación de la bacteria *Bacillus mycoides*. a. Aislamiento de tejido foliar de repollo; b. Microscopía luego de realizar tinción de Gram.

Fotos: Alejandro Villabona Gelvez

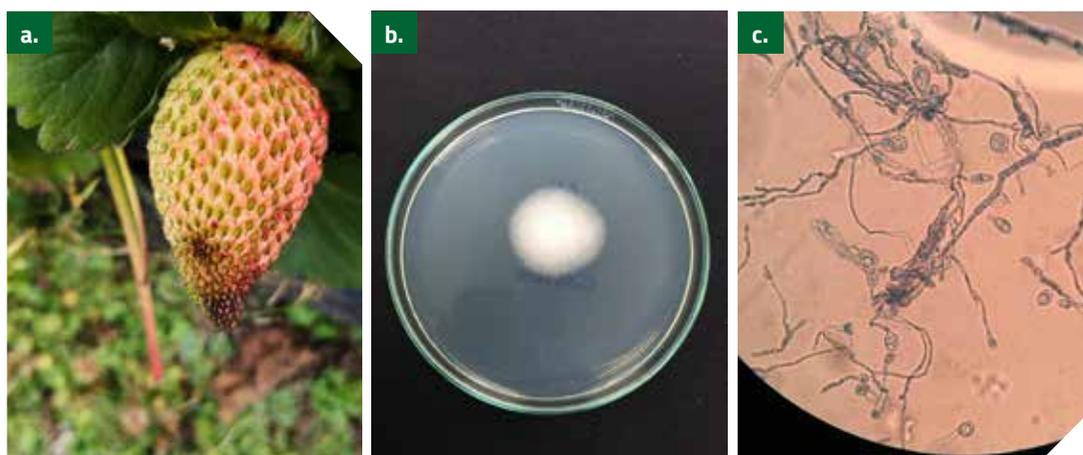


Figura 65. Identificación del hongo *Colletotrichum nymphaeae*. a. Fruto de fresa con sintomatología típica de inicios de momificación; b. Ejemplo de aislamiento de hongo en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA); c. Microscopía luego de realizar tinción con azul de lactofenol con evidencia de conidios.

Fotos: Carlos Andrés Moreno Velandia (a), Alejandro Villabona Gelvez (b y c)

Importancia de la complementariedad de los tipos de diagnóstico

En lo posible, se deben utilizar los tres tipos de diagnóstico para tener un dictamen más certero, ya que la información arrojada por cada método sirve como soporte y se contrasta con los datos de los otros. Cabe mencionar, sin embargo, que el flujo de trabajo a veces presenta fallas debido al crecimiento de microorganismos que no son el verdadero agente etiológico y que

puede haber contaminación en la muestra durante los tiempos de colecta y procesamiento. En otras ocasiones, el patógeno es un biótrofo obligado, es decir, no puede ser cultivado en condiciones de laboratorio. Adicionalmente, los síntomas pueden ser producto de un consorcio de microorganismos, de una combinación de estrés abiótico y biótico, o de otros factores.

Toma de decisiones para el manejo de enfermedades: muestreo y cuantificación

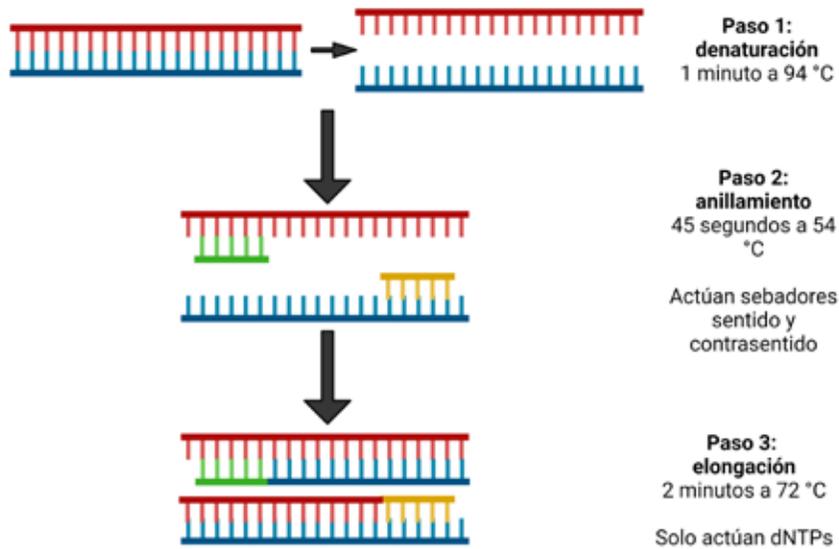
Una vez identificado el agente causal, se debe hacer un plan de manejo de la enfermedad. La toma de decisiones para este manejo debe basarse en uno o varios de los siguientes criterios:

1. **Intensidad de la enfermedad:** Las estrategias de control o manejo de patógenos

se ponen en práctica cuando la enfermedad alcanza el umbral de acción, es decir, la decisión de control se toma después de determinar la incidencia o severidad de la enfermedad (ver abajo, "Cuantificación de enfermedades de plantas") para prevenir que la población

a.

Pasos de la PCR (reacción en cadena de la polimerasa)



b.

Amplificación exponencial

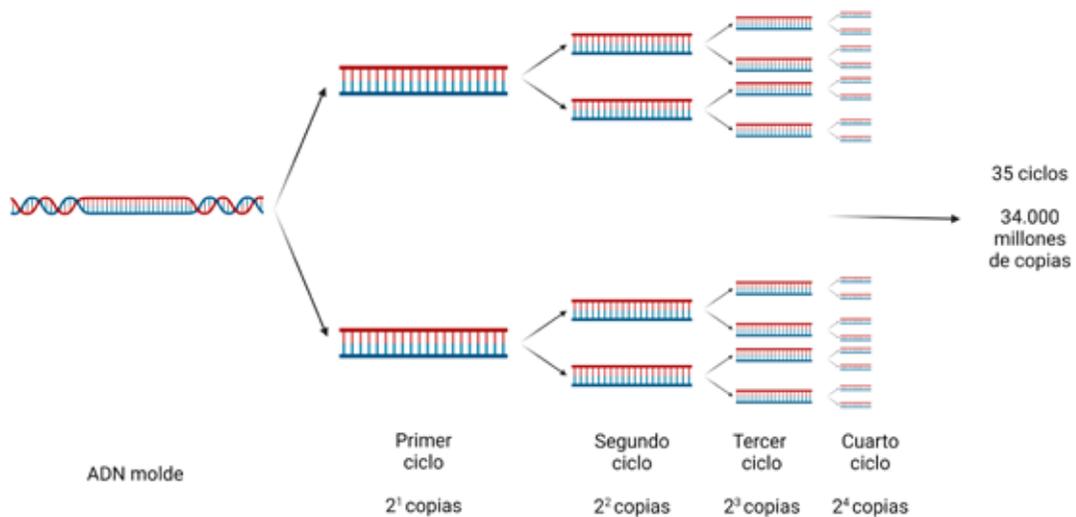


Figura 66. Pasos generales de la PCR. a. La cantidad de ciclos, el tiempo y la temperatura varían según los reactivos y el material genético objetivo que se amplifica; b. Ejemplo de por qué las regiones de ADN objetivo son amplificadas de manera exponencial en cada ciclo.

Fuente: Elaboración propia

del patógeno alcance el nivel de daño económico (momento en el cual el costo del manejo es mayor que el costo de la producción) (Gholson, 1987).

2. *Fases críticas:* En algunas especies de importancia agronómica se ha identificado una resistencia relacionada con la edad, lo que quiere decir que uno o varios estados fenológicos de la planta pueden permanecer inmunes al patógeno. Por lo tanto, las estrategias de manejo deben concentrarse en los estados susceptibles (Calonnec et al., 2018; Ficke et al., 2002).

3. *Sistemas de alerta temprana de enfermedades:* Se usan para predecir un brote de la patología en un área y tiempo específicos, con base en condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad. Permiten saber cuándo y dónde es más probable que la enfermedad sea un problema (Murmu et al., 2020). Implementar estos criterios en la toma de decisiones de manejo permite reducir los costos de producción ya que disminuye el número de aplicaciones de productos de síntesis química, y de control biológico y cultural.

Cuantificación de enfermedades de plantas

Esta acción es necesaria para monitorear epidemias, estimar pérdidas de producción, seleccionar materiales resistentes a una enfermedad y evaluar el efecto de los tratamientos (químico, biológico, cultural) (Bock et al., 2022; Nutter et al., 1991). Una

incorrecta cuantificación puede resultar en desperdicio de recursos económicos, incremento de la enfermedad, pérdidas en producción o en una reducida rentabilidad (Bock et al., 2022).

Tipos de muestreo para estimación de enfermedades de plantas

Un criterio para definir el tipo de muestreo que se va a implementar es el patrón de distribución de la patología. Por ejemplo, una enfermedad repartida de manera uniforme en el cultivo requiere pocas muestras para una evaluación exacta, en comparación con una enfermedad con un patrón de distribución en parches o focos (Lin et al., 1979). El tamaño de muestra es más importante que el diseño del muestreo si la patología presenta un patrón de distribución aleatorio, mientras que el diseño de muestreo es más importante en enfermedades con

patrón de distribución agregado (Lin et al., 1979). Existen cuatro tipos de muestreo:

1. *Sistemático:* Se evalúa la enfermedad con recorridos del cultivo que cubren el tamaño del lote o terreno. Las unidades de cultivo (plantas, hojas, inflorescencias, etc.) se pueden tomar de manera aleatoria, cada diez pasos y caminando en diagonal, en *X*, *W* o según un patrón de diamante (Brown & Keane, 1997). El muestreo sistemático es de rápida implementación y bajo costo en términos de logística y recursos humanos. Sin embargo, durante la estimación de

la intensidad pueden quedar sitios del lote sin evaluar, con el resultado de una posible subestimación o sobrestimación de la cantidad de la enfermedad.

2. *En clúster*: Se muestrean N unidades de n individuos. En cada unidad se evalúan todos los individuos.
3. *Multietapa*: Similar al muestreo en clúster, con la diferencia de que no todos los

individuos de la unidad de muestreo son evaluados (Madden & Hughes, 1999).

4. *Aleatorio estratificado*: La población entera del campo se divide en estratos o sectores uniformes. Una vez hecho esto, se colecta o evalúa en cada sector una muestra elegida de manera aleatoria (Delp et al., 1986).

Métodos directos para estimar enfermedades

Incidencia

Corresponde a la proporción de especímenes enfermos o al número de plantas afectado dividido por el total de plantas evaluadas. Se expresa en porcentaje y se estima con base en la presencia o ausencia de síntomas en la población de plantas evaluadas, por lo cual se considera una variable binaria (Madden & Hughes, 1999). Se evalúan plantas completas cuando hay

enfermedades sistémicas, inflorescencias en caso de carbones, y hojas cuando hay manchas foliares o royas. Si las enfermedades son de naturaleza viral, los síntomas pueden confundirse con deficiencias nutricionales. Por lo tanto, una correcta estimación viral demanda pruebas serológicas tipo ELISA o moleculares tipo PCR (Madden & Hughes, 1999).

Severidad

Es el área afectada por una enfermedad en una unidad de muestreo (superficie de la planta), expresada como porcentaje o proporción del área total (Nutter et al., 1991; Madden & Hughes, 1999). Esta variable es continua y se puede registrar con

escalas de la afección y con ilustraciones específicas que indican el área enferma en especímenes (también conocidas como *diagramas de área estándar* [SAD, por sus siglas en inglés]).

Métodos indirectos para estimación de enfermedades

Trampas de esporas

Este método asume que la producción de esporas está directamente relacionada con la cantidad de enfermedad en el cultivo, lo cual no siempre es así. La ventaja es que la evaluación se puede llevar a cabo sin

necesidad de hacer recorridos dentro de los cultivos, una práctica que puede alterar la tasa de dispersión de la enfermedad (Brown & Keane, 1997).

Sensores

Los patógenos alteran la fisiología de las plantas y causan modificaciones de tipo morfológico (síntomas) y bioquímico (cambios en actividad fotosintética y transpiración, incremento en respiración, liberación de compuestos orgánicos volátiles [COV]) que pueden ser detectadas con percepción remota (adquisición de información sin contacto físico con la planta), mediante sensores basados en imágenes digitales, fluorescencia de la clorofila, imágenes espectrales y termográficas, y detección de COV (Mahlein et al., 2018; Oerke, 2020).

Las siguientes son las ventajas del uso de sensores en la agricultura:

1. *Evaluación de enfermedades:* Contrario a los métodos directos basados en laboratorio, los cuales son invasivos, destructivos y cubren solo una muestra representativa, las aproximaciones basadas en sensores permiten potencialmente el monitoreo repetido de todas las plantas del cultivo.
2. *Control de enfermedades en sitio específico:* Sobre todo cuando las enfermedades

presentan una distribución heterogénea, lo cual reduce de manera significativa las aplicaciones de fungicidas, dado que estas se hacen solo donde existen plantas enfermas. Lo ideal es que los sensores sean capaces de detectar una desviación del estado de salud del cultivo debido a patógenos, identificar la enfermedad y cuantificar su severidad (Jurišić et al., 2021; Mahlein et al., 2018; Oerke, 2020).

Los métodos directos e indirectos para estimar la cantidad de enfermedad en plantas, con sus ventajas y desventajas, son de uso actual y constituyen una importante herramienta para la toma de decisiones de manejo. Su aplicación práctica, previa determinación de umbrales de acción y puntos críticos, permite desplegar estrategias de manejo solo en momentos necesarios, con lo cual se reducen los costos de producción relacionados con esquemas de control basados en aplicaciones de pesticidas según calendario.

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

El MIPE ha sido definido a partir de distintas perspectivas, desde las más pragmáticas, como el uso combinado de técnicas de manejo para reducir los daños causados por plagas y enfermedades, hasta otras más complejas que incluyen conceptos filosóficos y ecológicos (Van Lenteren et al., 2020). En este capítulo, se sigue una definición que aborda aspectos biológicos, ecológicos y económicos:

El MIPE es una combinación de prácticas agrícolas duraderas, justificables desde el punto de vista medioambiental, toxicológico y económico, para prevenir daños causados por plagas y enfermedades, mediante el uso de factores naturales que limitan el crecimiento de la población de plagas y el desarrollo de enfermedades, recurriendo a otras medidas, preferiblemente no químicas, en caso de ser necesario. (Van Lenteren, 1993, p. 217)

Componentes del MIPE

El MIPE requiere un conocimiento previo del patógeno o insecto plaga, del cultivo y del ecosistema en el que se ha establecido, lo cual permite definir el flujo de acciones que deben ser puestas en marcha. Los siguientes son los principios que deben tenerse en cuenta para la implementación

de un esquema MIPE: prevención y supresión; seguimiento, toma y análisis de datos; determinación de umbrales; aplicación de métodos no químicos; selección de plaguicidas; uso racional de plaguicidas; aplicación de estrategias antirresistencia, y evaluación (Barzman et al., 2015).

Control cultural

Es la alteración intencional del sistema de producción para reducir las poblaciones de patógenos o plagas y de este modo evitar daños en los cultivos. Por otro lado, las prácticas culturales se refieren al manejo que da un agricultor al ambiente, con el fin de mejorar la producción (Emmanuel et al., 2016).

El fin de las prácticas culturales y los métodos de control es que las plantas eviten el contacto con el patógeno, erradicándolo o reduciendo su abundancia. El control cultural es el método más económico. Contribuye al crecimiento de microorganismos antagonistas del patógeno: crea un ambiente menos favorable para este último y más benéfico para sus enemigos naturales (Agrios, 2005). Ejemplos de labores consideradas dentro de este método de control son los siguientes: uso de semillas certificadas libres de enfermedades, selección de suelos adecuados, distancias de siembra que permitan una mejor aireación, rotación de cultivos, riego, fertilización adecuada, aplicación de enmiendas, medidas sanitarias como control de arvenses, poda, eliminación de plantas enfermas, desinfección de calzado y herramientas de uso frecuente. Estas y otras prácticas limitan las condiciones ambientales favorables para los patógenos, y afectan la disminución de inóculos y el desarrollo de enfermedades

(Agrios, 2005; Céspedes León & Vargas, 2021; Correa et al., 2017).

Selección y preparación del suelo para la siembra

La elección de un área adecuada para el desarrollo de un cultivo se debe realizar con base en las características físicas y nutricionales del suelo, pensando en obtener los mejores rendimientos posibles y en proteger el cultivo y la sanidad de las plantas. La labranza reduce la compactación del suelo, redistribuye sus componentes, incrementa su drenaje y aireación y aumenta la temperatura, acelerando el secado. Estos cambios ambientales y físicos en el suelo pueden tener efecto sobre la microbiota y dar ventaja a los microorganismos antagonistas frente a los patógenos (Abawi & Widmer, 2000; Esaiyas, 2018).

Una recomendación del ICA es implementar programas de fertilización con base en análisis de suelos (Alarcón Restrepo et al., 2012), a fin de asegurar un óptimo desarrollo vegetal y limitar el crecimiento de algunos microorganismos nocivos.

Los patógenos del suelo pueden sobrevivir por largos periodos e incluso aumentar la cantidad de inóculo si se realizan siembras consecutivas de plantas hospederas, lo que aumenta la severidad de la

enfermedad y dificulta su control. Por esta razón se recomienda conocer el historial del terreno y los ciclos de cultivo, y diseñar planes de rotación de cultivos (Jaramillo N., 2001). En cuanto a las plagas, la adecuada preparación del suelo es una buena práctica de control, ya que expone los huevos, larvas y pupas de los insectos a condiciones abióticas y bióticas, lo que disminuye la población de plagas que vienen del cultivo anterior y que pueden afectar el siguiente ciclo (Jaramillo N., 2001).

Cobertura vegetal

Los cultivos de cobertura se integran a los sistemas productivos con el fin de mantener o mejorar su estabilidad, y esto produce cambios en las propiedades del suelo que favorecen la biodiversidad del ecosistema agrícola (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s. f.).

Sin embargo, no se puede asumir que las alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas siempre serán benéficas, ya que pueden reducir o aumentar la severidad de las enfermedades en plantas según las especies y/o los cultivares usados (Stone & Darby, 2020). Una cobertura vegetal puede actuar como hospedera de patógenos del suelo o puede ser una forma efectiva de control biológico de otros patógenos de

plantas. Incorporar residuos de coberturas vegetales puede aportar materia orgánica que estimula el crecimiento de un patógeno o, como en algunos cultivos de brásicas, disminuir las poblaciones del suelo (Baldwin & Creamer, 2006). Algunos beneficios de esta práctica son la retención de nutrientes, una menor erosión por corrientes de agua, el aumento de materia orgánica en el suelo, la retención de humedad, el reciclaje de nutrientes como fósforo y potasio de modo que queden disponibles para próximos cultivos, el aumento de microorganismos benéficos como las micorrizas, la reducción en la incidencia de ciertos patógenos, la supresión de malezas, y la disminución del gasto en fertilizantes por el potencial de fijación de nitrógeno de algunas especies como las leguminosas (Daryanto, et al., 2018).

Manejo de las distancias de siembra

La diseminación de organismos patógenos como hongos, bacterias y nemátodos en un cultivo se lleva a cabo mediante agentes de dispersión como agua, viento, insectos, animales o herramientas. Mantener distancias de siembra entre cultivos, hileras y plantas es una práctica cultural importante para evadir patógenos y minimizar la aparición de enfermedades (Agrios, 2005) (tabla 18).

Tabla 18. Cantidad de semillas por gramo y distancias de siembra de hortalizas

Cultivo	Semilla/gramo	Distancia entre hileras (m)	Distancia entre plantas (m)
Acelga	60-80	0,20-0,40	0,20-0,30
Ajo	-	0,20-0,25	6-8
Apio	250-300	0,30-0,40	0,30-0,40
Arveja	3-6	1,0-1,20	0,10-0,15
Brócoli	175-275	0,5-0,80	0,35-0,4
Calabacín	4-10	1,0-1,20	0,80-1,0
Cebolla de bulbo	250-350	0,3-0,40	0,10-0,15
Cebolla de rama	240-350	0,50-0,60	0,30-0,40
Cilantro	100-200	0,25-0,30	0,20-0,30
Col	280-420	0,50-0,60	0,40-0,50
Col china	60-80	3,0-4,0	0,30-0,40
Col de Bruselas	250-350	1,0-1,20	0,50-0,60
Coliflor	250-400	0,40-0,5	0,40-0,5
Endivia o escarola	600-900	0,60-0,70	0,20-0,30
Espárrago	-	0,80-1,0	0,30-0,40
Espinaca	90-125	0,20-0,30	0,10-0,20
Haba	-	0,70-1,0	0,30-0,40
Habichuela	4-6	1,0-1,20	0,20-0,30
Lechuga Batavia	800-900	0,30-0,40	0,30-0,40
Melón	25-50	1,0-1,50	0,40-0,50
Pepino	30-40	0,90-1,50	0,20-0,50
Perejil	500-800	0,20-0,30	0,15-0,20
Pimentón	150-170	0,80-1,20	0,40-0,50
Rábano	75-140	0,15-0,20	0,30-0,40
Remolacha	65-75	0,20-0,30	0,10-0,15
Repollo	200-250	0,40-0,50	0,40-0,5
Tomate indeterminado	300-340	1,0-1,50	0,25-0,40
Zanahoria	500-850	0,15-0,20	0,05-0,10
Zapallo	5-8	2,5-4,0	2,2-5

Fuente: Elaboración propia con base en Jaramillo N. (2001)

Siembra intercalada

La práctica de sembrar dos o más especies de cultivos intercalados se usa por el beneficio económico que implica. También es una acción efectiva para reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Algunos ejemplos son las asociaciones maní-cilantro, maíz-haba, maíz-quinua o maíz-soya, en las que se potencia la actividad de predadores como mariquitas o arañas y se reduce el desarrollo de arvenses (Emmanuel et al., 2016). También es común sembrar plantas de aromas fuertes, que actúan como repelentes de insectos, como perejil, menta, hierbabuena, ruda, ajeno, cilantro, ajo y cebolla (Jaramillo N., 2001).

Manejo de la nutrición

Prácticas culturales para el control de enfermedades (como rotaciones, enmiendas orgánicas, encalado, labranza, preparación del suelo, riego) ejercen un efecto en las enfermedades al aumentar o reducir la disponibilidad de nutrientes minerales (Huber & Jones, 2013). El estado nutricional de las plantas afecta su desarrollo y por lo tanto su capacidad de defenderse del ataque de patógenos. Se ha demostrado que los niveles de elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio tienen relación con la susceptibilidad o resistencia de las plantas a algunas enfermedades (Agrios, 2005). Cada cultivo tiene requerimientos nutricionales que deben ser suplidos mediante fertilización, enmiendas y bioinsumos. Para implementar programas de fertilización, primero es necesario conocer la especie y realizar un análisis del suelo donde se va a realizar la siembra.

Rotación de cultivos

Es el principal y más fácil método de control de plagas y enfermedades. Las plagas y patógenos específicos de ciertas plantas continúan incrementándose si se mantiene su hospedero. Por lo tanto, cuando se dejan las mismas especies de plantas cercanas en el mismo suelo y por años consecutivos, los problemas en el cultivo empeoran debido a la acumulación de agentes causales (Emmanuel et al., 2016). Al cambiar regularmente la ubicación del cultivo, los ciclos de plagas y patógenos se interrumpen y por esto se recomienda la sucesión de diferentes sembrados en el suelo a lo largo del tiempo. La rotación se debe realizar con especies de diferentes familias con distintos sistemas radiculares. Además de evitar problemas fitosanitarios, esto favorece la biodiversidad del suelo, y mejora su estructura, su contenido de materia orgánica, y la disponibilidad de nutrientes (Agrios, 2005; Céspedes León et al., 2021). Algunas opciones de un sistema de rotación son frijoles a maíz dulce, hortalizas de hoja a cucurbitáceas, cucurbitáceas a crucíferas y crucíferas a maíz dulce.

Eliminación de plantas enfermas y manejo de residuos de cosecha

Se lleva a cabo con el fin de erradicar plantas hospederas de plagas y patógenos que puedan ser una fuente de inóculo dentro del cultivo, para evitar la propagación de enfermedades (Agrios, 2005). Las plantas donde se observe un foco de infección se deben recoger y eliminar, incinerándolas o enterrándolas lejos del cultivo (Alarcón Restrepo et al., 2012). Los residuos

de cultivos o cosechas anteriores sirven como lugares de hibernación de patógenos y plagas y por esto deben retirarse del terreno y destruirse (Emmanuel et al., 2016). El sistema productivo de hortalizas genera grandes cantidades de residuos, que usualmente el agricultor reincorpora al suelo sin ningún tratamiento previo, como abono para el siguiente ciclo de siembra. Esta práctica puede aumentar las poblaciones de microorganismos nocivos e incrementar las enfermedades en el nuevo cultivo. Los residuos y otros tipos de materia orgánica como hojarasca, desperdicios domésticos, estiércol, pasto, entre otros, deben transformarse mediante un proceso de descomposición controlado (compostaje) para obtener abonos orgánicos, libres de patógenos y que además puedan reducir el gasto de fertilizantes (Jaramillo N., 2001).

Control de arvenses

Las arvenses o malezas sirven como plantas alternas hospederas de patógenos y plagas, y en el caso de los insectos, estas

pueden proveer los recursos necesarios para su desarrollo y el rápido aumento de su población, lo que provoca infestaciones en los cultivos cercanos de hortalizas. En estas últimas, las arvenses hospedan tres grupos de virus: tospovirus, potyvirus y crinivirus. Estos virus se transmiten mediante insectos vectores, como sucede con el virus del bronceado del tomate, cuyo principal vector son los trips de las flores (*Frankliniella occidentalis*). Algunas especies de arvenses como el cenizo (*Chenopodium album*) sirven de hospederos tanto a virus como a vectores (Emmanuel et al., 2016). También existen arvenses benéficas que pueden dar refugio y alimento a los enemigos naturales, por lo que es importante diferenciarlas y mantener las que protejan a los antagonistas de posibles patógenos y plagas. Estas últimas por lo general son plantas con flores o productoras de néctar, las cuales favorecen las poblaciones de parasitoides y predadores de artrópodos fitófagos (Jaramillo N., 2001).

Resistencia genética

El uso de variedades resistentes es una herramienta importante para la supresión de patógenos o poblaciones de plagas, sobre todo en áreas endémicas (Emmanuel et al., 2016). Es uno de los métodos más

efectivos; con su uso se eliminan las pérdidas ocasionadas por las enfermedades y se reduce el empleo de compuestos de síntesis química y la contaminación ambiental (Agrios, 2005).

Control biológico

En la actualidad, está generalizado el conocimiento sobre los riesgos toxicológicos de los plaguicidas, de la contaminación ambiental y del desarrollo de resistencia en los insectos plaga y los fitopatógenos. Esto ha propiciado que el consumidor exija al productor alimentos inocuos, libres de residuos

de plaguicidas químicos y con un proceso productivo responsable con el medio ambiente. El uso en agricultura de cerca de 73 ingredientes activos ha sido prohibido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y por el Parlamento Europeo, pero en Colombia solo 35 de estos

se encuentran en la lista de productos prohibidos por el ICA (Florverde Sustainable Flowers, 2022). Por esto, se ha planteado que las normas de salud, seguridad y medio ambiente deberían aplicarse con mayor rigor en Colombia, ya que el uso de plaguicidas de síntesis química en el país ha aumentado en cerca de 360 % en los últimos veinte años, y el volumen de plaguicidas utilizado representa cerca de la cuarta parte del usado en países como Brasil y Argentina, los cuales tienen un área cultivada diez veces mayor que la colombiana (Henaó Salazar & Gómez Álvarez, 2020).

El uso de agentes de control biológico representa una alternativa inocua, efectiva y duradera, basada en el aprovechamiento de enemigos naturales de los patógenos y de los insectos plaga. El control biológico de insectos plaga y fitopatógenos ha sido definido como “el uso de organismos vivos para suprimir una plaga, reducir su población o su impacto” (Eilenberg et al., 2001). En el control biológico de fitopatógenos, los agentes utilizados son, sobre todo, bacterias y hongos antagonistas.

En el marco regulatorio colombiano, los bioplaguicidas microbianos son considerados un tipo de bioinsumo perteneciente a la categoría de los biocontroladores, tal como sucede con los extractos vegetales y los productos bioquímicos (incluidos los metabolitos secundarios) (Yepes Aristizábal, 2021). En esta sección se refieren exclusivamente los bioplaguicidas microbianos, específicamente aquellos utilizados para el control de fitopatógenos, debido a que esta fue una de las áreas centrales abordadas en el proyecto de agricultura campesina familiar y comunitaria (ACFC) de 2022 a 2023 (ID 1001615), ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA en zonas rurales del municipio de Pasto.

Para septiembre de 2022, se encontraban registrados ante el ICA aproximadamente 368 bioinsumos, de los cuales 66 son del tipo agente microbio para el control de fitopatógenos, que en su mayoría son la base de especies del hongo antagonista *Trichoderma* spp. (59 %) y de bacterias benéficas de *Bacillus* spp. (24 %). Otros antagonistas utilizados en los productos registrados en el país son especies de *Paecilomyces* y *Streptomyces* (figura 67). Sin embargo, no todos los bioinsumos basados en *Trichoderma* y *Bacillus* (excepto el grupo de bioinsecticidas basados en *Bacillus thuringiensis*) están registrados como agentes de control biológico, ya que algunos aparecen como inoculantes microbianos, con efecto promotor del crecimiento vegetal. Varias especies de bacterias no patógenas del género *Pseudomonas* representan una alternativa real a los fungicidas químicos (Höfte & Altier, 2010), aunque en la lista de bioinsumos registrados en el ICA no se encuentran agentes microbianos de este género. Sin embargo, en el registro se encuentran 19 bioinsumos con una o dos cepas de *P. fluorescens*, *P. putida*, *P. koreensis*, *P. vancouverensis*, *P. montinelli* y *P. aureofaciens*, en la categoría de inoculante biológico con actividad promotora de crecimiento vegetal o biofertilizante (ICA, 2022).

Es importante resaltar que la mayoría de bioinsumos microbianos para el control de fitopatógenos está registrada para el control de plagas (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Mycosphaerella fijiensis*, *Alternaria* spp. y *Colletotrichum* spp., principalmente) y nematodos (*Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp.), y tan solo cuatro aparecen para el control de bacterias fitopatógenas (*Pseudomonas syringae*, *P. fuscovaginae* y *Burkholderia glumae*).

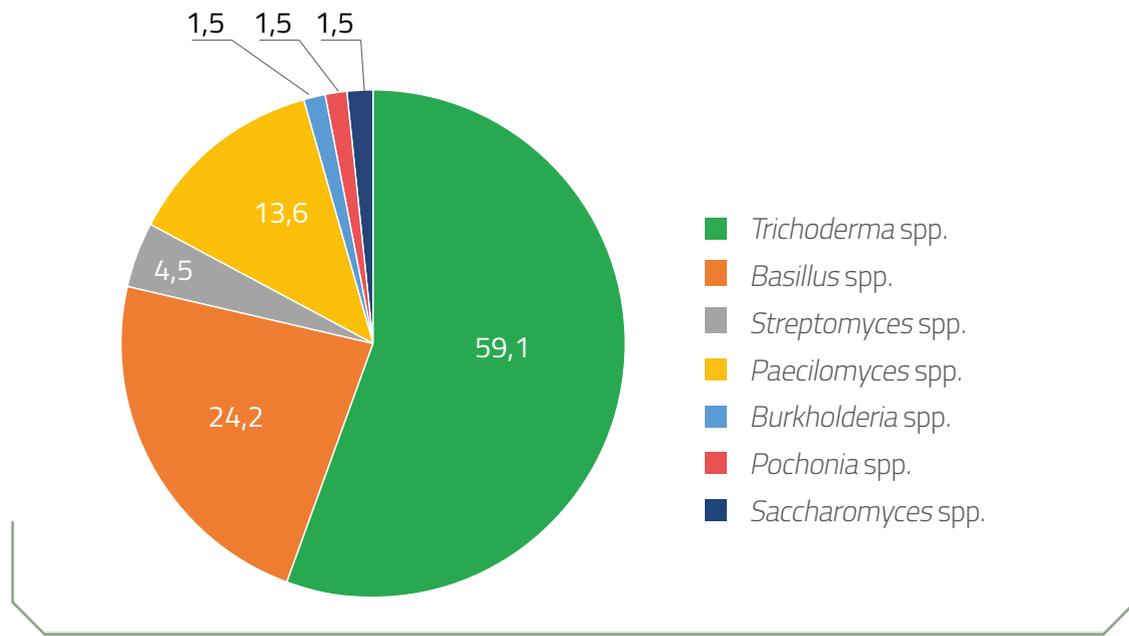


Figura 67. Situación actual de bioinsumos de tipo agente microbiano-biocontrolador registrados en Colombia (porcentaje [%] de bioproductos con los diferentes géneros de agentes de control de fitopatógenos).

Fuente: Carlos Andrés Moreno Velandia

El proceso de biocontrol es el resultado de interacciones complejas entre los microorganismos antagonistas, la planta hospedera, la microbiota nativa y los factores abióticos. En consecuencia, cada caso de biocontrol requiere procesos de investigación rigurosos, cuyos resultados soporten las recomendaciones de uso de los bioplaguicidas (Moreno-Velandia et al., 2018).

Control químico

En un programa adecuado de MIPE, el uso de plaguicidas debe ser limitado y debe incluir los métodos alternativos de control que se han explicado a lo largo de este capítulo. Sin embargo, hay momentos en que los seguimientos y los umbrales de acción indican que las medidas preventivas no son efectivas y en tales casos es inevitable aplicar productos químicos. Por esto, es

Esta sección no pretende profundizar en los modos de acción de los principales agentes de biocontrol. Una amplia información sobre el particular y sobre aspectos importantes del proceso de investigación y desarrollo de bioplaguicidas microbianos se encuentra en el libro sobre control biológico publicado por AGROSAVIA (Cotes Prado, 2018), cuya versión electrónica es de libre acceso.

importante saber cuáles son los pesticidas, su clasificación y el modo de acción para asegurar una aplicación efectiva, ecológicamente viable y ambientalmente amigable (Khan et al., 2019).

Los pesticidas usados más a menudo para el control de enfermedades son los fungicidas, los bactericidas y los nematocidas. Su empleo depende del pleno

conocimiento de la causa de la enfermedad y es por esto que resulta tan importante un adecuado diagnóstico, llevado a cabo con las herramientas que se presentaron al inicio de este capítulo, basado en sintomatología y evaluaciones en condiciones de laboratorio (Agrios, 2005). Se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios para la aplicación de pesticidas en campo:

1. *Fases críticas:* En algunos cultivos se presenta *resistencia ontogénica*, es decir, resistencia asociada con la edad de la planta. Por tal razón, la aplicación de pesticidas se debe realizar en estados fenológicos en los cuales el cultivo sea susceptible a la enfermedad.
2. *Patrón de distribución de la enfermedad:* Si la patología presenta un patrón de distribución agregado, la aspersión del pesticida debe concentrarse en el foco o parche; por el contrario, si la distribución de la enfermedad es aleatoria o uniforme, se recomienda hacer aplicaciones a todo el cultivo.
3. *Intensidad de la enfermedad:* Para algunas enfermedades se han definido umbrales de acción (momentos en los que debe desplegarse una estrategia de manejo, tema explicado arriba), y en tales casos, los pesticidas se deben aplicar cuando la incidencia o severidad de la enfermedad alcance el umbral de acción preestablecido.
4. *Condiciones ambientales favorables:* El concepto de *triángulo de la enfermedad* indica que uno de los componentes requeridos para que ocurra una enfermedad es el ambiente. En este sentido, el empleo de pesticidas debe hacerse cuando ocurran condiciones de temperatura, humedad y precipitación óptimas para las enfermedades.

Manejo de la resistencia, uso sostenible de pesticidas

La pérdida de sensibilidad a las moléculas de síntesis química por parte de los patógenos ocurre por la supervivencia y dispersión de mutantes raros durante la exposición a tratamientos con pesticidas. Existen diferentes mecanismos de resistencia, pero lo usual es que ocurra una modificación del sitio primario de unión del pesticida dentro del patógeno debido al uso sostenido, repetitivo e inadecuado del producto. Estos mutantes tienen la capacidad de reproducirse y heredar a su progenie la característica de resistencia al ingrediente activo, lo que aumenta en periodos cortos la frecuencia de individuos resistentes dentro de las poblaciones de patógenos.

Es clave el uso sostenible de pesticidas para prolongar su efectividad y utilidad. Por esta razón, es necesario implementar estrategias para el manejo de la resistencia (Leadbetter & Gisi, 2010). La principal medida para evitar que los patógenos desarrollen resistencia es la aplicación consecutiva de ingredientes activos con diferentes modos bioquímicos de acción o su aplicación combinada. En la actualidad, el control químico de patógenos de plantas se basa en pesticidas multisitio (protectantes) y de sitio-específico (curativos), lo cual ha permitido mitigar la emergencia de individuos con baja sensibilidad a las moléculas (Sbragia, 1975).

Por último, es importante resaltar las recomendaciones de entidades como el ICA sobre adquirir plántulas de buena calidad en viveros certificados. De este modo se garantiza, por un lado, un material de siembra libre de patógenos, y por otro, un crecimiento rápido y vigoroso, que implica un menor tiempo de exposición al ataque de agentes causales de enfermedades (Alarcón Restrepo et al., 2012).

Referencias

- Abawi, G. S., & Widmer, T. L. (2000). Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology*, *15*, 37-47. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00070-6)
- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th edition). Elsevier.
- Alarcón Restrepo, J. J., Arévalo Peñaranda, E., Díaz Jiménez, A. L., Galindo Álvarez, J. R., Rivero Cruz, M. R., Jimenez Neira, Y., & Guerrero Rojas, M. R. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Baldwin, K. R., & Creamer, N. G. (2006). *Cover crops for organic farms*. Center of Environmental Farmer Systems (CEFS).
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P. M., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J. E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J. R., Messéan, A., Moonen, A. C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J. L., & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(4), 1199-1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
- Bock, C. H., Chiang, K. S., & Del Ponte, E. M. (2022). Plant disease severity estimated visually: A century of research, best practices, and opportunities for improving methods and practices to maximize accuracy. *Tropical Plant Pathology*, *47*, 25-42. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40858-021-00439-z>
- Brown, J., & Keane, P. (1997). Assessment of disease and effects on yield. In J. F. Brown & H. J. Ogle (Eds.), *Plant pathogens and plant diseases* (pp. 315-329). Australasian Plant Pathology Society. https://www.appsnet.org/Publications/Brown_Ogle/
- Calonnec, A., Jolivet, J., Vivin, P., & Schnee, S. (2018). Pathogenicity traits correlate with the susceptible *Vitis vinifera* leaf physiology transition in the biotroph fungus *Erysiphe necator*: An adaptation to plant ontogenic resistance. *Frontiers in plant science*, *9*, 1-17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01808>
- Castillo, C., Carrillo, S., Bustamante, J., & Assunta, B. (2018). Detection and molecular characterization of a 16Srl-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathology*, *47*(3), 311-315. <http://dx.doi.org/10.1007/s13313-018-0557-9>
- Céspedes León, C., & Vargas, S. (Eds.). (2021). *Agroecología: fundamentos y técnicas de producción y experiencia en la región de los Ríos* (45.ª Ed.) [Documento n.º 45]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68311>
- Correa A., A., Quiroz E., C. Sepúlveda R., P., Salas F., C., S. Moyano A., S. Elgueta P., S., & Astudillo O., C. (2017). Fortalecimiento de la inocuidad en hortalizas de hoja: estrategias de manejo fitosanitario en lechuga, acelga y espinaca [Boletín INIA 348]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6595>
- Cotes Prado, A. M. (Ed.). (2018). *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros: aplicaciones y perspectivas: Vol. 1. Agentes de control biológico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigation.7402537>
- Daryanto, S., Fu, B., Wang, L., Jacinthe, P. A., & Zhao, W. (2018). Quantitative synthesis on the ecosystem services of cover crops. *Earth-Science Reviews*, *185*, 357-373. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.06.013>
- Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster, G. D. (2012). The top 10 fungal

pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>

Delp, B. R., Stowell, L. J., & Marois, J. J. (1986). Evaluation of field sampling techniques for estimation of disease incidence. *Phytopathology*, 76(12), 1299-1305. <https://doi.org/10.1094/Phyto-76-1299>

DeParasis, J., & Roth, D. A. (1990). Nucleic acid probes for identification of Phytobacteria: Identification of genus-specific 16s rRNA sequences. *Phytopathology*, 80, 618-621. <https://doi.org/10.1094/Phyto-80-618>

Emmanuel, N., Sujatha, A., Kiran Pratro, T. S. K., Reddy, M. L. N., Srivicasalu, B., & Patro, T. S. (2016). Components of IPM. In *Textbook on integrated pest management of horticultural crops*. Daya Publishing House.

Esaiyas, T. (2018). Diseases and its control measures. In *Horticultural plant diseases and their control* (pp. 92-120). Agri Horti Press.

Ficke, A., Gadoury, D. M., & Seem, R. C. (2002). Ontogenic resistance and plant disease management: A case study of grape powdery mildew. *Phytopathology*, 92(6), 671-675. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2002.92.6.671>

Filgueira, J. J., Franco-Lara, L., Salcedo, J. E., Gaitán, S. L., & Boa, E. R. (2004). Urapan (*Fraxinus udhei*) dieback, a new disease associated with a phytoplasma in Colombia. *Plant Pathology*, 53(4), 520. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2004.01030.x>

Florverde Sustainable Flowers. (2022). *Listado de plaguicidas prohibidos para uso en agricultura*.

Franco-Lara, L., & Filgueira, J. J. (2005). Síntomas de decaimiento del urapán (*Fraxinus* sp.) en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, 29, 32-38.

Gholson, L. E. (1987). Adaptation of current threshold techniques for different farm operations. *Plant Disease*, 71, 462-465. <https://doi.org/10.1094/PD-71-0462>

Goodwin, S. B., Dunkle, L. D., & Zismann, V. L. (2001). Phylogenetic analysis of *Cercospora* and *Mycosphaerella* based on the internal transcribed spacer region of ribosomal DNA. *Phytopathology*, 91(7), 648-658. <https://doi.org/10.1094/phyto.2001.91.7.648>

Griffith, G., & Shaw, D. (1998). Polymorphisms in *Phytophthora infestans*: Four mitochondrial haplotypes are detected after PCR amplification of ADN from pure cultures or from host lesions. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(10), 4007-4014. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.10.4007-4014.1998>

Heno Salazar, A., & Gómez Álvarez, L. E. (2020). Plaguicidas prohibidos y en vigilancia en el mundo y su estado en Colombia. *Revista Semillas*, (75), 37-42. <https://semillas.org.co/es/revista/plaguicidas-prohibidos-y-en-vigilancia-en-el-mundo-y-su-estado-en-colombia>

Höfte, M., & Altier, N. (2010). Fluorescent pseudomonads as biocontrol agents for sustainable agricultural systems. *Research in Microbiology*, 161, 464-471. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2010.04.007>

Huber, D. M., & Jones, J. B. (2013). The role of magnesium in plant disease. *Plant and Soil*, 368(1-2), 73-85. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1476-0>

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2021). *Ante la presencia de fitoplasmas de la punta morada de la papa, el ica alerta a productores de Nariño*. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-alerta-productores-papa-narino>

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2022). *Bioinsumos registrados a 30 de septiembre de 2022*.

Jaramillo N., J. E. (2001). *Hortalizas: plagas y enfermedades*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen).

- Jurišič, M., Plaščak, I., Željko, B., Radočaj, D., & Zimmer, D. (2021). Sensors and their application in precision agriculture. *Tehnički Glasnik*, 15(4), 529-533. <https://doi.org/10.31803/tg-20201015132216>
- Khan, S. M., Ali, S., Nawaz, A., Hussain Bukhari, S. A., Ejaz, S., & Ahmad, S. (2019). Integrated pest and disease management for better agronomic crop production. In *Agronomic Crops: Vol. 2. Management practices* (pp. 385-428). http://dx.doi.org/10.1007/978-981-32-9783-8_19
- Koike, S. T., Gladders P., & Paulus, A. O. (2007). *Vegetable diseases: A color handbook*. Manson Publishing.
- Leadbeater, A., & Gisi, U. (2010). The challenges of chemical control of plant diseases. In U. Gisi, I. Chet & M. L. Gullino (Eds.), *Plant pathology in the 21st century 1: Vol. 1. Recent developments in management of plant diseases* (pp. 3-17). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8804-9_1
- Lin, C. S., Poushinsky, G., & Mauer, M. (1979). An examination of five sampling methods under random and clustered disease distributions using simulation. *Canadian Journal of Plant Science*, 59, 121-130. <https://doi.org/10.4141/cjps79-017>
- Madden, L. V., & Hughes, G. (1999). Sampling for plant disease incidence. *Phytopathology*, 89, 1088-1103. <https://doi.org/10.1094/PHTO.1999.89.11.1088>
- Mahlein, A. K., Kuska, M. T., Behmann, J., Polder, G., & Walter, A. (2018). Hyperspectral sensors and imaging technologies in phytopathology: State of the art. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 535-558. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-050100>
- Marcone, C. (2010). Movement of phytoplasmas and the development and movement of disease in the plant. In P. G. Weintraub & P. Jones (Eds.), *Phytoplasmas: Genomes, plant hosts and vectors* (pp. 114-131). CAB International. <https://doi.org/10.1079/9781845935306.0114>
- Mejía, J., Contaldo, N., Paltrinieri, S., Pardo, J., Ríos, C., Álvarez, E., & Bertaccini, A. (2011). Molecular detection and identification of group 16srv and 16srxi phytoplasmas associated with potatoes in Colombia. *Bulletin of Insectology*, 64(Supplement), S97-S98. https://www.researchgate.net/publication/268407281_Molecular_detection_and_identification_of_group_16SrV_and_16SrXII_phytoplasmas_associated_with_potatoes_in_Colombia
- Moreno-Velandia, C. A., Cotes, A. M., Beltrán-Acosta, C., Bettiol, W., & Elad, Y. (2018). Control biológico de fitopatógenos del suelo. En A. M. Cotes Prado (Ed.), *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros: Vol I. Agentes de control biológico* (pp. 628-691). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigation.7402537>
- Murmu, R., John, V., & Kumar, A. (2020). Plant disease forecasting system. In H. Kumar Singh (Ed.), *Current research and innovations in plant pathology* (Vol. 10, pp. 71-84). AkiNik Publications. <http://dx.doi.org/10.22271/ed.book.794>
- Nutter, F. W., Teng, P. S., & Shokes, F. M. (1991) Disease assessment terms and concepts. *Plant Disease*, 75, 1187-1188.
- Oerke, E. C. (2020). Remote sensing of diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 58, 225-252. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-010820-012832>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (s. f.). *Cobertura vegetal del suelo*. <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>
- Sbragia, R. J. (1975). Chemical control of plant diseases: An exciting future. *Annual Reviews Phytopathology*, 13, 257-269. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.13.090175.001353>
- Silhavy, T. J., Kahne, D., & Walker, S. (2010) The bacterial cell envelope. *Cold Spring Harbor Perspectives Biology*, 2(5), Article a000414. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a000414>

- Stone, A., & Darby, H. (2020). Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: Organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. L. Magdoff & R. R. Weil (Eds.), *Soil organic matter in sustainable agriculture*. <https://doi.org/10.1201/9780203496374-9>
- Van Lenteren, J. C. (1993). Integrated pest management: The inescapable future. In J. C. Zadoks (Ed.), *Modern crop protection: Developments and perspectives* (pp. 217-225). Wageningen Pers.
- Van Lenteren, J. C., Nicot, P. C., Van Lenteren, J. C., & Nicot, P. C. (2020). Integrated pest management methods and considerations concerning implementation in greenhouses. In J. C. Van Lenteren & P. C. Nicot (Eds.), *Plant pathology in the 21st century: Vol. 9. Integrated pest and disease management in greenhouse crops* (pp. 177-193). https://doi.org/10.1007/978-3-030-22304-5_6
- Wilson, K. (2001). Preparation of genomic DNA from bacteria. *Current Protocols in Molecular Biology*, 56(1), 241-245. <https://doi.org/10.1002/0471142727.mb0204s56>
- Yepes Aristizábal, Y. T. (2021). *Bioinsumos y control biológico para la agricultura sostenible en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/24554/5/YepesYudi_2021_BioinsumosControlBiologico.pdf

Capítulo 9. Retos fitosanitarios en la producción de hortalizas y otros productos agropecuarios de la agricultura campesina familiar y comunitaria (ACFC) en Nariño

Andrea Paola Zuluaga Cruz, Alejandro Villabona Gelvez, Eliana Gisela Revelo Gómez, Carlos A. Marcillo Paguay, Lizeth Lorena Dávila Mora, Edwin Alirio Rodríguez Velásquez, Francly Liliana García-Arias, Donald Heberth Riascos Ortiz, Carlos Andrés Moreno-Velandia

Introducción

A pesar de los avances en la producción de hortalizas, los agricultores se enfrentan hoy a grandes retos. Por un lado, los consumidores son cada día más exigentes, y demandan productos de alta calidad, libres de residuos de plaguicidas y que tengan una larga vida útil. Por otra parte, cada vez son menos los fungicidas para controlar los patógenos, los insecticidas para manejar las plagas y vectores de enfermedades, y los herbicidas para erradicar malezas que sean reservorios de patógenos y plagas. Esta reducción, si bien importante para la salud humana y el medio ambiente, hace que los programas de manejo deban buscar nuevas estrategias para un control integrado que no dependa exclusivamente de los plaguicidas, y que los extensionistas y agricultores deban conocer muy bien las enfermedades más comunes de sus cultivos y los métodos de control (Koike et al., 2007).

En el capítulo anterior se describieron las principales estrategias para llevar

a cabo este manejo integrado de plagas y enfermedades. En este capítulo, se exponen los problemas fitosanitarios más prevalentes en los sistemas productivos de la ACFC en Nariño, con base en los resultados de los análisis de las muestras tomadas para diagnóstico fitosanitario durante la ejecución del proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del COVID-19, en la subregión centro del departamento de Nariño”. Se espera que los extensionistas y agricultores se familiaricen con cada uno de estos patógenos y cuenten con elementos adicionales cuando requieran diseñar programas de manejo de estos problemas fitosanitarios basados en el conocimiento, con el ánimo de implementar prácticas sostenibles y de reducir el uso de plaguicidas de síntesis química.

El estudio se llevó a cabo en 30 fincas de cinco municipios de Nariño (Pasto, Tangua, La Florida, Consacá y Guachucal), con el apoyo de productores asociados de nueve organizaciones: Asociación La Tulpa Familias nariñenses en la agricultura orgánica, colectivos de agricultura urbana de Pasto, Cooperativa Multiactiva de Agricultores de Hortalizas del Sur (COOPHSUR), Asociación Agroambiental Corazón de María, Cooperativa multiactiva de frutas y hortalizas orgánicas de Nariño (COHORFRUNAR), Asociación Productora de Verduras Gualmatán, Asociación FresCuy, Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, y Asociación Municipal de Usuarios Campesinos del Municipio de Guachucal (ANUC). Las fincas se encuentran entre los 2.200 y 3.180 m s. n. m., en los municipios de Pasto, Tangua, La Florida y Guachucal, y entre los 1.200 y 4.260 m s. n. m., en el municipio de Consacá (figura 68). Esta diversidad de pisos térmicos permite el cultivo de hortalizas de clima frío y a su vez algunos de clima cálido como chirimoya, aguacate y café. La precipitación promedio en el departamento de Nariño es de 1.000 a 1.500 mm/año. Sin embargo, conviene precisar que el departamento tiene una precipitación bimodal,

con picos de alta pluviosidad en mayo y octubre y precipitaciones mínimas en febrero y agosto (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], s. f.; Guevara et al., 2016). En el presente estudio, se pudo determinar que los sistemas de ACFC tienen áreas de producción que van desde los 1.000 m² hasta una hectárea, y el área promedio de siembra por agricultor es de 2.000 m².

En Nariño, el sector hortofrutícola aporta 17,3 % del producto interno bruto (PIB) nacional (653.542 millones de pesos) y equivale a 85,3 % del sector agrícola del departamento (Gobernación de Nariño, 2020). Tiene como principales cultivos de hortalizas las crucíferas: brócoli, repollo, coliflor y col. Por este motivo, se estableció en el departamento una cadena de valor para el brócoli, que contempla la meta de producir, procesar y comercializar 8.000 t/año. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), en Nariño se siembra el 16 % del brócoli del país (FAO & ADR, 2019). Aunque en menor proporción, también se cultiva lechuga, zanahoria, papa, haba, tomate, aguacate, uchuva y café, entre otros productos (figura 69).

Principales problemas fitosanitarios encontrados en los sistemas de ACFC de Nariño

A continuación, se exponen los principales problemas fitosanitarios encontrados en los sistemas de ACFC visitados en los cinco municipios de influencia del proyecto en

Nariño. Se describe el agente causal de la enfermedad, las condiciones ambientales favorables para el desarrollo del patógeno y las posibles prácticas de manejo.



Figura 68. Municipios de Nariño donde se llevó a cabo el estudio. a. Guachucal ; b. Pasto (corregimiento de Gualmatán); c. Tangua; d. Pasto (corregimiento El Encano); e. Consacá; f. La Florida.
Fotos: Eliana Gisela Revelo



Figura 69. Diversidad de cultivos encontrados en el departamento de Nariño. a. Coliflor; b. Acelga de colores; c. Plantas aromáticas; d. Cebolla en rama; e. Fresas; f. Café.

Fotos: Carlos Andrés Moreno y Eliana Gisela Revelo

Enfermedades causadas por bacterias

Las bacterias más comunes encontradas en los sistemas nariñenses de ACFC que causan enfermedades en cultivos hortícolas pertenecen al género *Pseudomonas*.

También se aisló el patógeno *Curtobacterium flaccumfaciens*, el cual afecta a la acelga (figura 70).

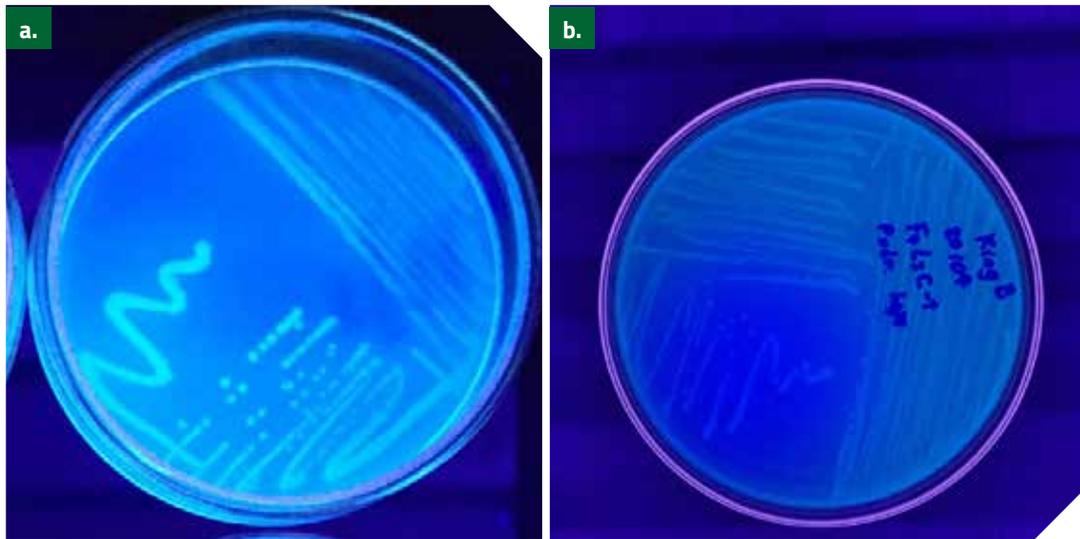


Figura 70. Bacterias aisladas de tejidos vegetales, crecidas en diferentes medios para su identificación. a. Bacteria crecida en medio King B, el cual hace que las bacterias del género *Pseudomonas* produzcan pioverdina y sean luminiscentes bajo luz ultravioleta (UV); b. Bacteria crecida en medio King B que no pertenece al género *Pseudomonas*, sino a *Curtobacterium*, y por lo tanto no presenta fluorescencia bajo luz UV.

Fotos: Alejandro Villabona Gelvez

Condiciones favorables

La infección de las plantas por bacterias por lo general se considera pasiva, ya que estos microorganismos entran por aberturas naturales como los estomas, los hidátodos o las lenticelas. También penetran por heridas causadas por insectos o daños mecánicos. Por lo general, las bacterias solo se vuelven activas y causan problemas en los cultivos cuando los factores ambientales son favorables para que se multipliquen. Algunos de estos factores son la alta humedad, la mala circulación del aire, el estrés de las plantas causado por

problemas hídricos (por riego excesivo o carencia de este), la mala salud del suelo y una deficiencia o exceso de nutrientes. Las bacterias se diseminan en semillas infectadas, material de propagación, residuos de cosechas, por salpicadura de agua (lluvia o riego) y en herramientas contaminadas (Vidaver & Lambrecht, 2004).

Prácticas de manejo

Las siguientes son algunas medidas de manejo para los problemas causados por bacterias:

- Excluir el patógeno mediante la compra de semillas y material de siembra certificados.
- Reducir la población del patógeno por medio de rotaciones del cultivo.
- Remover plantas arvenses que puedan ser hospederas de la bacteria y enterrar adecuadamente los residuos de las cosechas que puedan tener la enfermedad.
- Usar variedades resistentes cuando estén disponibles.
- Minimizar el daño mecánico y el daño por insectos, para reducir posibles sitios de entrada (puntos de infección) de la bacteria a la planta.
- Evitar labores en los cultivos cuando hay exceso de humedad (lluvia o riego).

Enfermedades causadas por virus

La prevalencia de virus en las unidades visitadas de ACFC de Nariño fue muy baja, con el virus del amarillamiento de las venas de la papa o PVV y el virus X de la papa o pvx

como los más comunes, aunque no representan una amenaza para el cultivo debido a su baja incidencia (figura 71).



Figura 71. Virus del amarillamiento de las venas de la papa o PVV encontrado en los sistemas de ACFC en Nariño.

Fotos: Eliana Revelo

Prácticas de manejo

En la actualidad no es posible tratar o curar plantas infectadas por virus, tal como se tratan o curan las infectadas con bacterias u hongos (Rubio et al., 2020). Por lo tanto, el manejo de la enfermedad se basa en estrategias para minimizar los riesgos de infección. Una de ellas es la exclusión, que consiste en utilizar semilla certificada para evitar que el virus entre al cultivo, y controlar insectos vectores mediante insecticidas (cuando están disponibles) o trampas

con atrayentes como feromonas o trampas con pegante para monitorear y reducir la población (Tatineni & Hein, 2023). El uso de material vegetal resistente a virus es el mejor método de control (Tatineni & Hein, 2023). Sin embargo, una vez los virus están en el cultivo, se debe mitigar la propagación dentro del cultivo y a cultivos aledaños, removiendo las plantas enfermas y desinfectando las herramientas de trabajo (Agris, 2005).

Enfermedades causadas por hongos

En el muestreo de los sistemas de ACFC se encontró una gran diversidad de hongos causantes de enfermedades en los sistemas hortícolas visitados. Entre los géneros más representativos están *Alternaria*, *Boeremia*, *Colletotrichum*, *Epicothium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Stemphylium*, *Nigrospora*, *Plectosphaerella*, *Puccinia*, *Stagonosporopsis* y *Uromyces* (figura 72). Aquí se presenta información importante para el reconocimiento y el manejo de las enfermedades mancha negra de las crucíferas y antracnosis, por encontrarse con mayor frecuencia y por el impacto económico que representan en las unidades de ACFC.

Mancha negra de las crucíferas

Enfermedad causada por dos especies del género *Alternaria*, concretamente *A. brassicae* y *A. brassicicola*. Estos patógenos afectan hojas, pecíolos, tallos y cabezas florales de una amplia variedad de cultivos de crucíferas (mostaza, canola, col de Bruselas, brócoli, repollo y coliflor), y dañan las partes comerciales de la planta.

Síntomas

Inicialmente se presentan manchas oscuras pequeñas (1 a 2 mm de diámetro), y conforme avanza la enfermedad, aumentan de tamaño y se observan lesiones en forma de anillos concéntricos de color marrón oscuro, gris o negro, en ocasiones rodeadas de un halo amarillo (figura 73). Las lesiones de las hojas pueden provocar defoliación prematura y concluir con la pérdida de la planta. Es difícil diferenciar entre *A. brassicae* y *A. brassicicola* por los síntomas foliares, pero es posible distinguirlos a nivel microscópico por el tamaño y la forma de sus conidios.

La enfermedad también puede afectar las cabezas florales y causar su oscurecimiento (figura 73), lo que impide su comercialización. Esta enfermedad no suele afectar el tamaño y el peso de las cabezas florales, pero sí su apariencia y calidad de manera significativa.

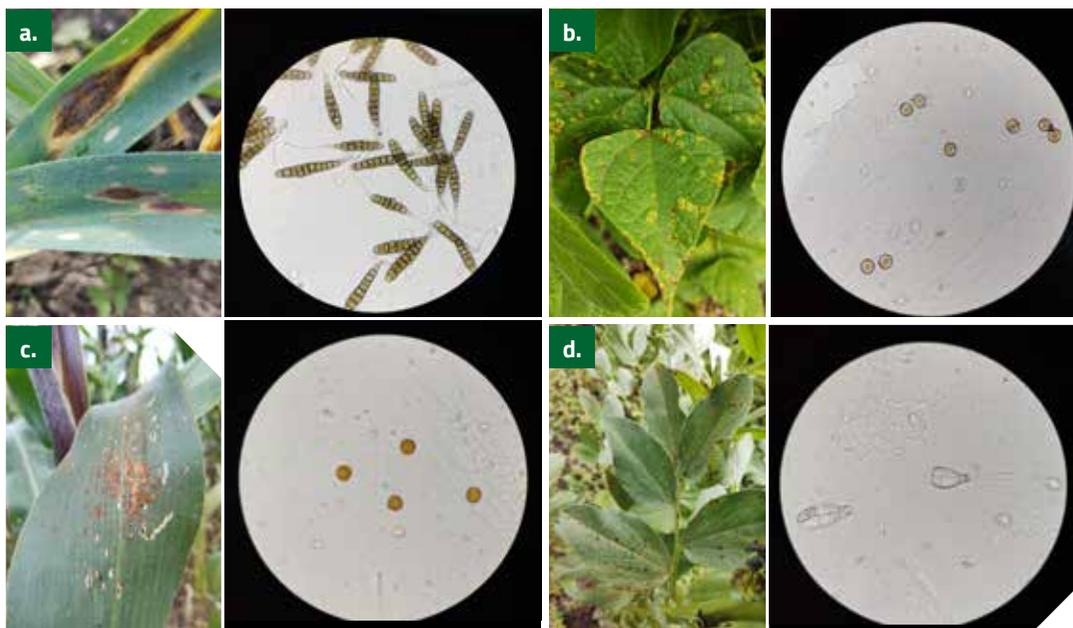


Figura 72. Ejemplos de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos encontradas en los sistemas de ACFC con sus respectivos síntomas y signos. En la foto ampliada se pueden apreciar los conidios característicos de cada fitopatógeno. a. Conidios de *Alternaria* sp. aislados de cebolla puerro; b. Uredosporas de roya (*Uromyces phaseoli*) en fríjol; c. Uredosporas y teliosporas de roya (*Uromyces viciae-fabae*) en haba; d. Uredosporas de *Puccinia* sp. en maíz.

Fotos: Eliana Gisela Revelo

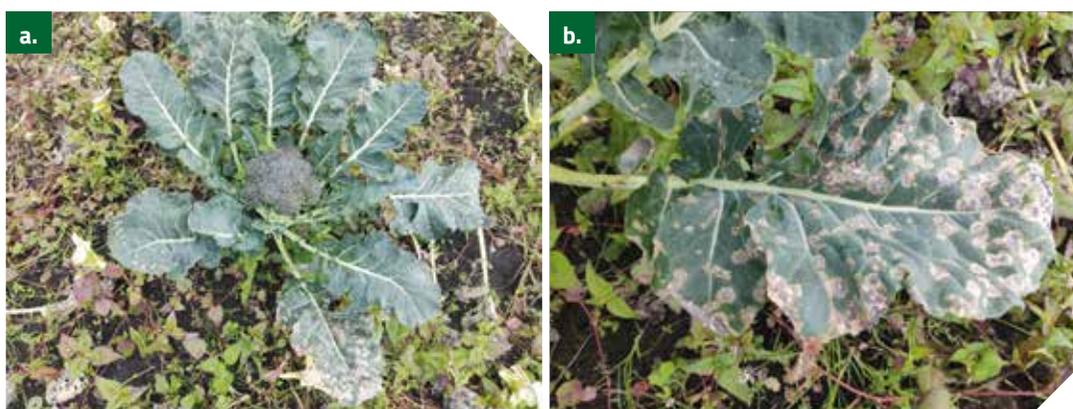


Figura 73. Sintomatología típica de la enfermedad mancha negra de las crucíferas, también conocida como ojo de pollo, causada por *Alternaria* sp. a. Estado avanzado de la enfermedad, con abundantes lesiones en la lámina foliar; b. Fuerte afección en la inflorescencia de la planta.

Fotos: Eliana Gisela Revelo

Agentes causales

Alternaria brassicae: La longitud de los conidios oscila entre 150 y 122 μm , con un ancho de 23 a 30 μm . Los conidios en forma de botella presentan un máximo de 9 septos transversales y entre 0 y 2 septos longitudinales con una alta variabilidad en longitud y ancho. Las colonias del hongo crecido en medio de cultivo sintético en laboratorio pueden ser de color blanco, marrón oscuro a marrón claro y blanco-rosado (Saha et al., 2015).

Alternaria brassicicola: Es un hongo cosmopolita perteneciente al filo Ascomycota. Presenta conidióforos primarios cortos que originan cadenas ramificadas de 5 a 15 conidios, y conidióforos secundarios cortos o ausentes. Los conidios ovoides o elipsoides presentan de 2 a 7 septos transversales y entre 0 y 2 septos longitudinales con una extensión de 7 a 60 μm y un ancho entre 7 y 29 μm . Las colonias son de color verde oscuro en la zona central, verde oliva en la parte media (fuertemente esporulada), y con un halo blanco en el borde, donde solo aparecen hifas de 45 μm de diámetro (Rodríguez-Roa et al., 2013).

Condiciones ambientales favorables para el patógeno

Los conidios de *Alternaria* spp. pueden sobrevivir en residuos de cosecha, cultivos contiguos y malezas no descompuestas, y se dispersan por el viento y el agua. Incluso se ha reportado su transmisión por escarabajos crisomélidos *Phyllotreta cruciferae*, conocidos como *pulguitas de las crucíferas* (Dillard et al., 1998; Humpherson Jones & Maude, 1982).

La esporulación requiere un alto nivel de humedad en la superficie foliar, de 12 horas como mínimo, y la infección de 10

horas para que la enfermedad se desarrolle de forma considerable. Ambos patógenos muestran una escasa actividad por debajo de los 5 °C, pero la producción de esporas es óptima entre los 18 y 24 °C en *A. brassicae* y ligeramente más elevada en *A. brassicicola* (entre 20 y 30 °C). Por encima de 24 °C, se inhibe la esporulación de *A. brassicae*. La enfermedad tiene un ciclo de 5 a 7 días de duración y puede desarrollarse rápidamente con tiempo cálido y húmedo (Humpherson Jones & Maude, 1982).

Prácticas de manejo

En vista de lo anterior, es necesario implementar un adecuado manejo integral que incluya control cultural, químico y biológico, como se describe a continuación:

- Uso de variedades resistentes a *Alternaria*.
- Rotación con cultivos distintos a crucíferas al menos cada 2 a 4 años.
- Control adecuado de malezas, en especial de las que pertenecen a la familia Brassicaceae, para reducir la cantidad de inóculo.
- Utilizar semilla certificada libre de patógenos.
- Enterrar o eliminar los residuos de cosecha.
- Evitar el riego en exceso y la aspersión, ya que el agua puede dispersar y ayudar al crecimiento del hongo.
- Realizar aplicaciones de fungicidas foliares recomendados para combatir la enfermedad o como método preventivo junto con las anteriores prácticas.

Antracnosis

La antracnosis es una enfermedad típicamente foliar, que afecta el follaje, los tallos, las flores y los frutos de un amplio número de plantas cultivadas, lo que ocasiona

pérdidas importantes, del 50 al 100%, principalmente en frutales, hortalizas y ornamentales.

Síntomas

De forma general, los síntomas de antracnosis se pueden describir como manchas de color oscuro o “ennegrecimientos”, o como lesiones necróticas hundidas de bordes definidos. En estados avanzados de la enfermedad, las lesiones se vuelven pudriciones y chancros (Cannon et al., 2012). En algunos cultivos frutales, como el mango, las lesiones son elevadas y tienen superficies corchosas, y a menudo provocan la caída y pudrición de la fruta.

Agente causal

Los géneros *Diplocarpon*, *Elsinoe*, *Glomerella* y *Gnomonia* son responsables de la mayoría de antracnosis, aunque el más conocido y reportado es *Glomerella* (estado sexual o teleomorfo de *Colletotrichum*). Las especies de *Colletotrichum* se caracterizan porque producen conidios dentro de acérvulos, estructuras reproductivas asexuales que agrupan conidióforos. Generalmente, los conidios son las estructuras de dispersión y constituyen el inóculo principal que origina la infección en las plantas (Agrios, 2005).

Colletotrichum es un género de hongos pertenecientes al filo Ascomycota, que incluye un número importante de patógenos de plantas que causan enfermedad en una amplia variedad de cultivos del mundo (O’Connell et al., 2012). Las especies del género se relacionan de diferentes maneras con sus hospederos y pueden ser saprofiticas, patogénicas o endofíticas asintomáticas cuando producen infecciones quiescentes o latentes, las cuales se expresan sintomáticamente bajo ciertas

condiciones ambientales favorables (Guevara-Suárez et al., 2022). Como patógeno, la principal enfermedad que ocasiona es la antracnosis, que ocurre en cultivos de distribución global como cucurbitáceas, arveja, cebolla, pimientos, tomates, fresas, maíz, cereales, entre otros (Agrios, 2005). Complejos de especies de *Colletotrichum* causantes de enfermedad se han reportado en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Algunos cultivos económicamente afectados en esta región de Suramérica son mango, guanábana, palma de aceite, caucho, aguacate, algodón, cacao, café, frijol, fresa, pimiento, tomate de árbol y papa (Guevara-Suárez et al., 2022).

El complejo de especies de *Colletotrichum* establece un estilo de infección necrótrofo o hemibiótrofo, con este último como el más común en la mayoría de especies patógenas del género (De Silva et al., 2017). Las especies que usan la estrategia de infección hemibiótrofa penetran las células vegetales mediante un apresorio, que se origina tras la germinación de una espora. Usan enzimas de degradación y movimientos mecánicos para establecerse dentro de las células epidérmicas y luego entrar en una etapa necrotrófica, en la que el patógeno mata las células vegetales y destruye el tejido de la planta hospedera (O’Connell et al., 2012).

Uno de los cultivos afectados es el de la fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.), donde se han reportado las siguientes especies capaces de causar esta enfermedad: *C. fragariae* Brooks, *C. acutatum* J. H. Simmonds y *C. gloeosporioides* (Penz.). Estos hongos pueden infectar hojas, pecíolos, flores, pedúnculos y frutos, lo que ocasiona manchas oscuras. La especie *C. acutatum* es la asociada con más frecuencia a la antracnosis en fruto, con lesiones circulares

que se tornan oscuras, secas y hundidas (Urdaneta et al., 2013). En la figura 74 se presentan imágenes de síntomas típicos de antracnosis en frutos y hojas de cultivos de importancia agrícola en las unidades de ACFC de Nariño.

Condiciones ambientales favorables: ejemplos particulares

En Colombia, la antracnosis es uno de los factores más limitantes en la producción comercial de mora, y puede causar pérdidas en el rendimiento de entre 50 y 76 %. Las especies reportadas como agente causal de la

enfermedad en este cultivo son *C. gloeosporioides* y *C. acutatum* (Rueda-Hernández et al., 2013). Los síntomas que se observan son manchas oscuras en ramas y tallos, así como acérvulos y masas de conidios de color salmón. En condiciones de alta humedad, el patógeno ataca tallos y ocasiona lesiones de color oscuro que avanzan por el tejido y causan la muerte de la rama. Las condiciones reportadas como favorables para el desarrollo de la enfermedad son temperaturas entre 18,5 y 20,5 °C, y precipitación acumulada igual o superior a 25 mm por semana (López-Vásquez et al., 2013).



Figura 74. Síntomas de antracnosis en frutos de tomate de árbol. a y b. Pimentón; c. Fresa; d. En hojas y frutos de café; e. En hojas de mora.

Fotos: Eliana Gisela Revelo (a, b, c) y Carlos Andrés Moreno (d, e)

C. lindemuthianum (Sacc. & Magnus) Briosi & Cavara es el agente causal de la antracnosis del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). El hongo afecta pecíolos, tallos y vainas, y en estas últimas se observan lesiones circulares y hundidas que se convierten en chancros con centros de color marrón o salmón y masas de esporas (Martínez Pacheco et al., 2014). Las condiciones que favorecen la infección del hongo son humedad relativa alta, superior a 92 %; lluvias frecuentes, y temperaturas entre 13 y 26 °C (Pineda Giraldo et al., 2020).

C. circinans es el agente causal de la antracnosis de la cebolla *Allium* spp. Los síntomas en tejidos son manchas de color verde oscuro o negro que a veces se fusionan para formar anillos concéntricos, y acérvulos cuando hay condiciones de alta humedad. Las esporas viajan por agua o viento e infectan las hojas de la planta. Las condiciones favorables para su desarrollo

son alta humedad y temperatura de 20 °C (Pineda Giraldo et al., 2020).

Prácticas de manejo

Las medidas de control de antracnosis incluyen prácticas culturales como recolección y remoción de frutos y tejidos vegetales infectados, uso de cultivares resistentes si los hay disponibles, e incluso empleo de enmiendas orgánicas dentro del cultivo (Agrios, 2005; Guevara-Suárez et al., 2022). La aplicación de agroquímicos como benomil, captan, procloraz, entre otros, también es una práctica común, pero dados los efectos negativos que pueden generar en el ambiente y la salud animal, se ha ampliado la investigación sobre métodos alternativos como los agentes biocontroladores (Agrios, 2005; Guevara-Suárez et al., 2022) *Trichoderma*, *Trichosporon*, *Bacillus* y *Pseudomonas*.

Enfermedades causadas por protistas

230

Los protistas son microorganismos eucariotas, altamente diversos, con diferentes taxones en su respectivo árbol filogenético, y son muy pocos los que causan enfermedades en las plantas (Schwelm et al., 2018). De una forma sencilla se puede decir que los protistas son eucariotas que no son animales, plantas u hongos (Burki et al., 2020). Entre los fitopatógenos protistas más reconocidos se encuentran *Plasmodiophora brassicae* y *Spongopora subterranea*, causantes de la hernia de las crucíferas y de la sarna polvorienta de la papa, respectivamente. Además de los dos anteriores, en este grupo también se encuentran *Phytophthora infestans*, *Pythium* spp., responsables del tizón tardío en muchas especies de solanáceas y

del *damping-off* en varias especies cultivadas, respectivamente. Varias especies (por ejemplo, *Plasmopara viticola* y *Pero-*nospora sparsa**) causan mildes vellosos en distintas especies de plantas. Mientras que *P. brassicae* y *S. subterranea* pertenecen al mismo grupo filogenético (Rhizaria: Phytomyxea), *P. infestans*, *Pythium* spp. y las especies de mildes vellosos se ubican en un grupo diferente (Stramenopila: Oomycetes) (Burki et al., 2020).

Hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)

Se considera que la enfermedad conocida como hernia de las crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, es la principal limitante de este grupo de especies

cultivadas en todo el mundo (Saharan et al., 2021a). Dixon (2006) mencionó de forma conservadora que las pérdidas en los cultivos a causa de la hernia de las crucíferas se encontraban entre el 10 y el 15 %. Sin embargo, a una escala global, *P. brassicae* se ha registrado en más de 88 países, con pérdidas de rendimiento en los cultivos de 10 a 100 %. En general, se sabe que la proporción de plantas afectadas y los síntomas aumentan con la intensidad y frecuencia de la producción de los cultivos susceptibles. Además, la presencia de este patógeno en el suelo y la evidencia de pérdidas agrícolas debido a la enfermedad pueden disminuir el valor de los suelos aptos para la producción de crucíferas (Dixon, 2009).

Síntomas

Una vez ocurrida la infección del hospedero, *P. brassicae* induce cambios en el metabolismo primario y secundario de las células vegetales, lo que se traduce en una gran distorsión física de la raíz y en reducción del crecimiento de los órganos aéreos. Los plasmodios provocan un agrandamiento anormal de las células (hipertrofia) y una división celular descontrolada (hiperplasia), cuyo resultado es el desarrollo de agallas que obstruyen el transporte de nutrientes y agua dentro de la planta (Saharan et al., 2021b). El estrés hídrico provocado por la infección es evidente, con plantas poco turgentes que pueden exhibir clorosis foliar (figura 75).

Agente causal

El microorganismo del suelo *P. brassicae* es el agente causal de la enfermedad denominada *hernia de las crucíferas* y que fue descrita por Woronin (1878/1934). Desde entonces, se han realizado avances importantes para conocer la relación parasítica,

pero varios aspectos aún permanecen desconocidos sobre la biología y el control de este fitopatógeno. *P. brassicae* es un habitante biótrofo del suelo, parásito obligado, que necesita el tejido del hospedero para su crecimiento y multiplicación.

Los análisis filogenéticos de los genes codificantes de la subunidad pequeña del ribosoma (*SSU rRNA*), de actina y de ubiquitina, sugieren que *P. brassicae* pertenece al grupo Rhizaria, uno de los miembros del supergrupo de Telonemia, Stramenopiles, Alveolata y Rhizaria (denominado TSAR), dentro del reino Protista (Cavalier-Smith et al., 2018). En resumen, la taxonomía de *P. brassicae* es la siguiente:

- Reino: Protista
- Grupo Rhizaria
- Filo: Cercozoa
- Clase: Phytomyxea
- Orden: Plasmodiophorida
- Familia: Plasmodiophoraceae

Diseminación de *P. brassicae*

Existen varias fuentes que contribuyen a la dispersión en distancias cortas y largas, incluso a nivel continental. El trabajo de Rennie et al. (2011) demostró la posibilidad de diseminación de *P. brassicae* en las semillas de especies de brasicáceas. Por otra parte, se considera que el movimiento del suelo infestado con el patógeno es la principal fuente de dispersión, lo cual ocurre por el movimiento de maquinaria de labranza, herramientas utilizadas en labores culturales, agua de escorrentía, animale que estén presentes en el cultivo e incluso el viento, el cual transporta partículas de polvo con esporas en reposo (figura 76). Así mismo, insectos, nematodos y otros organismos del suelo pueden transportar el inóculo de un suelo infestado a otro. El agua de riego se convierte en fuente de



Figura 75. Síntomas de la hernia de las crucíferas en cultivos de pequeños productores del corregimiento de Gualmatán, Pasto, Nariño. a. Incidencia de la enfermedad en un cultivo de brócoli con amplia dispersión de *P. brassicae* en el suelo; b. Marchitamiento evidente de las plantas infectadas; c. Plantas de repollo infectadas con síntomas de clorosis y senescencia desde las hojas bajas hasta las jóvenes; d. Tumor de gran tamaño formado en las raíces de la planta de repollo que sugiere infección temprana y alta presión del inóculo en el suelo; e. Planta arvense (*Raphanus raphanistrum*) infectada por *P. brassicae* en un cultivo de repollo; f. Varios tumores o agallas formados en la raíz de la planta arvense.

Fotos: Carlos Andrés Moreno

diseminación cuando los reservorios del líquido se contaminan con el patógeno proveniente de suelos infestados. Además, el inóculo de *P. brassicae* se puede diseminar con el forraje animal o con estiércol de ganado alimentado con forraje contaminado (Sarahan et al., 2021b).

Prácticas de manejo

La dinámica de dispersión de esta problemática fitosanitaria en Nariño, con alta probabilidad, representa lo que ocurrió en las demás zonas productoras de crucíferas del país y es un ejemplo del postulado de Dixon (2009) mencionado arriba. Es

necesario unir los esfuerzos de los institutos de investigación, la academia, los gremios, las entidades territoriales y los agricultores para desarrollar acciones e implementar medidas de control integrado del patógeno, a fin de recuperar los suelos infestados y rescatar la sostenibilidad de la producción de estas hortalizas en el país.

Al respecto, Tamayo M. y Jaramillo N. (2004) mencionan una serie de alternativas para disminuir la incidencia de este patógeno: solarización; evitar el uso de abonos orgánicos que provengan de material vegetal infectado; rotación con especies solanáceas (papa), leguminosas (arveja), cereales (maíz o cebada) u hortalizas que no pertenezcan

a la familia Brassicaceae, y aplicación de productos a base de microorganismos biocontroladores. No obstante, entre otras alternativas para manejar la enfermedad se encuentran la incorporación de enmiendas minerales de calcio, como el carbonato de calcio, el hidróxido de calcio, el carbonato de magnesio y el sulfato de calcio, para aumentar el pH del suelo; la remoción de raíces sintomáticas del suelo; y la implementación de protocolos de desinfección de herramientas agrícolas, equipos de arado y el calzado de los operarios que ingresan a las áreas de cultivo, para limitar la dispersión del patógeno y reducir la acumulación de inóculo en el suelo (Cao et al., 2019).



Figura 76. Mecanismos de dispersión de *P. brassicae*: el cultivo enfermo se deja a exposición, por lo tanto, el agua de escorrentía, los animales que visitan el cultivo e incluso el viento transportan partículas de polvo con esporas de *P. brassicae*.

Foto: Eliana Gisela Revelo

Adicionalmente, dado que una de las medidas más efectivas para el manejo de enfermedades es el empleo de variedades resistentes a los patógenos, para el caso de coliflor, brócoli (figura 77), repollo y col de Bruselas, existen variedades resistentes a hernia disponibles comercialmente en el mercado que proporcionan resistencia a las razas más comunes de *P. brassicae* (razas 0, 1 y 3), aunque no a la raza 2, y la resistencia a esta última podría encontrarse en campo, si bien es poco frecuente. Sin embargo, antes de su uso, se recomienda verificar su desempeño en pequeñas parcelas antes de sembrar en grandes extensiones, dado que la raza 2 del patógeno puede estar presente y/o pueden surgir nuevas razas que supriman la resistencia, tal como se ha reportado en variedades de repollo (Wesołowska, 2014).

Gota de la papa (*Phytophthora infestans*)

Esta enfermedad ha tenido un gran impacto en el ser humano, ya que fue la causante de la hambruna que azotó a Irlanda en 1840 debido a la destrucción de los cultivos de papa, que causó la muerte de un millón de personas y que obligó a otro millón a emigrar, principalmente a Estados Unidos (Bourke, 1993; Fry, 2016). Se estima que aún hoy, el agente causal de esta enfermedad es uno de los fitopatógenos que más afecta la economía de los agricultores del mundo, con pérdidas anuales que ascienden a los 5 billones de dólares (Fry, 2016; Judelson & Blanco, 2005).

Síntomas

Este microorganismo afecta las hojas, los tallos aéreos y los tubérculos de la papa. Los

síntomas característicos en hojas de plantas susceptibles son lesiones irregulares o circulares, acuosas cuando las condiciones medioambientales son de alta humedad, mientras que el centro de las lesiones suele ser seco en condiciones de baja humedad. El centro de las lesiones es marrón oscuro generalmente y está rodeado de tejido clorótico o necrótico (figura 78a). Si las condiciones de humedad persisten, las lesiones foliares se agrandan rápidamente y se forman lesiones marrones en los peciolo de las hojas y los tallos de la planta (figura 78b). Comúnmente, los síntomas se desarrollan primero en las hojas bajas, pero cualquier parte de la planta puede desarrollar síntomas. En condiciones de alta humedad relativa, se pueden ver las esporas como un polvo blanco alrededor de las lesiones oscuras (figura 78b) (Fry, 2008).

Agente causal

Phytophthora infestans es el agente causal del tizón tardío o gota. Este patógeno afecta a plantas de la familia Solanaceae. Es un oomiceto heterotálico, por lo que requiere de ambos tipos de apareamiento para la reproducción sexual (A1 y A2). Si se da el apareamiento, ocurre la formación de oosporas, las cuales son esporas de resistencia y son una fuente de variación debido a la recombinación sexual. Es hemibiotrófico, por lo que tiene un periodo en la planta durante el cual se alimenta del hospedero sin presentar síntomas y posteriormente es necrótrofo, lo que causa la muerte celular. El ciclo asexual permite la proliferación rápida del patógeno. Bajo condiciones de humedad relativa alta y temperaturas moderadas, cada lesión puede producir hasta 300.000 esporangios (Fry, 2008).



Figura 77. Comparación de variedades de brócoli (ambas inoculadas con una concentración de 1×10^3 esporas/g de suelo). a. Variedad de brócoli susceptible a la hernia de las crucíferas; b. Variedad de brócoli resistente.

Fotos: Carlos Andrés Moreno



Figura 78. Plantas de papa infectadas con *P. infestans*, agente causal de la gota de la papa. a. Síntomas iniciales en hoja; b. Síntomas avanzados en hojas, con lesión necrótica en el centro y bordes esporulados; c. Esporangios vistos bajo el microscopio.

Fotos: Eliana Revelo

Condiciones ambientales favorables para la enfermedad

La esporulación de *P. infestans* sobre el tejido del hospedero ocurre cuando las partes de la planta infectada se exponen a condiciones de humedad relativa mayores a 90 % y cuando la temperatura está entre 10 y 20 °C (Andrade-Piedra et al., 2005). Como

consecuencia de lo anterior, en épocas de alta precipitación y bajas temperaturas, el ciclo de la enfermedad es más corto (4 a 6 días), mientras que, en épocas de baja precipitación y baja humedad relativa, el ciclo es un poco más largo (8 a 9 días) (Andrade-Piedra et al., 2005). Cuando la hoja está esporulada, los esporangios son dispersados por el viento a largas distancias (varios kilómetros)

si son favorables las condiciones medioambientales (descritas arriba) (Skelsey et al., 2009) (figura 75). A su vez, el patógeno tiene zoosporas móviles, las cuales se pueden dispersar por agua (Fry, 2008).

Diseminación de *P. infestans*

Las grandes migraciones intercontinentales de este patógeno se han llevado a cabo a través de tubérculos de papa infectados; fue esta la manera como llegó a Europa, Asia, Sureste Asiático, Medio Oriente, y norte y sur de África (Fry et al., 1992). Sin embargo, recientemente se descubrió que *P. infestans* también puede ser transportado largas distancias en las plántulas de tomate, como se evidenció durante la pandemia de 2009 en el noreste de Estados Unidos (Fry et al., 2013). En Colombia, estudios sobre este microorganismo identificaron diferentes hospederos de la familia Solanaceae. Aparte del tomate (*Solanum lycopersicum*) y la papa común (*S. tuberosum*), en Colombia se ha encontrado en papa criolla (*S. phureja*), tomate de árbol (*S. betaceum*), lulo (*S. quitoense*) y uchuva (*Physalis peruviana*) (Vargas et al., 2009). La identificación de *P. infestans* en todos estos hospederos permitió determinar, mediante inoculaciones cruzadas, que las cepas aisladas de uchuva prefieren esta planta por encima de la papa y son más agresivas en la uchuva que las cepas aisladas de papa. Así mismo, las cepas aisladas de papa mostraron preferencia y mayor agresividad en papa que en uchuva. Sin embargo, debido a la alta adaptabilidad de este patógeno, y dado que varios de estos cultivos comparten los mismos requerimientos de temperatura y humedad, y se siembran en los mismos predios, es importante prestarles atención pues cualquiera puede ser reservorio del inóculo (Vargas et al., 2009).

Prácticas de manejo

En los sistemas de ACFC de Nariño, el patógeno se identificó sobre todo en la papa, y su manejo se da con aplicaciones cada siete días de fungicidas sistémicos y preventivos. El ICA recomienda sembrar con semilla certificada para evitar la introducción del patógeno al campo, ya que, como se indicó anteriormente, los tubérculos son fuente de inóculo. Además, es importante tener en cuenta el calendario de siembra y la época de lluvia (se debe sembrar antes de que empiece la temporada de lluvias para evitar condiciones medioambientales favorables para el microorganismo). Las recomendaciones también incluyen sembrar genotipos resistentes o tolerantes siempre que sea posible; aumentar la distancia de siembra para disminuir la humedad dentro del cultivo, y tener drenajes en los lotes de cultivo para evitar la concentración de agua en el suelo y la posible dispersión de las zoosporas. Así mismo, es importante monitorear el cultivo de manera permanente y consultar la información meteorológica para tomar medidas preventivas con un ingeniero agrónomo o un técnico extensionista en caso de lluvias inminentes, y para disminuir la aplicación de fungicidas si las condiciones medioambientales no son favorables para el patógeno (ICA, 2012).

La caracterización del patógeno es importante para implementar las prácticas de manejo adecuadas. En Colombia, Olave-Achury et al. (2022) realizaron un estudio de caracterización fenotípica y genotípica a aislamientos de *P. infestans* obtenidos de plantas de papa y tomate. Adicionalmente, en este trabajo se hicieron pruebas de resistencia de los aislamientos del patógeno frente a tres fungicidas comúnmente usados en cultivos de papa del

país. Mefenoxam redujo el crecimiento de la mayoría (81 %) de los aislamientos de *P. infestans* hasta en 50 % (EC_{50} [concentración efectiva de 50] $>10 \mu\text{g mL}^{-1}$), lo que sugiere resistencia a este fungicida en una alta población del patógeno. Con cymoxanil, 42 % de los aislamientos mostraron resistencia intermedia, con valores EC_{50} de 1 a $10 \mu\text{g mL}^{-1}$. Por último, con fluopicolida, 90 % de los aislamientos mostraron alta

susceptibilidad, con una $EC_{50} < 1 \mu\text{g mL}^{-1}$. Lo anterior indica que se debe tener cuidado con el uso de fungicidas químicos para el control de *P. infestans*, mediante rotación de ingredientes activos de diferentes modos de acción; que no se debe sobredosificar, y que es necesario implementar medidas de control alternativas a los fungicidas químicos.

Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de Colombia

La producción de hortalizas en Colombia en gran parte es de economía campesina, destinada a satisfacer el mercado interno. El agricultor hortícola es considerado un pequeño productor, ya que 75 % de sus predios tienen un tamaño inferior a 3 ha y 40 % son menores de una hectárea (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2020). Unos de los mayores problemas que afrontan los productores de hortalizas del país son las épocas prolongadas de lluvias (fenómeno de La Niña). La humedad excesiva del suelo aumenta las epidemias por enfermedades como la antracnosis en arveja o el ataque de la *Sclerotinia* en lechuga (ICA, 2012). Dado que la mayoría de hortalizas son cultivos de ciclo corto, es necesario implementar mecanismos de control más intensos que en los cultivos anuales o perennes.

Jaramillo N. y Díaz (2006) proponen un esquema limpio de manejo de hortalizas (brócoli, coliflor, col china y repollo), con medidas fitosanitarias como desinfección de semilla con dazomet o bromuro de metilo, solarización del suelo, uso de trampas con feromonas para plagas de lepidópteros, aplicación de entomopatógenos

(*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*) y empleo de coberturas vivas.

Durante la ola invernal de 2010, muchos productores de hortalizas se vieron seriamente afectados por la alta incidencia de enfermedades y plagas. En respuesta a esto, el ICA (2012) emitió una serie de recomendaciones, entre las cuales se destacan desinfección de herramientas, eliminación de focos infectados y posterior incineración, uso de trampas adherentes, y aplicación de *Bacillus subtilis* spp., *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma* spp., *Botrytis cinerea*, *Alternaria* sp. y *Rhizoctonia* sp.

En el mercado se ofrece una amplia variedad de semillas con diferentes características en cuanto a atributos, rendimientos y resistencia a patógenos. En lechuga existen más de 30 variedades, distribuidas en cinco tipos. Algunas de ellas son Elisa, con resistencia moderada al virus del mosaico de la lechuga estirpe 2 (LMV-2), y Bérnago, resistente a diferentes razas de *Bremia lactucae* (Jaramillo N. et al., 2014). Del fríjol están disponibles 38 variedades con resistencia al virus del mosaico común (BCMV), antracnosis (*Colletotrichum*

lindemuthianum) o la roya *Uromyces phaseoli*. Las siguientes son algunas de estas variedades: Corpoica 106, ICA Viboral,

ICA Llanogrande, ICA Bachué (Díaz Diez & Santana Fonseca, 2004).

Avances tecnológicos en la producción de hortalizas

En años recientes se ha experimentado un gran avance en la producción de vegetales. Por un lado, existe mayor conciencia de los patógenos transmitidos por semillas. Debido a esto, las industrias del sector han hecho un gran esfuerzo por producirlas de alta calidad y libres de microorganismos nocivos. Esto se logra a través de diferentes medidas, como utilizar plantas libres del patógeno para producir semillas limpias, sembrar en zonas aisladas y sin contaminación, y usar métodos de limpieza de semillas y técnicas sensibles de detección de patógenos en estas y en plantas para permanecer vigilantes.

Los avances en estudios de fisiología de semillas también han sido importantes

para aumentar su vigor y calidad. Un ejemplo de lo anterior es el recubrimiento de semillas para un mejor manejo durante la siembra, la introducción de cambios en su germinación y el aumento de la protección contra plagas y patógenos. A su vez, los programas de mejoramiento genético se enfocan en producir variedades nuevas y más vigorosas, productivas y resistentes a algunos agentes causales de enfermedades. Por último, los estudios de manejo de vegetales en postcosecha han ayudado a la industria a mejorar los métodos de recolección, transporte y almacenamiento, para alargar su vida útil (Koike et al., 2007).

Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th edition). Elsevier.
- Andrade-Piedra, J. L., Hijmans, R. J., Juárez, H. S., Forbes, G. A., Shtienberg, D., & Fry, W. E. (2005). Simulation of potato late blight in the Andes. II: Validation of the LATEBLIGHT model. *Phytopathology*, 95(10), 1200-1208. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-1200>
- Bourke, A. (1993). *"The visitation of God?": The potato and the great irish famine*. Lilliput Press.
- Burki, F., Roger, A. J., Brown, M. W., & Simpson, A. G. B. (2020). The new tree of eukaryotes. *Trends in Ecology and Evolution*, 35, 43-55. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.08.008>
- Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R., & Weir, B. S. (2012). *Colletotrichum*: current status and future directions. *Studies in Mycology*, 73(1), 181-213. <https://doi.org/10.3114/sim0014>
- Cao, T., Manolii, V. P., Zhou, Q., Hwang, S. F., & Strelkov, S. E. (2019). Effect of canola (*Brassica napus*) cultivar rotation on *Plasmodiophora brassicae* pathotype composition. *Canadian Journal of Plant Science*, 100, 218-225. <https://doi.org/10.1139/cjps-2019-0126>
- Cavalier-Smith, T., Chao, E. E., & Lewis R. (2018). Multigene phylogeny and cell evolution of chromist infrakingdom Rhizaria: Contrasting cell organisation of sister phyla Cercozoa and Retaria. *Protoplasma*, 255, 1517-1574. <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1241-1>

- De Silva, D. D., Crous, P. W., Ades, P. K., Hyde, K. D., & Taylor, P. W. J. (2017). Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 155-168. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.001>
- Díaz Diez, C. A., & Santana Fonseca, G. E. (2004). *Revisión de las fichas técnicas de las variedades comerciales de frijol (Phaseolus vulgaris) en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35591>
- Dillard, H. R., Cobb, A. C., & Lamboy, J. S. (1998). Transmission of *Alternaria brassicicola* to cabbage by flea beetles (*Phyllotreta cruciferae*). *Plant Disease*, 82(2), 153-157. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.2.153>
- Dixon, G. R. (2006). The biology of *Plasmiodiphora brassicae* Worn.: A review of recent advances. *ISHS Acta Horticulturae*, 706, 271-282. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.706.32>
- Dixon, G. R. (2009). The occurrence and economic impact of *Plasmiodiphora brassicae* and clubroot disease. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 194-202. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9090-y>
- Fry, W. E. (2008). *Phytophthora infestans*: The plant (and R gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology*, 9(3), 385-402. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x>
- Fry, W. E. (2016). *Phytophthora infestans*: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management. *Annual Review Phytopathology*, 54, 529-547. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095951>
- Fry, W. E., Goodwin, S. B., Matuszak, J. M., Spielman, L. J., Milgroom, M. G., & Drenth, A. (1992). Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. *Annual Review of Phytopathology*, 30, 107-29. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.30.090192.000543>
- Fry, W. E., McGrath, M. T., Seaman A., Zitter, T. A., McLeod, A., Danies, G., Small, I. M., Myers, K., Everts, K., Gevens, A. J., Gugino, B. K., Johnson, S. B., Judelson, H., Ristaino, J., Roberts, P., Secor, G., Seebold, K., Snover-Clift, K., Wyenandt, A., Grünwald, N. J., & Smart, C. D. (2013). The 2009 late blight pandemic in the eastern United States: Causes and results. *Plant Disease*, 97(3), 296-306. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-12-0791-FE>
- Gobernación de Nariño. (2020). *Plan Departamental de Extensión Agropecuaria: PDEA Nariño 2020-2023*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36543>
- Guevara, O., Abud, M., Trujillo, A. F., Suárez, C. F., Cuadros, L., López, C., & Flórez, C. (2016). *Plan Territorial de Adaptación Climática del departamento de Nariño*. Corponariño; WWF-Colombia https://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/Plan_Territorial_de_Adaptacion_Climatica%20_Corponarino.pdf
- Guevara-Suárez, M., Cárdenas, M., Jiménez, P., Afanador-Kafuri, L., & Restrepo, S. (2022). *Colletotrichum* species complexes associated with crops in Northern South America: A review. *Agronomy*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy12030548>
- Humpherson Jones, F., & Maude, R. (1982). Studies on the epidemiology of *Alternaria brassicicola* in *Brassica oleracea* seed production crops. *Annals of Applied Biology*, 100(1), 61-71. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1982.tb07192.x>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (Solanum tuberosum subsp. andigena y S. phureja): medidas para la temporada invernal*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac-197c55e7d3d0/Manejo-fito-sanitario-del-cultivo-de-la-papa-nbsp;-asp>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (s. f.). *Atlas climatológico de Colombia 1981-2010*. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Jaramillo N., J. E., Aguilar, P. A., Espitia Malagón, E. M., Tamayo Molano, P. J., Argüello, O., & Guzmán Arroyave, M. (2014). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el oriente*

antioqueño. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13758>

Jaramillo N., J. E., & Díaz, C. A. (2006). *El cultivo de las crucíferas: brócoli, coliflor, repollo, col china* [Manual técnico 20]. Corporación Colombiana de Investigación. Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13457>

Judelson, H. S., & Blanco, F. A. (2005). The spores of *Phytophthora*: Weapons of the plant destroyer. *Nature Reviews Microbiology*, 3, 47-58. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1064>

Koike, S. T., Gladders P., & Paulus, A. O. (2007). *Vegetable diseases: A color handbook*. Manson Publishing.

López-Vásquez, J. M., Castaño-Zapata, J., Marulanda-Ángel, M. L., & López-Gutiérrez, A. M. (2013). Caracterización de la resistencia a la antracnosis causada por *Glomerella cingulata* y productividad de cinco genotipos de mora (*Rubus glaucus* Benth.). *Acta Agronómica*, 62(2), 174-185. http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/33109/43007

Martínez Pacheco, L., Vanegas Berrouet, K. M., Salazar Yepes, M. A., Gutiérrez Sánchez, P. A., & Marín Montoya, M. A. (2014). Detección por PCR de *Colletotrichum lindemuthianum* en cultivos y semillas de frijol en Antioquia, Colombia. *Acta Agronómica*, 63(4), 377-387. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42035>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2020). *Cadena de las hortalizas*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf>

O'Connell, R. J., Thon, M. R., Hacquard, S., Amyotte, S. G., Kleemann, J., Torres, M. F., Damm, U., Buiate, E. A., Epstein, L., Alkan, N., Altmüller, J., Alvarado-Balderrama, L., Bauser, C. A., Becker, C., Birren, B. W., Chen, Z., Choi, J., Crouch, J. A., Duvick, J. P. ... Vaillancourt, L. J. (2012). Lifestyle transitions in plant pathogenic *Colletotrichum* fungi deciphered by genome and transcriptome analyses. *Nature Genetics*, 44(9), 1060-1065. <https://doi.org/10.1038/ng.2372>

Olave-Achury, A., Cárdenas, D., Restrepo, S., Lucca, F., Fry, W. E., Myers, K. L., Danies, G., & Soto-Suárez, M. (2022). Phenotypic and genotypic characterization of *Phytophthora infestans* isolates associated with tomato and potato crops in Colombia *Phytopathology*, 112(8), 1783-1794. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-21-0158-R>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Agencia de Desarrollo Rural [ADR]. (2019). *Plan integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial: departamento de Nariño* (Tomo II). <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/NARINO-TOMO-II.pdf>

Pineda Giraldo, J. M., Calderón Quintero, A., & Castaño Zapata, J. (2020). *Guía ilustrada de enfermedades y patógenos en cultivos hortícolas*. Editorial Universidad de Caldas. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18dvtrr>

Rennie, D. C., Manolii, V. P., Cao, T., Hwang, S. F., Howard, R. J., & Strelkov, S. E. (2011). Direct evidence of surface infestation of seeds and tubers by *Plasmodiophora brassicae* and quantification of spore loads. *Plant Pathology*, 60(5), 811-819. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02449.x>

Rodríguez-Roa, J. H., Cárdenas, M., & Jiménez, P. (2013). Especies de *Alternaria* de la sabana de Bogotá, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 9(2), 228-247. <https://doi.org/10.18359/rfcb.361>

Rubio, L., Galipienso, L., & Ferrol, I. (2020). Detection of plant viruses and disease management: Relevance of genetic diversity and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01092>

Rueda-Hernández, K. R., Saldarriaga Cardona, A., Cadavid-Restrepo, G. E., Saldamando Benjumea, C. I., Cañas Gutiérrez, G. P., & Arango Isaza, R. E. (2013). Differential organ distribution,

- pathogenicity and benomyl sensitivity of *Colletotrichum* spp. from blackberry plants in northern Colombia. *Journal of Phytopathology*, 161(4), 246-253. <https://doi.org/10.1111/jph.12040>
- Saha, S., Garg, R., Venkataravanappa, V., Mishra, P. K., Rai, A. B., & Singh, R. P. (2015). Molecular and cultural characterization of *Alternaria brassicae* infecting cauliflower in Uttar Pradesh, India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 86(2), 485-495. <https://doi.org/10.1007/s40011-014-0472-y>
- Saharan, G. S., Mehta, N. K., & Meena, P. D. (2021a). The disease: Clubroot. In G. S. Saharan, N. K. Mehta & P. D. Meena (Eds.), *Clubroot disease of crucifers* (pp. 47-85). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2133-8_2
- Saharan, G. S., Mehta, N. K., & Meena, P. D. (2021b). The pathogen: *Plasmodiophora brassicae*. In G. S. Saharan, N. K. Mehta & P. D. Meena (Eds.), *Clubroot disease of crucifers* (pp. 86-120). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2133-8_3
- Schwelm, A., Badstöber, J., Bulman, S., Desoignies, N., Etemadi, M., Falloon, R. E., Gachon, C. M. M., Legreve, A., Lukeš, J., Merz, U., Nenarokova, A., Strittmatter, M., Sullivan, B. K., & Neuhauser, S. (2018). Not in your usual top 10: Protists that infect plants and algae. *Molecular Plant Pathology*, 19(4), 1029-1044. <https://doi.org/10.1111/mpp.12580>
- Skelsey, P., Kessel, G. J. T., Holtslag, A. A. M., Moene, A. F., & Van der Werf, W. (2009). Regional spore dispersal as a factor in disease risk warnings for potato late blight: A proof of concept. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(3-4), 419-430. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.09.005>
- Tamayo M., P. J., & Jaramillo N., J. E. (2004). *Enfermedades de las crucíferas en Colombia: guía para su diagnóstico y manejo* [Boletín técnico 24]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17189/41507_41468.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tatineni, S., & Hein, G. L. (2023). Plant viruses of agricultural importance: Current and future perspectives of virus disease management strategies. *Phytopathology* 113(2) <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-22-0167-RVW>
- Urdaneta, L., Sanabria, M. E., Rodríguez, D., & Pérez de Camacaro, M. (2013). Antracnosis causada por *Colletotrichum acutatum* Simmonds en frutos de fresa en los estados Lara y Trujillo, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*, 30(4), 504-528. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27138>
- Vargas, Á. M., Quesada Ocampo, L. M., Céspedes, M. C., Carreño, N., González, A., Rojas, A., Zuluaga, A. P., Myers, K., Fry, W. E., Jiménez, P., Bernal, A. J., & Restrepo, S. (2009). Characterization of *Phytophthora infestans* populations in Colombia: First report of the A2 mating type. *Phytopathology*, 99, 82-88. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-1-0082>
- Vidaver, A. K., & Lambrecht, P. A. (2004). *Bacteria as plant pathogens*. The Plant Health Instructor. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2004-0809-01>
- Wesołowska, M. (2014). Identification of *Plasmodiophora brassicae* Wor. isolate suppressing clubroot resistance in "Kilaxy" F₁ white cabbage. *Folia Horticulturae*, 26(1), 57-62. <https://doi.org/10.2478/fhort-2014-0006>
- Woronin, M. (1934). *Plasmodiophora brassicae, the cause of the cabbage hernia, 1878* (C. Chupp, Trans.). American Phytopathological Society. (Obra original publicada en 1878).

Capítulo 10. Hernia de las crucíferas por *Plasmodiophora brassicae*: caso de estudio, corregimiento de Gualmatán, Nariño

Donald H. Riascos-Ortiz, Eliana Gisela Revelo Gómez,
Carlos Alberto Marcillo Paguay, Eliana Martínez Pachón,
Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Introducción

El departamento de Nariño es un importante productor de crucíferas (repollo, brócoli y coliflor). Ocupa el cuarto lugar en Colombia, con 7.160 toneladas, equivalentes al 10 % de la producción nacional (MADR, 2022). En este departamento, las crucíferas se cultivan como parte de la ACFC y se destinan a satisfacer los mercados local y nacional, con el corregimiento de Gualmatán, en zona rural del municipio de Pasto, como uno de los mayores productores.

La caracterización social elaborada para el proyecto "Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del COVID-19, en la subregión centro del departamento de Nariño", permite afirmar que la producción de crucíferas en el corregimiento de Gualmatán la llevan a cabo pequeños productores en áreas que en su mayoría no superan los 1.000 m², lo cual corresponde a una agricultura minifundista.

Además de la demanda creciente de verduras para el consumo a nivel nacional (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2022), otra razón por la que el corregimiento de Gualmatán se ha

especializado en la producción de repollo, brócoli y coliflor, es su rentabilidad económica, mayor que la de otras especies cultivadas en la localidad. Esta rentabilidad se asocia a un menor número y costo de labores de mantenimiento de los cultivos en comparación con especies como la papa (de alta demanda en insumos agrícolas para fertilización y manejo de plagas y enfermedades), lo cual permite incrementar los ingresos económicos y hace de las crucíferas el cultivo preferido de los agricultores.

Sin embargo, según información proporcionada por la Secretaría de Agricultura del municipio de Pasto, en 2018 se registró por primera vez la enfermedad hernia de las crucíferas en el corregimiento de Gualmatán. Debido al desconocimiento y a la falta de medidas oportunas para mitigar la dispersión del patógeno, en la actualidad la afección se encuentra ampliamente distribuida en el territorio y ha causado importantes pérdidas en producción, que aumentan en cada ciclo de cultivo. Un censo llevado a cabo en septiembre de 2022, en el marco del proyecto mencionado arriba y con participación de AGROSAVIA, el ICA y la Secretaría de Agricultura de Pasto, mostró que, para el corregimiento de Gualmatán,

la enfermedad se encuentra en 65 % de los lotes visitados, de un total de 193 predios evaluados.

Algunos países no han prestado la suficiente atención a la enfermedad, algo que ha favorecido su distribución en grandes áreas, con pérdidas significativas de producción de hortalizas y en cultivos de crucíferas para producción de aceite, y que amenaza en el futuro cercano a los cultivos de crucíferas. La enfermedad no puede erradicarse una vez se ha introducido en un área, y por lo tanto, su manejo es esencial en los primeros estados de la infección (Saharan et al., 2021).

En ese sentido, el presente capítulo tiene como propósito ampliar el conocimiento,

especialmente entre productores, agrónomos y asistentes técnicos, sobre *P. brassicae*, el agente causante de la hernia de las crucíferas, principal enfermedad de cultivos de la familia Brassicaceae. El objetivo también es exponer la situación actual de la enfermedad en el corregimiento de Gualmatán, una de las más importantes zonas productoras de repollo, brócoli y coliflor en Nariño, con base en los resultados de las jornadas de cuantificación de incidencia del patógeno en lotes de producción. Finalmente, el documento presenta información sobre las principales estrategias de control disponibles en la literatura científica para el manejo integrado de la enfermedad.

Pérdidas en producción

La hernia de las crucíferas puede ocasionar pérdidas en producción de 10 al 100 %. Existe una relación directa entre el grado de infestación del suelo y la incidencia de la enfermedad. Un análisis de regresión lineal mostró una correlación negativa entre la densidad de inóculo del patógeno y la producción, y evidenció pérdidas de producción de 60 % en densidades de inóculo bajas (Strehlow et al., 2015). La enfermedad también puede afectar la calidad estética y dar lugar a tamaños variables e inaceptables en la producción debido a retraso en la

madurez fisiológica, con lo cual se incumplen los requerimientos del mercado y se pierde el valor comercial. Adicionalmente, la patología inhabilita los suelos para producción de crucíferas dado que su agente causal forma estructuras de resistencia denominadas *esporas de reposo*, que pueden permanecer viables en los suelos por 20 años o más y que reducen el valor comercial de los lotes puesto que se pierde su vocación para cultivo de crucíferas (Saharan et al., 2021).

Síntomas y signos de la enfermedad

Los 330 géneros y las 3.700 especies de la familia Brassicaceae son hospederos potenciales de *P. brassicae* y en todos ellos el patógeno es capaz de completar su ciclo de vida. Son susceptibles las variedades de las especies cultivables, incluidas *Brassica oleracea*, *B. rapa* (syn. *B. campestris*),

B. napus, *B. carinata*, *B. nigra* y *B. juncea*, pero también arvenses crucíferas como *B. kaber*, *B. hirta*, *Capsella bursa-pastoris*, *Barbarea vulgaris* y *Thlaspi arvense* (Bailey, 1961; Howard et al., 2010; Kageyama & Asano, 2009).

En el corregimiento de Gualmatán, síntomas típicos de la enfermedad han sido registrados en cultivos de crucíferas (figura 79). Los síntomas en la parte aérea a menudo no se observan durante la fase de plántula, y solo aparecen cuando los síntomas subterráneos (agallas) interrumpen el movimiento de agua y nutrientes desde las raíces hasta el follaje. Los síntomas tempranos en la parte aérea corresponden a un color verde pálido o amarillamiento en las hojas y retraso del crecimiento de las plantas. En estados avanzados, consisten en un marchitamiento de la planta que puede confundirse con la acción de cualquier otro patógeno del suelo, con deficiencias nutricionales e incluso con estrés abiótico (figuras 79a, 79b).

Los síntomas característicos de la enfermedad son registrados solo después de retirar del suelo plantas infectadas y

corresponden a agallas de color blanco a nivel de las raíces, resultado de la inducción de hipertrofia (alargamiento celular) e hiperplasia (excesiva división celular) del tejido cortical. Las agallas aparecen sobre las raíces como husos semejantes a hinchazones o protuberancias trituradas, nudosas o en forma de masa (figuras 79c, 79d), y en estados avanzados se tornan de color marrón y aparecen descompuestas (figura 79e). A escala de lote, cuando la enfermedad se presenta por primera vez, su patrón de distribución es agregado, con parches o focos (figura 79f), algo que tiene relación con la naturaleza monocíclica de la patología y el limitado movimiento de las zoosporas en el suelo. Sin embargo, transcurridos varios ciclos de cultivo, la distribución puede llegar a ser aleatoria e incluso uniforme por el movimiento de suelo durante la preparación del terreno.



Figura 79. Síntomas de la hernia de las crucíferas observados en el corregimiento de Gualmatán, Nariño. a. y b. Síntomas aéreos; c. y d. Síntomas subterráneos; e. Agallas descompuestas; f. Distribución de la enfermedad en el lote (las flechas rojas indican un foco de la enfermedad).

Fotos: Autores

El patógeno *P. brassicae* es un parásito obligado, por lo tanto, la observación de sus signos o estructuras es posible mediante disección del tejido de las agallas en plantas de 45-60 días. En las células corticales infectadas se observan plasmodios jóvenes, vegetativos o masas de esporas de reposo. Un gran número de estas últimas son liberadas al suelo luego de que las agallas se desintegran por acción de microorganismos saprófitos. Las esporas de

reposo pueden sobrevivir en el suelo por más de 20 años y se consideran el inóculo primario de la enfermedad, es decir, son las estructuras que inician la epidemia cuando los cultivos de crucíferas se establecen en campo (Williams & McNabola, 1967). Diferentes estudios han encontrado una fuerte relación positiva entre la incidencia de la enfermedad y el grado de infestación del suelo (Wallenhammar et al., 2014).

Distribución de la enfermedad

De acuerdo con la literatura, la enfermedad se registró por primera vez en el nabo, en 1976, 139 años después de que Woronin identificara a *P. brassicae* como el agente causal (Ellis, 1742/2018). La enfermedad se distribuye en el mundo allí donde existe vegetación de la familia de las crucíferas. Según la literatura, en la actualidad la patología está presente en cerca de 88 países (Dixon, 2009), y en Colombia afecta principalmente al brócoli, el coliflor y el repollo (Botero-Ramírez et al. 2015; Castillo & Guerrero 2008; Torres Torres, 1972).

En el país, la enfermedad se detectó por primera vez en 1962, en el municipio de Villamaría, cerca de Manizales, Caldas. Diez años más tarde, el ICA la registró en cultivos de coliflor del municipio de Mosquera, Cundinamarca (Forero de La-Rotta, 2001; Velandia et al., 1998). Según el ICA, en Nariño se reportó por primera vez en 2013, en el municipio de Ipiales, de donde se ha diseminado a otras zonas del departamento, como Gualmatán, corregimiento donde se observó en 2018.

Después de que la enfermedad se introduce en un área, diferentes prácticas favorecen su dispersión en el territorio, sobre todo actividades relacionadas con

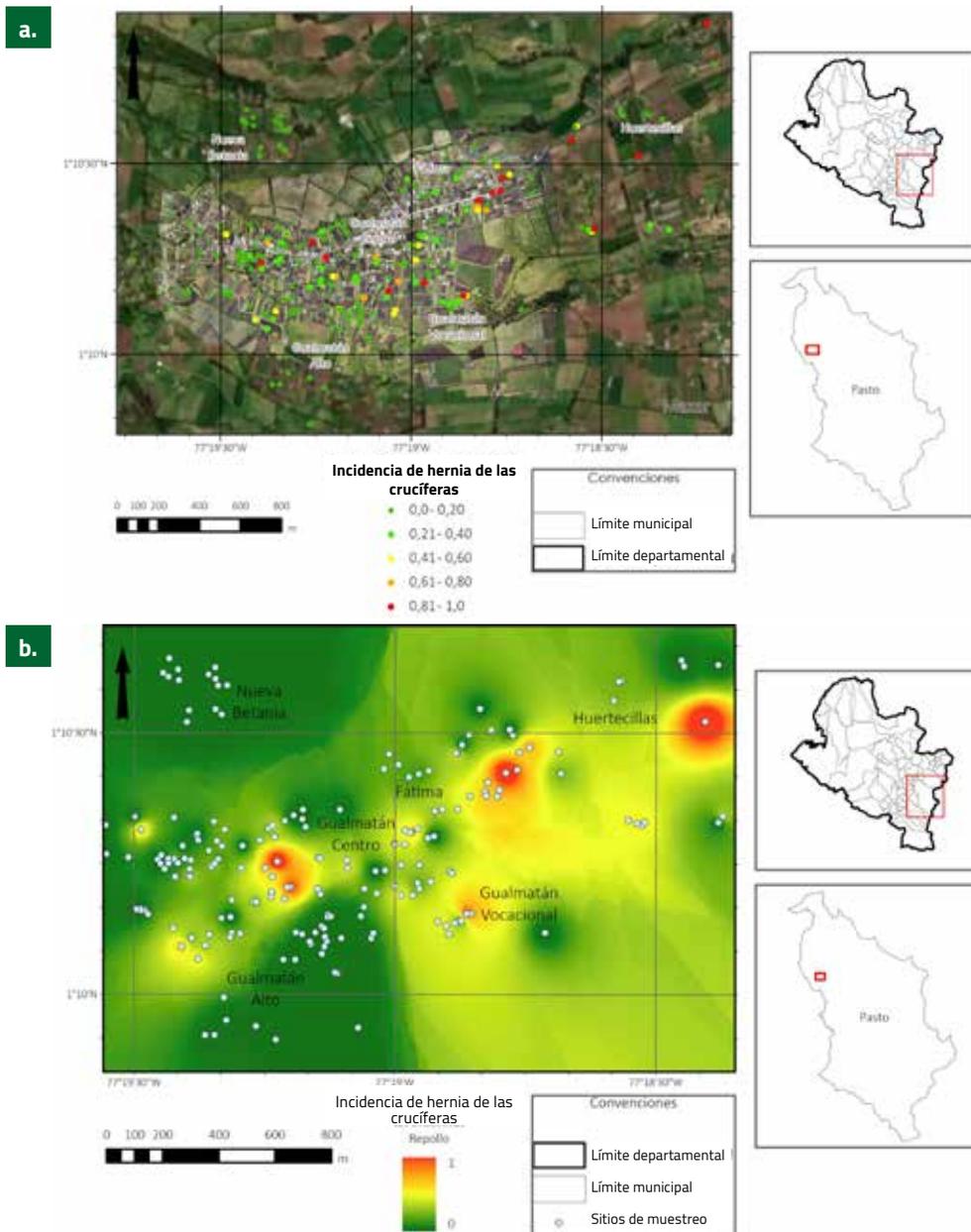
el transporte de suelo de un punto a otro en la misma vecindad o a través de largas distancias (Strelkov & Hwang 2014). Entre las prácticas que facilitan la diseminación del patógeno (dentro de un lote, pero también entre fincas y regiones), se incluyen las siguientes:

1. *No desinfección del calzado*: Agricultores, operarios y/o asistentes técnicos, durante las labores de inspección de cultivos, a veces transportan el inóculo desde zonas enfermas a otras libres de la enfermedad. La no desinfección del calzado y la maquinaria también pueden introducir nuevas razas o patotipos del patógeno en sitios donde previamente no habían sido reportados.
2. *Movimiento de suelo durante la preparación del terreno*: Práctica ampliamente difundida entre los productores. No solo favorece la dispersión del inóculo dentro un mismo lote, sino también entre predios, cuando los implementos e incluso las ruedas del tractor transportan suelo contaminado.
3. *Falta de aislamiento o de cerramiento de los lotes dedicados a la producción de crucíferas*: Favorece el ingreso

de personas e incluso animales a los predios y con ello la introducción del inóculo.

En una evaluación reciente (septiembre de 2022) sobre incidencia de la enfermedad en 193 predios de crucíferas en el corregimiento de Gualmatán, se encontró que 65 % de los lotes presentaba la enfermedad, y esto indica que la patología tiene

una alta prevalencia en esta zona de Nariño (figura 80a). La incidencia, es decir, el número de plantas enfermas sobre el total de plantas evaluadas, fue variable ya que se hallaron predios altamente afectados (75 a 100 % de incidencia), con niveles de incidencia medios (25 a 50 %) y bajos (0 a 24 %), tanto en repollo (figura 80b) como en brócoli (figura 80c) y coliflor (figura 80d).



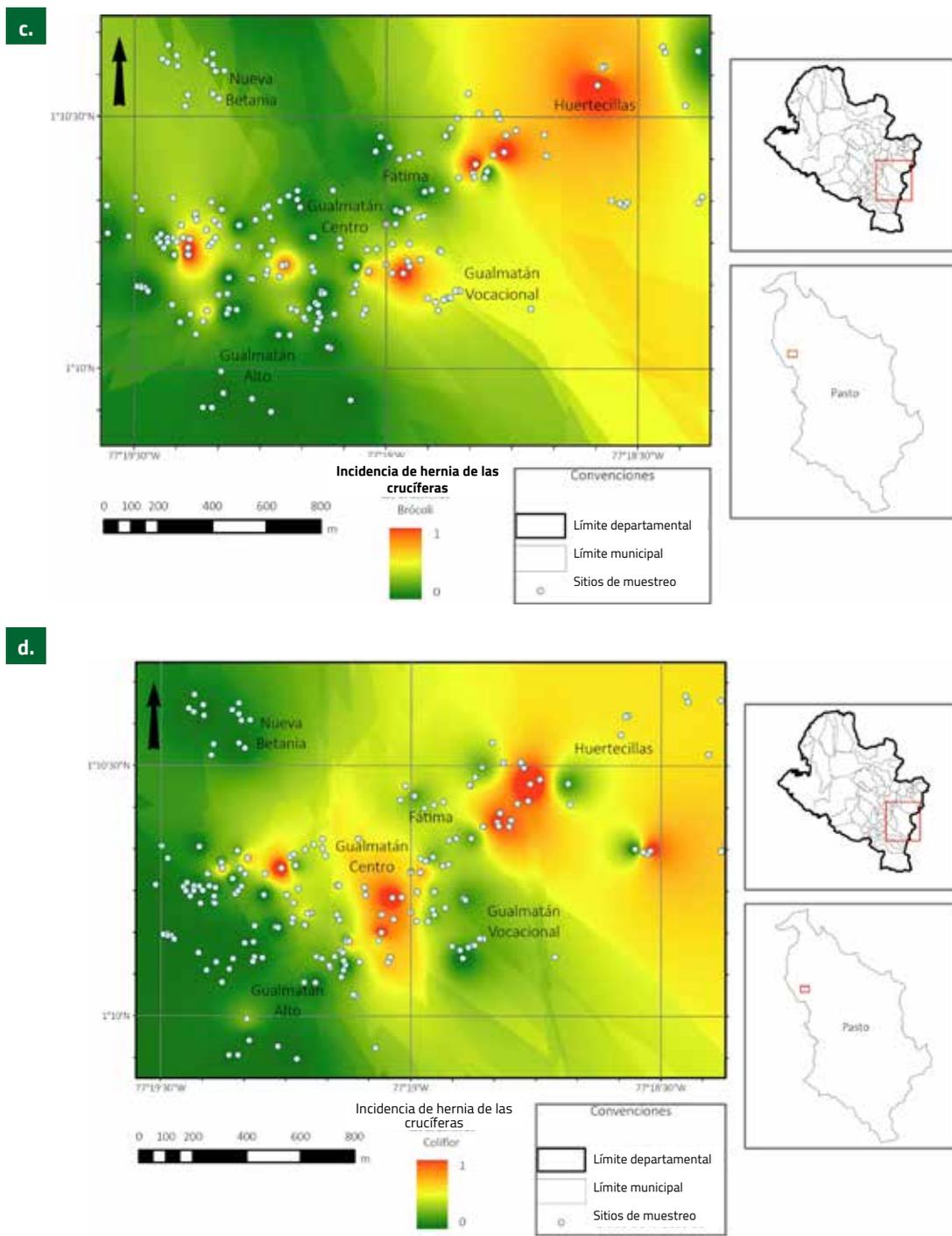


Figura 80. Incidencia de la enfermedad en predios de crucíferas en el corregimiento de Gualmatán. a. Ortomosaico del corregimiento de Gualmatán y distribución espacial de la enfermedad; b. Mapa de calor de la incidencia en repollo. c. Mapa de calor de la incidencia en brócoli; d. Mapa de calor de la incidencia en coliflor.

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de vida de la enfermedad

P. brassicae es un patógeno obligado, intracelular, no axénico, microscópico, unicelular, habitante del suelo, con gran variación en la forma de las razas o patotipos que tienden a romper las fuentes de resistencia en especies de *Brassica* (Kuginuki et al., 1999). La hernia de las crucíferas es una enfermedad monocíclica, es decir, su patógeno tiene un solo ciclo de la enfermedad por periodo de cultivo, con un desarrollo de vida muy complejo, conformado por tres estados: supervivencia en el suelo por más de 20 años como espora de reposo, infección primaria de pelos radicales e infección secundaria dentro de células del córtex de las raíces.

En la primera fase, *P. brassicae* sobrevive en el suelo en forma de esporas de reposo. En esta etapa, su estructura es muy robusta y está bien protegida por cinco paredes de quitina y carbohidratos, que dificultan su destrucción y la hacen resistente a la degradación por enzimas extracelulares producidas por organismos del suelo predadores. Las muestras de suelo pueden contener

decenas de millones de esporas de reposo por gramo, cuya vida media es de 3,6 años. Por lo tanto, se requieren 18 años de ausencia de un hospedero para que una población de campo de *P. brassicae* decrezca al 3 % de la población original de esporas de reposo (Wallenhammar, 1996).

La segunda fase empieza con la germinación de la espora de reposo, provocada por los exudados de las raíces. Después de la germinación, son liberadas al suelo las zoosporas primarias, que nadan en respuesta al gradiente de los exudados de la raíz e infectan los pelos radicales del hospedero o las células epidermales, en lo que se considera el momento más vulnerable para *P. brassicae*. Al interior de la raíz, el patógeno produce un plasmodio primario, que libera muchas zoosporas secundarias. La tercera fase empieza con la infección del córtex por parte de las zoosporas secundarias, que desorganiza el metabolismo de la planta y aumenta la división y la elongación celulares (Kageyama & Asano, 2009).

Epidemiología de la enfermedad

La hernia de las crucíferas es prevalente en áreas templadas con climas húmedos y templados, sobre todo en zonas montañosas de países tropicales. Hay varios factores ambientales que limitan el proceso infeccioso de *P. brassicae*:

1. El movimiento de la zoospora primaria requiere de constantes películas de humedad entre las partículas de suelo, en las cuales nada con ayuda de flagelos. Esto explica por qué suelos húmedos y anegados, con humedad de 60 a 70 %, favorecen el desarrollo y el movimiento del patógeno (Hwang et al., 2014;

Osozawa et al., 1994), mientras que suelos secos lo reducen. La probabilidad de encontrar lotes con alta densidad del inóculo aumenta cuando se incrementan los días de lluvia/año y la precipitación media (Padilla-Huertas, 2020).

2. El ambiente del suelo debe ser químicamente favorable para el patógeno. El componente más obvio es el pH ácido (<6,5), dado que altas concentraciones de hidrógeno lo favorecen, mientras que elevadas cantidades de calcio en apariencia son deletéreas para *P. brassicae* (Gossen et al., 2013; Narisawa et al., 2005; Niwa

et al., 2008; Rashid et al., 2013; Webster & Dixon, 1991).

3. Según reportes, se necesitan temperaturas superiores a 20 °C para iniciar el movimiento del patógeno y la subsecuente infección. También está documentado que para el desarrollo de los síntomas se necesitan temperaturas inferiores a las requeridas para el movimiento y la penetración de la zoospora primaria.
4. También son favorables para *P. brassicae* contenidos de nitrógeno en forma

amoniaco ($H-NH_4$), además de una pobre estructura y un inadecuado drenaje del suelo, y temperaturas mayores de 15 °C (Dixon, 2002). Por el contrario, altas concentraciones de calcio y boro disminuyen las tasas de infección primaria (Webster & Dixon, 1991), y conforme aumentan los contenidos en suelo de calcio, magnesio, sodio, zinc y boro y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), las densidades del inóculo tienden a disminuir (Padilla-Huertas, 2020).

Manejo integrado de la enfermedad en sistemas de crucíferas

Se relacionan a continuación algunas estrategias de manejo preventivas y curativas recomendadas en la literatura, que

pueden integrarse para evitar la dispersión del patógeno y también para bajar la presión del inóculo en predios infestados.

Control legal

La estrategia más efectiva para el manejo de la hernia de las crucíferas es asegurar que los campos permanezcan libres del patógeno, lo cual es posible con las siguientes medidas:

1. **Sanitización:** Proceso de limpieza y desinfección o descontaminación de superficies de maquinaria, equipamiento, vehículos, herramientas y calzado, para eliminar el riesgo de traslado del patógeno de campos infestados a no infestados. La sanitización comprende tres pasos claves: a) limpieza áspera con raspado, cepillado y soplado a fin de remover el suelo y los residuos de cultivo; b) limpieza fina, que consiste en lavar a presión las superficies, refregando o aplicando
- aire comprimido para remover remanentes, y c) desinfectar con un biocida de modo que permanezca en contacto con la superficie mínimo 20 minutos. La aplicación de un desinfectante como hipoclorito de sodio al 1-2 % y en contacto por 20 a 30 minutos, inactiva o mata esporas de reposo del patógeno (Canola Council of Canada, 2011).
2. Evitar la siembra de semillas no tratadas, procedentes de campos infestados (Government of Alberta, 2010).
3. Evitar la irrigación con bombeo de agua proveniente de canales, arroyos y reservorios contaminados por la escorrentía de lotes infestados (Howard et al., 2010).

Control genético

Se han reportado accesiones de *B. oleracea* con resistencia a *P. brassicae* (Voorrips, 1996). Estudios sobre el genoma muestran que la resistencia de esta especie a la hernia de las crucíferas es cuantitativa y está bajo control poligénico por uno o dos QTL con efectos menores o aditivos (Roche-rioux et al., 2004; Voorrips et al., 1997). Sin embargo, algunos estudios indican que la resistencia de esta especie a la enfermedad también es cualitativa y está controlada por genes dominantes o recesivos, por lo que se considera que ambos mecanismos de resistencia, cuantitativo y cualitativo, pueden estar presentes en *B. oleracea* (Chiang & Crête, 1983; Yoshikawa, 1993). Sobre *Brassica napus*, la mayoría de estudios han encontrado resistencia oligogénica al patógeno y esto ha sido la base para proponer una piramidización de genes de resistencia en esta especie (Crutel et al., 1980), basada, según los distintos autores, en tres, cuatro o cinco de estos genes de resistencia, aunque el modelo de cuatro es el más favorecido (Diederichsen & Sacristan, 1996).

La evaluación de materiales de crucíferas en interacción con *P. brassicae* y su impacto sobre la frecuencia de colonización primaria (infección de pelos radicales) y secundaria (infección de raíces) muestra que la infección de pelos radicales, la formación de un plasmodio con muchos núcleos y la eventual aparición de esporas de reposo son fenómenos que ocurren con mayor frecuencia

cuando la interacción es compatible (planta susceptible al patógeno) que cuando es incompatible (planta resistente), caso este en el que pocas células de la raíz llegan a infectarse, los plasmodios permanecen inmaduros con unos pocos núcleos y no existe producción de esporas de reposo (Tanaka et al., 2006). Estos resultados sugieren que la resistencia en crucíferas a *P. brassicae* se asocia con la supresión de la infección y con la subsecuente formación del plasmodio durante las fases de colonización primaria y secundaria (Hwang et al., 2011).

Las infecciones primaria y secundaria en *B. oleracea* se han observado en líneas resistentes y susceptibles. Los síntomas de invasión cortical de *P. brassicae* en hospederos resistentes y susceptibles incluyen rompimiento de pared celular, presencia de vesículas o cuerpos de inclusión dentro de las paredes celulares, pared celular gruesa en asocio con plasmodios y núcleos de células del hospedero agrandados y desorganizados. Sin embargo, la principal diferencia entre hospederos resistentes y susceptibles es que en los primeros las paredes celulares del xilema no se degradan, lo que sugiere que los materiales resistentes de *B. oleracea* no previenen del desarrollo de plasmodios, sino de la reducción del número de paredes celulares rotas, lo cual impide el movimiento del patógeno y la colonización de células del córtex de las raíces (Donald et al., 2008).

Control cultural

A continuación se describen diferentes estrategias de manejo de tipo cultural que

han sido reportadas por su eficacia en el control de la enfermedad:

Propiedades físicas, químicas y nutricionales del suelo

La compactación de los suelos causada por animales o maquinaria y la consecuente retención de excesos de agua ha sido asociada con un incremento en la severidad de la enfermedad (Anderson, 1855; Dixon & Tilston, 2010; Russell, 1859; Somerville, 1895). En general, el desarrollo de la hernia de las crucíferas es reducido en suelos bien drenados. Por lo tanto, para el manejo de esta enfermedad, se recomienda evitar la compactación de los suelos (McDonald et al., 2004).

Incluso antes de Woronin, se determinó que *P. brassicae* se ve favorecida por altas concentraciones de iones de hidrógeno en el suelo, es decir, por suelos con pH ácido. Por el contrario, suelos con alto contenido de calcio y pH > 7,0 son antagonistas al patógeno. En suelos con un pH de 7,2 se ha registrado una reducción de las infecciones primarias debido al aborto del plasmodio primario, que falla en la liberación de zoosporas secundarias. En suelos con pH superior a 8,0, el desarrollo de las zoosporas se deforma y estas se abortan, y por tanto las hernias no se forman, lo que confirma que las zoosporas secundarias son necesarias para la formación de agallas.

La evidencia muestra claramente que las concentraciones elevadas de calcio en el suelo retardan la tasa de maduración de *P. brassicae* en los pelos radicales, y que esto reduce la velocidad y cantidad de plasmodios que maduran para formar esporangios (Agricultural Development and Advisory Service [ADAS], 1984). La literatura indica que aplicaciones repetidas de compuestos de calcio favorecen el desarrollo de suelos

supresivos, los cuales inhiben el desarrollo de la enfermedad. Por ejemplo, los fertilizantes de cianamida cálcica estimulan el desarrollo de microorganismos del suelo que son antagónicos a *P. brassicae* (Dixon, 2012).

Se sabe que el boro tiene un efecto similar pero más intenso que el calcio. Las concentraciones elevadas de este elemento se asocian con reducción de la fase secundaria del ciclo de vida de *P. brassicae* y disminución en la expresión de síntomas de la enfermedad. Aplicado en dosis de 20 a 30 ppm, el boro reduce la tasa de maduración de plasmodios primarios y además disminuye la expresión de los síntomas (Webster & Dixon, 1991). La literatura reporta que, en ausencia de boro, se suprime el efecto inhibitorio del calcio sobre la infección de pelos radicales. Una de las fuentes de boro con efecto demostrado en la reducción de la enfermedad es el tetraborato de sodio (Dixon & Wilson, 1984). El impacto del boro en la supresión de las infecciones primaria y secundaria y por tanto en la reducción de la intensidad de los síntomas se relaciona con la disminución de la división nuclear y con la alteración de la estructura y permeabilidad de las células de *P. brassicae*. En ese sentido, se sugiere aumentar los contenidos de boro en la rizosfera antes de establecer cultivos susceptibles en campos infestados, para reducir la penetración y colonización de pelos radicales por parte del patógeno (Webster & Dixon, 1991).

Las formas de nitrógeno presentes en el suelo en ocasiones determinan el éxito o falla de la interacción hospedero-patógeno. Page (2001) demostró que una combinación de calcio y nitrógeno en forma de nitrato es antagónica del crecimiento y la

reproducción de *P. brassicae*. En contraste, el nitrógeno amoniacal favorece el ciclo del patógeno. La adición de nitrato estimula los aminoácidos libres de las células, y si se estimulan la arginina o las histonas ricas, puede ocurrir represión de las ARN-polimerasas, lo que afecta la expresión de genes de patogénesis de *P. brassicae*, dado que los sitios de las enzimas se saturan con la consecuente inhibición del sustrato o producto y, por tanto, los motivos de los aminoácidos se desvían hacia la formación de un ambiente inhibitorio del patógeno.

Además, diversos estudios han demostrado que los suelos deficientes de potasio tienen una reducción de la enfermedad de hasta 60 %, y esto sugiere que el potasio es necesario para el crecimiento de *P. brassicae*, lo mismo que para el huésped (Gallegly & Walker, 1949). Los diferentes estudios aportan evidencia de que el calcio, el boro y el nitrógeno en forma de nitrato actúan de manera sinérgica y tienen efectos supresivos sobre el patógeno, lo que constituye una base científica para la práctica de encalado a largo plazo, a fin de cambiar la química del suelo (reducir la concentración del ion de hidrógeno e incrementar las cantidades de calcio y otros elementos en la rizosfera) (Dixon, 2014).

Rotación de cultivos

Lo usual es considerar la rotación de cultivos como la medida más simple y efectiva para el manejo de la enfermedad. Sin embargo, esta estrategia a veces no es práctica debido a que las esporas de reposo de *P. brassicae* pueden permanecer viables en el suelo hasta por 20 años. La vida media de estas esporas es de 3,6 años y, por lo tanto, en suelos con alta concentración de

inóculo, las rotaciones de cultivos extremadamente largas son importantes para reducirlo por debajo de los umbrales que causan enfermedad. Un periodo de cinco años de barbecho continuo o de cultivo con rábano resistente a la hernia de las crucíferas dio como resultado un decrecimiento significativo de la viabilidad de las esporas de reposo (Wallenhammar, 1996). Las poblaciones de *P. brassicae* se reducen sobre todo con rotación de cultivos de maíz, espinaca, papa, fresa y cebolla (Ikegami, 1985; Yamada et al., 2003).

Cultivos trampa, remoción de plantas enfermas y de residuos de cosecha

Algunas especies vegetales como el rábano (*Raphanus sativus*) estimulan la germinación de esporas de reposo, la colonización de infección secundaria de raíces y los síntomas de la enfermedad. Es probable que esto se deba a que el hospedero proporciona fuentes de energía para germinación y colonización, pero no un ambiente interno óptimo para el crecimiento y reproducción del estado secundario de *P. brassicae* (Murakami et al., 2000). Así, la siembra de rábano por un periodo de tiempo prolongado ayudaría a bajar la presión del inóculo en predios altamente infestados.

Las raíces de crucíferas con agallas en un nivel relativamente bajo (índice de enfermedad 20) pueden liberar 1×10^5 esporas de reposo por gramo de suelo, con el potencial de causar una alta severidad de la patología bajo condiciones favorables (Murakami et al., 2004). Por esta razón, la remoción de plantas enfermas es una adecuada estrategia para manejar nuevos brotes de la enfermedad (Murakami et al., 2002).

Control físico

Aunque existe poca investigación sobre el efecto del compostaje en la inactivación de estructuras de *P. brassicae*, se sabe que la temperatura y la humedad son importantes para la erradicación exitosa de las esporas de reposo en residuos compostados (Fayolle et al., 2006; Noble & Roberts, 2004). Suspensiones acuosas de esporas de reposo, expuestas a siete temperaturas (40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 °C) por varios periodos de tiempo (de 30 minutos a 72 h) e inoculadas posteriormente en plántulas susceptibles de canola, mostraron que

todos los tratamientos reducen la infección en una proporción directa al tiempo de exposición, con una mayor reducción a los 30 minutos de exposición a 80, 90 y 100 °C. A temperaturas de 40 y 50 °C, por un periodo de 48 h, las esporas de reposo permanecieron infectivas (Saharan et al., 2021). En condiciones de bioensayo, se han logrado inactivaciones térmicas significativas de estas esporas mediante solarización y durante mínimo cuatro semanas en los primeros 10 cm del suelo (Forter & Merriman, 1985).

Control biológico

Existe una relación entre *P. brassicae*, la fauna del suelo, y su macro- y microflora. En los estados primarios y secundarios de la infección, las zoosporas nadan libremente y se exponen a predación por parte de organismos habitantes del suelo. Suelos supresivos de *P. brassicae* guardan relación con microflora saprofítica (Alabouvette et al., 1996). Incorporar al suelo enmiendas orgánicas e inorgánicas que estimulen la microflora tiene un efecto significativo sobre la supervivencia del patógeno. Está demostrado que bacterias como *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. afectan negativamente el crecimiento de *P. brassicae* (Einhorn et al., 1991).

Debido a que las paredes de las esporas de reposo contienen quitina, se ha sugerido usar bacterias quitinolíticas como potenciales antagonistas para la reducción del inóculo de *P. brassicae* (Chitin against clubroot, 2008). Existe evidencia de la supresión de este patógeno en cultivos de

crucíferas con presencia de hongos endófitos como *Heteroconium chaetospora*, incluso en suelos con condiciones físicas, humedad y pH favorables para el desarrollo de la enfermedad (Narisawa et al., 2005). Se ha evidenciado que las hifas de este hongo llegan a colonizar las raíces de las crucíferas, pero se necesitan estudios de interacción del hongo con el hospedero y el patógeno (Yonezawa et al., 2004). Otros miembros de la microflora del suelo como *Trichoderma* spp. y *Gliocladium catenulatum* han sido reportados como reductores de la actividad de *P. brassicae* (Yeoung et al., 2003).

Algunos autores también sugieren que plantas aromáticas como menta (*Mentha piperita*), albahaca (*Ocimum basilicum*), bardana (*Arctium minus*), cebolla (*Allium fistulosum*) y perejil (*Petroselinum crispum*) mitigan la severidad de la hernia de las crucíferas (Hasse et al., 2007).

Control químico

Dado que *P. brassicae* pasa la mayor parte de su ciclo de vida en el interior de la planta, los agroquímicos empleados para el control de la enfermedad en lo posible deben ser de acción sistémica, capaces de trasladarse vía xilema a través de las raíces del hospedero y moverse dentro de las células corticales. Además, otras moléculas deben tener la capacidad de moverse corriente abajo vía floema desde el follaje hasta el sistema de raíces después de su aplicación foliar. Varios fungicidas aplicados en *drench*, surfactantes y fumigantes del suelo, controlan la hernia mediante inhibición de la germinación de esporas de reposo y supresión de las infecciones de pelos radicales y corticales.

Fungicidas como fluazinam y ciazofamid, considerados de riesgo reducido, son muy efectivos contra *P. brassicae* en varias crucíferas cultivables. Otro producto que controla la hernia es el pentanitroclorobenceno, aplicado al suelo en *drench*. Se han evaluado diferentes fungicidas para controlar la hernia en canola con tratamiento de la semilla (Rod, 1992). Los más eficientes en condiciones de invernadero son azoxistrobina, tiametoxam + difenocnazol + metalaxil + fludioxonil, clotianidina + carbatiína + trifloxistrobina + metalaxil, carbatiína + tiram y flusulfamida (Hwang et al., 2011).

Conclusiones

La sintomatología asociada a cultivos de repollo, brócoli y coliflor en Gualmatán corresponde a la enfermedad denominada *hernia de las crucíferas*, causada por el patógeno protista *P. brassicae*. En este corregimiento del departamento de Nariño, la patología se encuentra ampliamente distribuida y es motivo de preocupación su potencial dispersión a predios y corregimientos libres, debido a las prácticas que favorecen su diseminación y a la capacidad del patógeno de inhabilitar los suelos para la producción de crucíferas (esto último se debe a las esporas de reposo, que pueden sobrevivir en lotes infestados hasta por dos décadas). Es necesario ampliar el conocimiento de la biología y epidemiología de *P. brassicae* para diseñar

estrategias eficientes que permitan manejar la enfermedad.

Diferentes estrategias de manejo han demostrado su eficiencia en cultivos de crucíferas, y se deben validar e implementar bajo las condiciones de Nariño mediante esfuerzos interinstitucionales. En ese sentido, a través del proyecto mencionado arriba, AGROSAVIA adelanta una serie de experimentos en condiciones semicontroladas y de campo, que incluyen tratamientos de control genético, biológico y químico. Se espera divulgar en el corto plazo los resultados de estos procesos de investigación y de manera simultánea aportar a la recuperación de la producción de crucíferas en Nariño con un manejo integrado de la enfermedad.

Referencias

- Agricultural Development and Advisory Service [ADAS]. (1984). *Clubroot leaflet 10276*. Her Majesty's Stationery Office.
- Alabouvette, C., Lemanceau, P., & Steinberg, C. (1996). Biological control of *Fusarium* wilts: Opportunities for developing a commercial product. In R. Hall (Ed.), *Principles and practice of managing soilborne plant pathogens* (pp. 192-212). American Phytopathological Press.
- Anderson, A. (1855). Report on the disease of finger and toe in turnips. *Transactions of the Highland and Agricultural Society of Scotland*, 6(3), 118-140.
- Bailey, L. H. (1961). *Manual of cultivated plants*. The Macmillan Company.
- Botero-Ramírez, A., Gómez, I., Benítez, É., & García, C. (2015). Liming with dolomite reduces the efficacy of the biocontrol fungus *Trichoderma koningiopsis* against cabbage clubroot. *Agronomía Colombiana*, 33(1), 49-57. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n1.46759>
- Canola Council of Canada. (2011). *The history of canola*. <http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/the-history-of-canola/>
- Castillo, J. A., & Guerrero, O. (2008). Efecto de controladores biológicos sobre la hernia de las crucíferas en Tabio, Cundinamarca. *Inventum*, 3(5), 30-40. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.3.5.2008.30-40>
- Chiang, M. S., & Crête, R. (1983). Transfer of resistance to race 2 of *Plasmodiophora brassicae* from *Brassica napus* to cabbage (*B. oleracea* spp. *capitata*). V. The inheritance of resistance. *Euphytica*, 32, 479-483. <https://doi.org/10.1007/BF00021458>
- Chitin against clubroot. (2008). *Gemuse*, 44(2), 26-27.
- Crutel, I. R., Gray, A. R., Crisp, P., & Buczacki, S. T. (1980). Variation in *Plasmodiophora brassicae* and resistance to clubroot disease in Brassicas and allied crops: A critical review. *Plant Breeding Abstracts*, 50, 91-104.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2022). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA): serie histórica por departamento cultivos transitorios (2012-II semestre 2019)*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>
- Diederichsen, E., & Sacristan, M. D. (1996). Disease response of resynthesized *Brassica napus* L. lines carrying different combinations of resistance to *Plasmodiophora brassicae* Wor. *Plant Breeding*, 115(1), 5-10. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1996.tb00862.x>
- Dixon, G. R. (2002). Interactions of soil nutrient environment, pathogenesis and host resistance. *Plant Protection Science*, 38(10), 87-94. <https://doi.org/10.17221/10326-PPS>
- Dixon, G. R. (2009). *Plasmodiophora brassicae* in its environment. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 212-228. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9098-3>
- Dixon, G. R. (2012). Calcium cyanamide: A synoptic review of an environmentally benign fertiliser which enhances soil health. *ISHS Acta Horticulturae*, 938, 211-217. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.938.27>
- Dixon, G. R. (2014). Clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin): An agricultural and biological challenge worldwide. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36(Suppl 1), 5-18. <https://doi.org/10.1080/07060661.2013.875487>
- Dixon, G. R., & Tilston, E. L. (2010). Soil-borne pathogens and their interactions with the soil environment. In *Soil microbiology and sustainable crop production* (pp. 197-271). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9479-7_6

- Dixon, G. R., & Wilson, F. (1984). Field evaluation of WL 105 305 (NK 483) for control of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*). Tests Agrochemicals and Cultivars n.º 5. *Annals of Applied Biology*, 104, 34-35.
- Donald, E. C., Jaudzems, G., & Porter, I. J. (2008). Pathology of cortical invasion by *Plasmodiophora brassicae* in clubroot resistant and susceptible *Brassica oleracea* hosts. *Plant Pathology*, 57(2), 201-209. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01765.x>
- Einhorn, G., Bochow, H., Huber, J., & Krebs, B. (1991). Methodological studies to detect anatoxins of the clubroot pathogen, *Plasmodiophora brassicae* Worn. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 27, 205-208. <https://doi.org/10.1080/03235409109439070>
- Ellis, W. (2018). *The modern husbandman, or, the practice of farming* (Vol. 4). Gale ECCO. (Obra original publicada en 1742).
- Fayolle L., Noble, R., Coventry, E., Aime, S., & Alabouvette, C. (2006). Eradication of *Plasmodiophora brassicae* during composting of wastes. *Plant Pathology*, 55(4), 553-558. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01399.x>
- Forero de La-Rotta, M. C. (2001). Hernia de las crucíferas. En *Hortalizas, plagas y enfermedades* (pp. 126-130). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17824>
- Forster, I. J., & Merriman, P. R. (1985). Evaluation of soil solarization for control of root diseases of row crops in Victoria. *Plant Pathology*, 34(1), 108-118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1985.tb02767.x>
- Gallegly, M. E., & Walker, J. C. (1949). Plant nutrition in relation to disease development. V. Bacterial wilt of tomato. *American Journal of Botany*, 36(8), 613-623. <https://doi.org/10.2307/2437805>
- Gossen, B. D., Kasinathan, H., Cao, T., Manolii, V. P., Strelkov, S. E., Hwang, S. F., & McDonald, M. R. (2013). Influence of pH and temperature on infection and symptom development of clubroot in canola. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 35(3), 294-303. <https://doi.org/10.1080/07060661.2013.804882>
- Government of Alberta. (2010). *Alberta clubroot management committee (acmc)*. <https://www.alberta.ca/alberta-clubroot-management-plan.aspx>
- Hasse, I., May-De Mio, L. L., & Costa Lima Neto, V. (2007). The effect of pre-plantation with medicinal plants in the *Plasmodiophora brassicae* control. *Summa Phytopathologica*, 33(1), 74-79. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000100011>
- Howard, R. J., Strelkov, S. E., & Harding, M. W. (2010). Clubroot of cruciferous crops - new perspectives on an old disease. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 32(1), 43-57. <https://doi.org/10.1080/07060661003621761>
- Hwang, S. F., Ahmed, H. U., Zhou, Q., Strelkov, S. E., Gossen, B. D., Peng, G., & Turnbull, G. D. (2011). Influence of cultivar resistance and inoculum density on root hair infection of canola (*Brassica napus*) by *Plasmodiophora brassicae*. *Plant Pathology*, 60(5), 820-829. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02457.x>
- Hwang, S. F., Howard, R. J., Strelkov, S. E., Gossen, B. D., & Peng, G. (2014). Management of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) on canola (*Brassica napus*) in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36(S1), 49-65. <https://doi.org/10.1080/07060661.2013.863806>
- Hwang, S. F., Strelkov, S. E., Gossen, B. D., Turnbull, G. D., Ahmed, H. U., & Manolii, V. P. (2011). Soil treatments and amendments for amelioration of clubroot of canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 91, 999-1010. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-028>
- Ikegami, H. (1985). Disease of clubroot fungus by cultivation of different crops in heavily infested soil. *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, Gifu University*, 50, 19-32.

- Kageyama, K., & Asano, T. (2009). Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 203-211. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9101-z>
- Kuginuki, Y., Hiroaki, Y., & Hirai, M. (1999). Variation in virulence of *Plasmodiophora brassicae* in Japan tested with clubroot-resistant cultivars of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *European Journal of Plant Pathology*, 105, 327-332. <https://doi.org/10.1023/A:1008705413127>
- McDonald, M. R., Kornatowski, B., & McKeown, A. W. (2004). Management of clubroot in Asian brassica crops grown on organic soils. *ISHS Acta Horticulturae*, 635, 25-30. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.635.3>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2022). *Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo (repollo, brócoli y coliflor) en el departamento de Nariño*. Biblioteca Digital Agronet. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Murakami, H., Tsushima, S., Akimoto, T., Kuoryanagi, Y., & Shishido, Y. (2004). Quantitative studies on the relationship between plowing into soil of clubbed roots of preceding crops caused by *Plasmodiophora brassicae* and disease severity in succeeding crops. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(8), 1307-1311. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408609>
- Murakami, H., Tsushima, S., & Shishido, Y. (2000). Soil suppressiveness to clubroot disease of Chinese cabbage caused by *Plasmodiophora brassicae*. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(11-12), 1637-1642. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00079-1)
- Murakami, H., Tsushima, S., & Shishido, Y. (2002). Factors affecting the pattern of dose response curve of clubroot disease caused by *Plasmodiophora brassicae*. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48(3), 421-427. <https://doi.org/10.1080/00380768.2002.10409220>
- Narisawa, K., Shimura, M., Usuki, F., Fukuhara, S., & Hashiba, T. (2005). Effects of pathogen density, soil moisture, and soil pH on biological control of clubroot in Chinese cabbage by *Heteroconium chaetospora*. *Plant Disease*, 89(3), 285-290. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0285>
- Niwa, R., Nomura, Y., Osaki, M., & Ezawa, T. (2008). Suppression of clubroot disease under neutral pH caused by inhibition of spore germination of *Plasmodiophora brassicae* in the rhizosphere. *Plant Pathology*, 57(3), 445-452. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01817.x>
- Noble, R., & Roberts, S. J. (2004). Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: A review. *Plant Pathology*, 53(5), 548-568. <https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.01059.x>
- Osozawa, S., Iwama, H., & Kubota, T. (1994). Effect of soil aeration on the occurrence of clubroot disease of crucifers. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40(3), 445-455. <https://doi.org/10.1080/00380768.1994.10413322>
- Padilla-Huertas, F. L. (2020). *Caracterización de los factores de riesgo asociados a la hernia de las crucíferas en los sistemas de producción de hortalizas en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá]. Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76116?locale-attribute=en>
- Page, L. V. (2001). Studies of components for a potential integrated control system for *Plasmodiophora brassicae* [PhD thesis]. University of Strathclyde, Glasgow.
- Rashid, A., Ahmed, H. U., Xiao, Q., Hwang, S. F., & Strelkov, S. E. (2013). Effects of root exudates and pH on *Plasmodiophora brassicae* resting spore germination and infection of canola (*Brassica napus* L.) root hairs. *Crop Protection*, 48, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.cpro.2012.11.025>
- Rocherieux, J., Glory, P., Giboulot, A., Boury, S., Barbeyron, G., Thomas, G., & Manzaneres-Dau-leux, M. J. (2004). Isolate-specific and broad-spectrum QTLs are involved in the control of

- clubroot in *Brassica oleracea*. *Theoretical and Applied Genetics*, 108, 1555-1563. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1580-x>
- Rod, J. (1992). The effect of seed treatment on clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Worn.) incidence. *Ochrana Rostlin*, 28, 17.
- Russell, R. (1859). The cause of finger and toe in turnips. *Journal of Agriculture and Forestry*, 9, 529-544.
- Saharan, G. S., Mehta, N. K., & Meena, P. D. (2021). *Clubroot disease of crucifers: Biology, ecology and disease management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-2133-8>
- Somerville, W. (1895). Further infection experiments with finger and toe. *Journal of the Royal Agricultural Society*, 6, 749-759.
- Strehlow, B., De Mol, F., & Struck, C. (2015). Risk potential of clubroot disease on winter oilseed rape. *Plant Disease*, 99(5), 667-675. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-14-0482-RE>
- Strelkov, S. E., & Hwang, S. F. (2014). Clubroot in the Canadian canola crop: 10 years into the outbreak. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36(S1), 27-36. <https://doi.org/10.1080/07060661.2013.863807>
- Tanaka, S., Mido, H., & Ito, S. (2006). Colonization by two isolates of *Plasmodiophora brassicae* with differing pathogenicity on a clubroot-resistant cultivar of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*). *Journal of General Plant Pathology*, 72, 205-209. <https://doi.org/10.1007/s10327-006-0276-x>
- Torres Torres, E. (1972). Reacción de algunas crucíferas al ataque de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en Manizales, Colombia. *Acta Agronómica*, 22(3-4), 185-207. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48477
- Velandia, J., Galindo, R. P., & Ávila de Moreno, C. (1998). Poultry manure evaluation in the control of *Plasmodiophora brassicae* in cabbage. *Agronomía Colombiana*, 15(1), 1-6. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21488>
- Voorrips, R. E. (1996). Production, characterization and interaction of single-spore isolates of *Plasmodiophora brassicae*. *European Journal of Plant Pathology*, 102, 377-383. <https://doi.org/10.1007/BF01878132>
- Voorrips, R. E., Jongerius, M. C., & Kanne, H. J. (1997). Mapping of two genes for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in a population of doubled haploid lines of *Brassica oleracea* by means of RFLP and AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 94, 75-82. <https://doi.org/10.1007/s001220050384>
- Wallenhammar, A. C. (1996). Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oil seed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. *Plant Pathology*, 45(4), 710-719. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1996.d01-173.x>
- Wallenhammar, A. C., Almquist, C., Schwelm, A., Roos, J., Marzec-Schmidt, K., Jonsson, A., & Dixelius, C. (2014). Clubroot, a persistent threat to Swedish oilseed rape production. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36(S1), 135-141. <https://doi.org/10.1080/07060661.2013.870606>
- Webster, M. A., & Dixon, G. R. (1991). Calcium, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. *Mycological Research*, 95(1), 64-73. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)81362-2](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81362-2)
- Williams, P. H., & McNabola, S. S. (1967). Fine structure of *Plasmodiophora brassicae* in sporogenesis. *Canadian Journal of Botany*, 45(9), 1665-1669. <https://doi.org/10.1139/b67-173>
- Yamada, M., Asandhi, A. A., & Purwati, E. (2003). Employing one-year rotations with three vegetable combinations to control clubroot damage in the West Java highlands. In Japan

International Research Center for Agricultural Sciences (Jircas) (Ed.), *Research highlights* (pp. 16-17). https://www.jircas.go.jp/en/publication/research_results/2002_08

Yeoung, Y. R., Kim, J. H., Kim, B. S., Young, J. J., & Yoon, C. S. (2003). Effects of beneficial antagonists *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp. and *Trichoderma* sp. on the control of clubroot of Chinese cabbage. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 21(3), 194-198.

Yonezawa, M., Usuki, F., Narisawa, K., Takahashi, J., & Hashiba, T. (2004). Anatomical study on the interaction between the root endophytic fungus *Heteroconium chaetospora* and Chinese cabbage. *Mycoscience*, 45(6), 367-371. <https://doi.org/10.1007/S10267-004-0201-0>

Yoshikawa, H. (1993). Studies on breeding of clubroot resistance in cole crops. *Bulletin of the National Research Institute*, 7, 1-165.

Capítulo 11. Reflexiones en torno a las necesidades de ciencia, tecnología e innovación para la agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC) de Nariño

Eliana Martínez Pachón

Dentro de la agroecología se debe tener un enfoque culturalmente aceptable, reconociendo los conocimientos y tradiciones de la comunidad campesina. Un programa nacional de agroecología debe promover, cuidar, proteger y conservar las semillas tanto nativas como criollas para garantizar la sustentabilidad de las biodiversidad agrícola y forestal de los diferentes territorios.

La producción agroecológica debe permitir combatir la pobreza y el hambre en la sociedad tanto rural como urbana, la agroecología en la producción alimentaria debe proporcionar otros servicios ambientales que el mercado no tiene en cuenta.

La agroecología debe fundamentar diferentes diseños de agroecosistemas diversificados acordes con las múltiples fragilidades de los territorios. En los ecosistemas frágiles andinos y de páramo, se debe enfocar a la preservación de su hábitat natural, ya que son reservorios de agua dulce que permiten la sostenibilidad humana, agrícola y pecuaria.

A corto plazo, debe lograrse calidad alimentaria y calidad ambiental, una agricultura sin el empleo de energías fósiles y promover otras fuentes de energía limpia que permitan un menor impacto al cambio climático. El Plan Nacional de Agroecología debe revalorizar la sabiduría y conocimientos tradicionales de los campesinos y acoplarse con una nueva forma de ciencia, nuevas formas de conocimiento, para lograr nuevos sistemas de valores hacia la sociedad y la naturaleza.

Los conocimientos de la memoria campesina no se miden ni se valoran por productos separados, ya que el enfoque campesino dentro de la naturaleza es integral y se mide por procesos.

La agroecología debe permitir potenciar la agrobiodiversidad para mejorar la calidad de vida de la sociedad urbana y rural. El Plan Nacional de Agroecología debe permitir movilizar esfuerzos dentro de la sociedad para lograr objetivos a corto plazo con enfoques interdisciplinarios en los cuales participen activamente la comunidad científica, los campesinos, la academia, entre otros

LUIS ALBERTO AZA

Líder campesino del departamento de Nariño

Introducción

El modelo de producción y consumo que caracteriza a la sociedad actual es insostenible, razón por la cual se postula que vivimos una crisis civilizatoria que se manifiesta en el cambio climático, la creciente desigualdad y la pandemia de COVID-19, entre otros aspectos. Ya desde la segunda mitad del siglo XX, se generaban alertas sobre la manera como los modelos de desarrollo basados en la industrialización y la modernización de la agricultura exacerbaban la crisis planetaria, con riesgo para la integridad de los ecosistemas y para la salud y el bienestar del planeta (Carson, 1962; Meadows et al., 1972; Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992; United Nations Secretary General & World Commission on Environment and Development, 1987). Las décadas de revolución verde no solo dejaron un planeta contaminado, con residuos químicos nocivos para la salud humana y la vida en general en la tierra, sino también sociedades consumistas, cuya esperanza de sostenibilidad se fundamenta en el desarrollo de nuevas tecnologías que modifiquen el ambiente y garanticen la creciente necesidad de alimentos y materias primas para la humanidad. Desafortunadamente, la tecnología no es suficiente para frenar la cascada de eventos catastróficos asociados a la ruptura de la integridad de los ecosistemas y su capacidad de responder a los cambios que la humanidad ha introducido en su afán de conseguir un desarrollo medido a través de la generación de riqueza y no de bienestar (en un sentido más amplio e incluyente).

El más reciente informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre el desarrollo sostenible señala que no será posible cumplir con las metas de la Agenda

2030 y discute el papel desempeñado por la ciencia para acabar con el hambre, hacer frente al cambio climático, reducir la desigualdad y acelerar los progresos hacia el logro de todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Grupo independiente de científicos designados por el secretario general de la ONU, 2019). El sector agroalimentario desempeña un importante papel en la crisis multidimensional que enfrenta el planeta. En efecto, se estima que es responsable de 31 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, las cuales son producidas por la actividad humana mediante la deforestación, la producción ganadera, la gestión de suelos y nutrientes, y la pérdida y desperdicio de alimentos. Por otra parte, la productividad agropecuaria no resuelve por sí sola el problema del hambre; las cifras más recientes al respecto indican que 15,5 millones de colombianos se encuentran en una situación de inseguridad alimentaria moderada y severa, debido a factores como pobreza monetaria, desempleo, informalidad, conflicto y violencia, desastres naturales, inflación, y la guerra en Ucrania (Programa Mundial de Alimentos [WFP], 2023).

En este contexto de crisis, urge encontrar, reconstruir y potencializar modelos de desarrollo que transformen la relación sociedad-naturaleza, de modo que se pase de un modelo extractivista a otro basado en un crecimiento enmarcado en los límites planetarios y orientado al cumplimiento de los ODS planteados en la Agenda 2030. La agroecología emerge en este contexto de crisis y se posiciona como un paradigma que ofrece rutas de innovación capaces de transformar los sistemas agroalimentarios en sistemas más sostenibles, basados en

la armonización de la producción y la conservación, la autonomía territorial, la relocalización, así como en la revalorización del conocimiento ancestral, tradicional y local.

Uno de los principales desafíos para el escalamiento de la agroecología es ampliar la reflexión sobre la importancia e impacto de nuestros hábitos como consumidores sobre el planeta y sobre las decisiones políticas en torno al desarrollo sostenible. Por esta razón, las transiciones agroecológicas no solo deben llevarse a cabo desde lo productivo y lo rural; también deben posicionarse en la construcción de puentes entre lo urbano y lo rural, entre el productor y el consumidor y entre el norte y el sur globales.

Con el ánimo de contribuir a identificar los aspectos que desde el sector de ciencia, tecnología e innovación (CTel) se pueden abordar para fomentar el escalamiento de la agroecología, este capítulo de reflexión final resume algunas líneas estratégicas de trabajo que se deberían abordar en el próximo quinquenio para facilitar las transiciones agroecológicas en el contexto de la ACFC de Nariño. Estas líneas de trabajo se identificaron mediante 24 talleres participativos con productores de la ACFC, en los que se evaluó el avance en la transición agroecológica y se reflexionó sobre los aspectos críticos para la sostenibilidad de su actividad productiva.

Necesidades de CTel para el fortalecimiento de la ACFC de Nariño

Con base en la discusión sobre los resultados de la aplicación del instrumento para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE), se identificaron las demandas de CTel de las organizaciones que participan en el proyecto de fortalecimiento de capacidades para la innovación de la ACFC de Nariño. La mayoría de recomendaciones resultantes constituyen un insumo para los formuladores de política pública, y son especialmente útiles para la construcción del Plan Nacional de Agroecología, el cual debe elaborarse en el presente periodo de gobierno (2022-2026).

Buena parte de estas demandas están relacionadas con mejorar la eficiencia productiva mediante prácticas agroecológicas innovadoras que permitan producir más con menos recursos externos (tabla 19). La diversificación es fundamental en las transiciones agroecológicas para garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición y, al mismo tiempo, para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales. La mayor parte de las demandas están relacionadas con el principio de diversidad y se agrupan en la tabla 20.

Tabla 19. Estrategia de mejora de la eficiencia productiva

▪ Sustituir insumos externos: preparación de abonos orgánicos y bioensayos (bioles, caldos sulfocálcicos, humus) para el manejo de la nutrición de los cultivos.
▪ Evaluar de biofertilizantes: microorganismos bioestimulantes, bacterias solubilizadoras de fosfatos, micorrizas, bacterias fijadoras de nitrógeno.
▪ Usar de biocontroladores y extractos vegetales para el control de plagas y enfermedades.
▪ Usar estrategias de diversificación del hábitat para el manejo de plagas y enfermedades: introducción de plantas trampa, plantas repelentes, plantas con flores.
▪ Planificar las siembras y escalonar la producción.
▪ Desarrollar productos derivados mediante transformación agroindustrial: elaboración de aceites esenciales, procesamiento de aromáticas, cosmética natural, elaboración de condimentos naturales y transformación de frutales y lácteos.
▪ Elaboración de concentrados para la alimentación animal a partir de la producción agrícola de la unidad productiva.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Estrategia de diversificación productiva

Diversificar los sistemas de producción con el fin de obtener una mayor oferta y variedad de alimentos y aportar a la garantía del derecho humano a la alimentación.
Diseñar arreglos productivos diversos como policultivos, asociados, intercalados y rotaciones.
Introducir especies adaptadas a condiciones locales: cúrcuma, jengibre, quinua, amaranto.
Establecer un vivero comunitario para propagación de especies nativas.
Recuperar, conservar y almacenar semillas nativas (variedades y razas locales, árboles nativos, vegetación).
Organizar jornadas de siembra de árboles.
Identificar especies nativas maderables y energéticas maderables que se puedan incluir en linderos, barreras, sombríos para cultivos y construcción de establos.
Establecer sistemas silvopastoriles.
Identificar y recuperar aromáticas nativas, con propagación y manejo agronómico de estas especies.
Promover la cría de especies menores para consumo y comercialización.
Hacer manejo genético de especies menores.
Integrar ovejas, apicultura y piscicultura a la producción pecuaria de la ACFC.
Aplicar medicina tradicional para sustitución de antibióticos y antiparasitarios en animales.
Diversificar las actividades productivas con servicios como el agroturismo.
Fomentar la producción de papas nativas.

Fuente: Elaboración propia

Otro grupo de demandas se relacionan con lograr una producción agrícola con menos costos económicos y ambientales, y considerada dentro del principio del reciclaje (tabla 21).

Crear sinergias entre los componentes de un agroecosistema potencia las principales

funciones de los sistemas alimentarios, lo que favorece la producción y múltiples servicios ecosistémicos. Las demandas de los productores de la ACFC de Nariño relacionadas con las sinergias se pueden agrupar en la tabla 22.

Tabla 21. Estrategia de reciclaje y aprovechamiento de residuos

▪ Evaluar reciclaje de subproductos animales y residuos vegetales (lombricultura, compostaje, pacas biodigestoras).
▪ Recolectar y disponer de manera segura los residuos contaminantes.
▪ Construir infraestructura para la cosecha y almacenamiento de agua.
▪ Recuperar, limpiar, preservar e intercambiar semillas nativas y materiales locales.
▪ Desarrollar escuelas campesinas para compartir conocimientos sobre bioinsumos y biopreparados.
▪ Analizar la viabilidad de diferentes energías renovables (bosques energéticos, paneles solares, biodigestores).
▪ Mejorar el manejo de aguas servidas.
▪ Sustituir el plástico de un solo uso y fomentar la transición a empaques reutilizables.
▪ Aprovechar residuos de manera integral (bioeconomía): elaboración de vinagres, plásticos biodegradables, etc.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Estrategia de construcción de sinergias

▪ Aumentar la integración agrícola-pecuaria mediante acciones como estas: 1) enriquecer las fincas con especies vegetales para la alimentación de cuyes y conejos; 2) establecer bancos de proteína para alimentación de cuyes; 3) elaborar bloques energéticos para cuyes, y 4) elaborar concentrados para especies menores, gallinas, cuyes y conejos.
▪ Implementar coberturas vivas y muertas para el cuidado del suelo.
▪ Establecer barreras vivas contenedoras y guachado para reducir la erosión en la producción de papa en zonas con pendientes moderadas o fuertes.
▪ Establecer abonos verdes como avena forrajera, trébol y alfalfa.
▪ Diversificar con plantas con flores para mejorar polinización y control biológico.
▪ Recuperar las praderas mediante la integración del pastoreo rotativo, ensilajes y uso de especies subsoladoras.

- Arborizar las fincas como método de protección y restauración de nacimientos de agua. Reforestar zonas de importancia ecológica (agua) y cercas vivas, e integrar frutales para mejorar la seguridad alimentaria.

Fuente: Elaboración propia

Para lograr una alimentación y una agricultura sostenibles, es necesario adoptar mecanismos de gobernanza responsables y eficaces a diferentes escalas (locales, regionales, nacionales). Los productores

campesinos de Nariño identificaron aspectos que deben fortalecerse relacionados con la gobernanza responsable del territorio (tabla 23).

Tabla 23. Estrategia de gobernanza territorial

- Fortalecer las capacidades organizativas de los productores de la ACFC, mediante la construcción de acuerdos y la creación de espacios para compartir.
- Recibir formación y acompañamiento en la exigibilidad de derechos de los campesinos e indígenas, y educar sobre los mecanismos de participación.
- Desarrollar la capacidad de autogestión del territorio: creación o fortalecimiento de organizaciones campesinas.
- Mejorar niveles de participación en la toma de decisiones e incidir en los espacios de decisiones político-territoriales.
- Mejorar el nivel de participación en la gobernanza del agua y la redistribución de esta entre usuarios del distrito de riego.
- Avanzar en los procesos de gobernanza de los recursos naturales comunes mediante la identificación y delimitación de áreas de importancia ecológica. Promover la construcción de acuerdos comunitarios para preservar estas zonas.
- Recibir apoyo institucional en la transición agroecológica.
- Mejorar canales de comunicación con las instituciones locales.
- Convertir las fincas en zonas de reserva de la sociedad civil.
- Recibir capacitación en resolución de conflictos socioambientales.
- Para el corregimiento de Gualmatán, en Pasto, promover la creación de un comité comunitario “antihermia de las crucíferas”, a fin de controlar la expansión de esta enfermedad.
- Crear habilidades para la negociación de productos: inglés, mercadeo, conocimiento del mercado.
- Crear capacidades para la gestión de la calidad dentro de las organizaciones.
- Gestionar recursos-participación en convocatorias (gestión de proyectos).

- Mejorar el acceso a la tierra.
- Revisar los aspectos legales para superar la estigmatización o prohibición que pesa sobre algunos alimentos tradicionales.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los principios de transición agroecológica, las economías circulares y solidarias que reconectan a productores y consumidores ofrecen soluciones innovadoras para vivir dentro de los límites de nuestro planeta y, al mismo tiempo,

afianzan las bases sociales para el desarrollo inclusivo y sostenible. En la ACFC de Nariño se identificaron algunas demandas relacionadas con la economía circular y solidaria (tabla 24).

Tabla 24. Estrategia de fomento de las economías campesinas y solidarias

- Diversificar los canales de comercialización de la producción. Implementar las ventas directas y más estrategias para la comercialización de productos de la ACFC en mercados campesinos y comunitarios.
- Implementar las compras colectivas.
- Recuperar la minga y la mano de obra cambiada para enfrentar la escasez de mano de obra.
- Desarrollar tecnologías para mejorar empaques, embalaje, transporte, presentación de productos.
- Incrementar la producción para el autoconsumo.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Capacitar en la transformación agroindustrial de productos perecederos con excedentes de producción como limón, naranja, banano, plátano, cebolla, repollo, acelga y aromáticas. Se incluyen productos como paprikra, productos deshidratados, conservas, harinas, productos de panificación a partir de harinas. Con las frutas se propone la elaboración de mermeladas, productos confitados y almíbar.
- Impulsar el agroturismo como un elemento que viabilice la organización comunitaria y potencialice servicios de turismo en la región.
- Explorar cadenas alternativas de comercialización con otros productos que no sean los típicos comerciales.
- Ampliar los fondos de ahorro de las cooperativas.
- Capacitar en gestión de proyectos para la financiación de la cooperativa.
- Estimar los costos de producción para generar planes que permitan mejorar la eficiencia.
- Estudiar la dinámica del mercado comunitario para planificar la producción. Desarrollar acuerdos de producción entre asociados.
- Gestionar y adecuar espacios permanentes para los mercados comunitarios.
- Realizar publicidad para el mercado comunitario de Guachucal. Desarrollar una estrategia comunicativa.

- Estudiar costos de producción, procesamiento y transporte de papas nativas.
- Elaborar artesanías (incluidas prendas tradicionales a partir del tejido de lana de oveja).

Fuente: Elaboración propia

La cocreación e intercambio de conocimientos es el motor de las innovaciones agrícolas. La capacidad de respuesta a los desafíos locales es mejor cuando las soluciones son creaciones conjuntas de los

actores territoriales con procesos participativos. Las demandas de los productores de la ACFC de Nariño relacionadas con la cocreación e intercambio de conocimientos se resumen en la tabla 25.

Tabla 25. Estrategia de cocreación e intercambio de conocimientos

- Fortalecer las plataformas para la difusión de conocimientos sobre la agroecología.
- Capacitar en agriculturas alternativas, manejo de cultivos, mercadeo de productos, formulación de proyectos y gestión de recursos.
- Fortalecer las capacidades de los productores para llevar a cabo procesos de trazabilidad y registro de costos de producción.
- Ampliar espacios de capacitación al interior de las organizaciones.
- Llevar a cabo jornadas de intercambio de conocimientos para el manejo de los sistemas productivos.
- Elaborar el calendario de los productos agropecuarios y el calendario lunar.
- Aprender haciendo sobre prácticas orgánicas en la producción.
- Impulsar el desarrollo profesional en la región mediante la creación de oportunidades de emprendimiento rural para jóvenes profesionales en el campo.
- Intercambiar conocimientos con otras experiencias de producción agroecológica e intereses relacionados.
- Reconocer la organización La Tulpa como un proceso importante en la agroecología colombiana.
- Propiciar espacios para el intercambio de semillas y conocimientos ancestrales.
- Consolidar espacios demostrativos para realizar capacitaciones sobre elaboración de abonos, compostaje, lombricultura y bioinsumos.
- Diseñar jardines de plantas nativas para dar a conocer la biodiversidad local y sus valores de uso.
- Diseñar y poner en marcha una estrategia de conservación y divulgación del conocimiento tradicional.

Fuente: Elaboración propia

La cultura y tradición alimentarias es otro principio de la agroecología, que contempla el apoyo a unas dietas saludables, diversificadas y culturalmente apropiadas. De esta forma se espera contribuir a la seguridad

alimentaria y la nutrición al tiempo que se mantiene la salud de los ecosistemas. Las demandas de los productores nariñenses relacionadas con este aspecto se resumen en la tabla 26.

Tabla 26. Estrategia de fomento a la cultura y la tradición alimentarias

▪ Educar en diversidad alimentaria y uso de variedades tradicionales.
▪ Estudiar las características y propiedades de las variedades tradicionales.
▪ Educar con orientación a la soberanía alimentaria.
▪ Desarrollar ferias de cultura alimentaria y alimentos tradicionales.
▪ Reivindicar prácticas culturales relacionadas con la preparación de alimentos tradicionales.
▪ Recuperar, sistematizar y valorizar los conocimientos locales asociados con la biodiversidad y la cultura alimentaria.
▪ Transformar y elaborar alimentos y bebidas tradicionales.
▪ Recuperar conocimientos sobre razas locales de cuyes, recetas tradicionales y usos medicinales.
▪ Fortalecer las prácticas culturales alrededor del patrimonio y el sistema agroalimentario tradicional.
▪ Desarrollar capacitaciones sobre seguridad alimentaria, nutrición, preparación de alimentos inocuos.
▪ Capacitar en preparación de proteínas vegetales.

Fuente: Elaboración propia

La *resiliencia*, definida como la capacidad de una organización, comunidad o sistema de recuperarse y reorganizarse luego de una crisis, es fundamental para lograr

sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. Las demandas identificadas por los productores en este sentido se indican en la tabla 27.

Tabla 27. Estrategia de aumento de la resiliencia

▪ Diversificar productos y servicios en la ACFC, a fin de mejorar y diversificar los ingresos de los productores.
▪ Fortalecer las organizaciones mediante un relacionamiento de sus integrantes basado en la confianza y la solidaridad, para fomentar estrategias como el ahorro comunitario, la minga y los intercambios.
▪ Capacitar en manejo de finanzas, formulación de proyectos, gestión de recursos y autogestión del territorio.

- Implementar acciones y construcción de infraestructura para adaptar la agricultura al cambio y la variabilidad climáticas y para mitigar sus efectos.
- Realizar pagos por servicios ecosistémicos.
- Fomentar iniciativas de emprendimiento comunitario en aviturismo y agroecoturismo.

Fuente: Elaboración propia

Por último, se identificaron dos demandas relacionadas con los valores humanos y sociales, las cuales incluyen estrategias para proteger y mejorar los medios de vida,

la equidad y el bienestar social, fundamentales para lograr sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles (tabla 28).

Tabla 28. Estrategia de formación en valores humanos y sociales

- Gestionar espacios para la participación de las juventudes en las organizaciones.
- Reconocer los derechos de propiedad intelectual comunitaria en relación con la agrobiodiversidad conservada por campesinos e indígenas en sus unidades productivas.

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones finales

Los productores de la ACFC de Nariño demandan una nueva forma de ciencia, con otras formas de conocimiento para lograr nuevos sistemas de valores que tengan a la sociedad y a la naturaleza como principio de las transformaciones de los sistemas agroalimentarios dirigidas a la sostenibilidad. El resumen presentado en este capítulo apenas recoge algunos de los elementos formulados por los grupos asociativos que participaron en el proyecto. Sin embargo, se necesita una consulta y un diálogo más

amplios con otros sectores de la sociedad para construir un plan de acción que fortalezca las capacidades de la ACFC en la región.

La inclusión social y productiva de las mujeres, los jóvenes y las minorías étnicas, aunque no aparece en las estrategias, se requiere sin duda como uno de los ejes centrales para la superación de la pobreza, el repoblamiento del sector rural y la construcción de estrategias de vida sostenibles en el campo nariñense.

Referencias

- Carson, R. (1962). *Silent spring*. Houghton Mifflin Company.
- Grupo independiente de científicos designados por el secretario general de las Naciones Unidas. (2019). *El futuro es ahora: la ciencia al servicio del desarrollo sostenible* [Informe final sobre el desarrollo sostenible 2019]. Organización de las Naciones Unidas (ONU). https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-07/26929Spanish1918563_S_GlobalSusDevReport2019.pdf
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. Fondo de Cultura Económica (FCE).
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo* [Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo]. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- Programa Mundial de Alimentos [WFP]. (2023). *Evaluación de seguridad alimentaria para población colombiana: resumen ejecutivo, Colombia, febrero 2023*. <https://reliefweb.int/report/colombia/evaluacion-de-seguridad-alimentaria-para-poblacion-colombiana-resumen-ejecutivo-colombia-febrero-2023>
- United Nations Secretary General & World Commission on Environment and Development. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future*. United Nations General Assembly. <https://digitallibrary.un.org/record/139811>

GERCA
GRUPO COMUNITARIO

Asociación Agroambiental
Corazón de María
Quilmanán - Pasto - Manabí

Asociación
CORAZÓN

2021

Asociación Agroambiental
Corazón de María
Quilmanán - Pasto - Manabí

¡Nuestros productos

ambiental.com

los cultivados con
ecológicos con
mujeres
matán.



REF. C. 3590



Los autores

Eliana Martínez Pachón

Correo: emartinezp@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5144-132X>

Doctora en Agroecología, Magíster en Ciencias Biológicas y Bióloga de Universidad Nacional de Colombia. Ha desarrollado investigaciones sobre los mecanismos que permiten a las comunidades rurales aumentar su resiliencia socioecológica. Estudia los factores ecológicos en los procesos de transformación de las prácticas de manejo agrícolas para lograr una agricultura más sostenible, que conserve la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Es investigadora en AGROSAVIA desde el año 2016 y desde allí desarrolla proyectos de fortalecimiento de capacidades con enfoque agroecológico para pequeños y medianos agricultores. Ha liderado el desarrollo de la metodología de Agrosavia para la conformación de sistemas territoriales de innovación "TISERE" (Territorios Innovadores y Socioecológicamente Resilientes) y el desarrollo de propuestas de investigación y desarrollo en Agroecología.

272

Donald Heberth Riascos-Ortiz

Correo: dhriascos@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0345-4609>

Doctor en Ciencias Agrarias, con énfasis en protección de cultivos, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca. Master en ciencias agrarias con énfasis en fitopatología, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Agrónomo, Universidad del Pacífico, Buenaventura, Valle del Cauca. Investigador en el área de fitopatología, con amplia experiencia en el diagnóstico y manejo de enfermedades de plantas causadas por hongos fitopatógenos y nematodos fitoparásitos. Desarrolla proyectos encaminados a la comprensión de la interacción planta-patógeno-ambiente para el diseño de planes de manejo

integrado de enfermedades. Su objetivo es contribuir a la reducción de pérdidas de producción agrícola causadas por patógenos de plantas.

Daniel F. Rojas-Tapias

Correo: dfrojas@agrosavia.co

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

Doctor en Microbiología de la Universidad de Cornell (NY, USA) con entrenamiento postdoctoral en el Instituto Broad del MIT y de Harvard University (MA, USA). Máster en Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes, y Microbiólogo Industrial y Matemático de la Pontificia Universidad Javeriana. Trabaja en los aspectos moleculares de la interacción planta - bacteria los cual estudia mediante el uso de herramientas de biología molecular, biología química, y bioinformática. También, trabaja en el aprovechamiento y caracterización de la diversidad microbiológica del suelo y de las plantas, y en su uso para la recuperación de suelos agrícolas.

Carlos Andrés Moreno Velandia

Correo: cmoreno@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8692-7613>

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de Colombia), MSc Biología Aplicada (Universidad Militar Nueva Granada), PhD Ciencias Agrarias – Fitopatología (Universidad Nacional de Colombia). Investigador en el área de control biológico de fitopatógenos. Con amplia experiencia en selección de microorganismos antagonistas, estudio de los modos de acción de los agentes de control biológico, pruebas de eficacia en condiciones controladas y de campo. Con interés en el estudio de los factores bióticos y abióticos que afectan el desempeño de los agentes de biocontrol, en el diseño de estrategias para aumentar la eficacia del control biológico de enfermedades, en la formación de futuras generaciones de investigadores y en la vinculación del conocimiento a los agricultores. El control biológico es una herramienta importante para ser implementada en el manejo integrado de enfermedades de las plantas cultivadas. Su uso permitirá disminuir la aplicación de fungicidas en los cultivos, reducir el desarrollo de resistencia de los fitopatógenos, la contaminación ambiental y las trazas de agroquímicos en los alimentos. El conocimiento de las interacciones antagonista – planta – fitopatógeno – ambiente permite generar estrategias para aumentar la eficacia del control biológico y para integrarlo de forma compatible con otras herramientas para el manejo de enfermedades en los cultivos.

Germán Estrada-Bonilla

Correo: gaestrada@agrosavia.co

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

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

Wilfrand Ferney Bejarano-Herrera

Correo: wbejarano@agrosavia.co

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

Doctor y Máster en Agronomía (Suelos y Nutrición de Plantas) de la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", de la Universidad de São Paulo, e Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia. Investigador en el área de suelos, nutrición vegetal y aguas en Agrosavia. Desarrolla proyectos en el área de fertilizantes y fertilización. Tiene experiencia en el manejo de la 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. Su objetivo es aumentar la productividad y calidad de los productos agropecuarios por medio de estrategias de fertilización integrada sostenibles con el medio ambiente y la sociedad.

Paola Zuluaga

Correo: azuluaga@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3003-4856>

Doctora en interacciones planta-microorganismo de la Universidad de Cornell (USA), Máster en Fitopatología de la Universidad de Cornell (USA) y Bióloga de la Universidad de los Andes (Colombia). Sus áreas de experiencia y conocimiento incluyen las interacciones

planta-microorganismo, fitopatología, epidemiología, genética (clásica, molecular y de poblaciones), biología del desarrollo (incluyendo las interacciones hospedero-oomicetos, hongos y bacterias), y manejo de enfermedades. En estos estudios ha utilizado herramientas moleculares como la genómica y transcriptómica. Los resultados de su investigación han contribuido a ampliar el conocimiento de cómo los patógenos manipulan la interacción con sus hospederos, y cómo los hospederos reaccionan frente a la infección del patógeno, permitiendo desarrollar estrategias de control de enfermedades. Su objetivo es desarrollar medidas de control de las enfermedades innovadoras, que sean sostenibles e inocuas.

Luis Felipe Rincón Manrique

Correo: lfrincon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6007-8334>

Doctor en Estudios Sociales Agrarios (Universidad Nacional de Córdoba- Argentina), Ingeniero Agrónomo (Universidad de Caldas- Colombia). Desarrolló estudios de Postdoctorado en Geografía Humana (Universidad Estadual Paulista – Brasil) e Investigador Visitantes en el International Institute of Social Studies -ISS (Erasmus University Rotterdam- Netherland). Ha realizado investigaciones y desarrollado trabajo de campo en comunidades rurales en Latinoamérica, Europa, África Subsahariana y Sudeste Asiático. Cuenta con trayectoria de investigación en los campos del Desarrollo Territorial Rural, Economía campesina, redes de comercialización y consumo, transdisciplinariedad y semillas. Cuenta con experiencia en estrategias de trabajo e investigación participativa con pobladores rurales. Integra redes de investigación a nivel nacional e internacional.

Alejandro Villabona Gelvez

Coreo: avillabona@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-1048-1046>

Microbiólogo y estudiante de maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes. Cuenta con experiencia en identificación molecular de fitopatógenos en cultivos de importancia agrícola en Colombia. Actualmente, profundiza en su interés por las interacciones

planta-patógeno al ser este el eje en el que se desenvuelve su proyecto de tesis en el posgrado.

Luis Fernando Valencia-Flórez

Correo: lfvalenciaf@udenar.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2364-8227>

Químico de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A., Bogotá, Colombia. Especialista en Gerencia de Proyectos de la Universidad del Cauca en 2016. Ha trabajado como investigador en diferentes proyectos con la Universidad de Nariño desde el año 2016. Gestor de proyectos y profesional de la química, con más de 15 años de experiencia en la industria privada, laboratorios de control de calidad, investigación y servicio público, desarrollando diversas actividades y proyectos. Emprendedor y fundador de una microempresa.

Diana Chaves Morillo

Correo: dmchavesm@udenar.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5524-274X>

Ingeniera Agroindustrial y Especialista en gestión integral de sistemas de calidad de la Universidad de Nariño, Magister en ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia y Auditor interno en sistemas de gestión integrados. Investigadora en áreas del sector alimentario, para el aprovechamiento de subproductos de diferentes cadenas productivas y valorización de productos agrícolas representativos de la región. Sus especialidades se dirigen hacia el diseño de productos alimentarios, gestión de sistemas de calidad, ciencia de color en alimentos, gestión de ingredientes amiláceos y análisis sensorial de alimentos.

Laura I. Latorre-Vásquez

Correo: lilatorrev@udenar.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6816-7793>

Ingeniera Agroindustrial y Magíster en Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, se desempeña en investigación desde 2012 y cuenta con más de ocho años de experiencia profesional en el sector. Los temas de su trabajo de investigación incluyen: Inactivación térmica de enzimas en jugo de fique, manejo postcosecha, caracterización físicoquímica y morfológica de productos perecederos, elaboración de

productos con generación de valor agregado. Ha desarrollado proyectos encaminados al aprovechamiento agroindustrial de frutas y hortalizas de la región.

Diego M. Trejo-Escobar

Correo: dmtrejo@udenar.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5651-8453>

Ingeniero Agroindustrial de la Universidad de Nariño y Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Investigador desde 2013 y cuenta con más de siete años de experiencia profesional en el sector alimentario. Las áreas de trabajo de investigación incluyen inactivación enzimática en hortalizas, tecnologías emergentes en la industrialización de papa, determinación de sustancias tóxicas en papa, desarrollo de productos con generación de valor agregado y proyectos encaminados al aprovechamiento agroindustrial de frutas y hortalizas de la región.

Lorena Dávila Mora

Correo: ldavila@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3516-481X>

Microbióloga egresada de la Universidad de los Andes, Máster en Ciencias Agrarias con énfasis en fitopatología de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en las áreas de ecología microbiana, control biológico e interacciones planta-patógeno. Experiencia en biología molecular, ensayos con microorganismos patógenos en laboratorio y bajo condiciones controladas en invernadero y microbiología tradicional con enfoque en investigación agrícola.

Carlos Alberto Marcillo Paguay

Correo: cmarcillo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9100-2463>

Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Nariño. Vinculado a AGROSAVIA como profesional de apoyo a la investigación en el centro de investigación Obonuco, con experiencia en investigación en hortalizas y tubérculos y, asistencia técnica en diversos cultivos de clima frío, frío moderado y medio del departamento de Nariño. Tiene conocimientos en fitotecnia y sistemas de producción de semilla de papa.

Diego Leonardo Cortés Delgadillo

Correo: dlcortes@agrosavia.co

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

Ingeniero Agrícola y magíster en Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia. Ha investigado sobre la evaluación y predicción de atributos hidrofísicos del suelo mediante geoestadística funcional. Cuenta con experiencia en la coordinación de equipos de trabajo dedicados a la producción de cartografía temática y el desarrollo de proyectos relacionados con el levantamiento de suelos, análisis de capacidad agrológica, zonificación de tierras y la evaluación de variables agroclimáticas. Su enfoque principal es la investigación y aplicación de la cartografía digital de suelos y las tecnologías geoespaciales en la planificación y el manejo sostenible del territorio. En la actualidad, se desempeña como Investigador Máster en el Centro de Investigación Obonuco de Agrosavia. Desde esta posición, ha estado involucrado en procesos de fortalecimiento de capacidades de agricultores campesinos y jóvenes rurales, en iniciativas de transición agroecológica que promueven prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Jeisson Rodríguez-Valenzuela

Correo: jrodriguezv@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2186-8805>

Ingeniero agroforestal con maestría en silvicultura tropical (M.Sc. Tropical Forestry) de la Universidad Tecnológica de Dresden, Alemania (Technische Universität Dresden). Tiene gran experiencia en investigación y gestión de proyectos de manejo forestal sostenible, innovación agropecuaria, sistemas agroforestales, desarrollo rural, soluciones basadas en la naturaleza y cooperación internacional.

Eliana Gisela Revelo-Gómez

Correo: erevelo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3580-6859>

Profesional en Biología egresada de la Universidad de Nariño. Investigador en el área de microbiología agrícola con habilidades en el uso de herramientas de biología molecular para diagnóstico fitosanitario. Con experiencia en el estudio de patosistemas de cultivos altoandinos, manejo y uso de equipos de laboratorio de microbiología y biología molecular. Actualmente investigando sobre estrategias de manejo con

enfoque agroecológico de plagas y enfermedades en unidades productivas de agricultura campesina, familiar y comunitaria. Con interés en la investigación transdisciplinar y la implementación de sistemas territoriales de innovación, para apoyar y facilitar procesos de co innovación con pequeños productores.

Pedro Pablo Bacca Acosta

Correo: pbacca@agrosavia.co

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

Ingeniero Agroforestal egresado de la Universidad de Nariño, Magister en ingeniería Ambiental de la Universidad Mariana. Investigador en el área de sistemas agroforestales del pacífico como de la zona andina de Nariño. Tiene experiencia en el diseño e implementación participativa de sistemas silvoagrícolas y sistemas silvopastoriles. Su objetivo es investigar en las ciencias Agroforestales que permitan brindar una alternativa de manejo agropecuario pensando en las necesidades locales de la comunidad y manejo sostenible del medioambiente.

Daniel Ricardo Torres-Cuesta

Correo: dtorres@agrosavia.co

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

Master en Ciencias Agrarias con énfasis en suelos y aguas de la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero en Agroecología de la Universidad Minuto de Dios. Profesional de Apoyo a la Investigación en AGROSAVIA. Apoya proyectos en el área de suelo-microorganismo-planta-ambiente que buscan mejorar la eficiencia productiva de los cultivos y la calidad edáfica. Tiene experiencia en la evaluación agronómica de pastos y forrajes, recuperación de suelos y praderas degradadas, manejo de la fertilización integral en cultivos con el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por su sigla en inglés) y fuentes de fósforo de baja solubilidad.

Edwin Alirio Rodríguez Velasquez

Correo: earodriguez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3266-8171>

Ingeniero Agrónomo, Máster en ciencias agrarias con énfasis en fitopatología. He participado por más de 10 años en la formulación y ejecución de proyectos de investigación relacionados con la identificación y caracterización de hongos fitopatógenos, control biológico, detección

temprana de patógenos mediante técnicas moleculares, resistencia genética a enfermedades e interacción planta-patógeno en cultivos como cacao, uchuva, musáceas y hortalizas. Tengo particular interés en las enfermedades transmitidas por el suelo como las causadas por el grupo taxonómico FOSC (*Fusarium oxysporum* Species Complex) y *Plasmodiophora brassicae*.

Andrés Pacheco Jaimes

Correo: apachecojaimes@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-6207-0825>

Profesional en antropología de la Pontificia Universidad Javeriana, dedicado a la investigación social y la implementación de proyectos sociales en temas relacionados a la memoria y postconflicto, movimientos sociales, conflictos socioambientales, Seguridad y Soberanía Alimentaria; desarrollo rural y agroecología. De la misma forma, me he dedicado al trabajo con comunidades afrocolombianas del Caribe y el Pacífico, comunidades campesinas, indígenas y pueblo Rrom, encaminando el trabajo hacia la incidencia política a diferentes escalas dentro de los territorios

Nubia Esperanza Orozco

Nuesoo@gmail.com

Bióloga interesada en la conservación de los ecosistemas, con 16 años de experiencia profesional en diferentes áreas de la botánica, entre ellas ecología, la morfología y anatomía, taxonomía y propagación. Responsable durante 4 años de las colecciones vivas de helechos y licófitos del Jardín Botánico de Bogotá, posteriormente participó en numerosas caracterizaciones de flora, especialmente de epífitas vasculares, musgos, hepáticas y líquenes, y trabajó en la formulación de medidas de manejo ambiental; como parte de algunos procesos de restauración ecológica con participación comunitaria planteó el uso de los herbarios virtuales como herramienta de apropiación del conocimiento por parte de las comunidades y actualmente se desempeña en el seguimiento a la implementación adecuada de las medidas de manejo de proyectos que intervienen los ecosistemas naturales.

María Alejandra Cabrera Moncayo

Líder de la Estrategia de Comunicaciones ParqueSoft Nariño

Correo: mcabrera@psnar.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-7757-863X>

Candidata a Magister en Comunicación Transmedia de la Universidad Internacional La Rioja (España); Especialista Tecnológica en Comunicación Transmedia, Comunicadora Social - Periodista, egresada de la Universidad Mariana con estudios en transferencia de tecnología, y vigilancia de tecnológica de la Universidad de Alicante de España.

Gelber Orlando Morán Silva

Correo: director@psnar.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-6756-5041>

Candidato a Magíster en Transformación Digital de la Universidad Internacional La Rioja (España); Ingeniero de Sistemas, egresado de la Universidad de Nariño, con estudios en transferencia de tecnología, y vigilancia de tecnológica de la Universidad de Alicante de España, Formación en Gestión de la Innovación Empresarial de la Universidad de Salamanca de España.

Katherin Stephanie Torres Eraso

Correo: ktorres@psnar.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-8224-2545>

Socióloga Universidad de Nariño.

Francy Liliana García-Arias

Correo: flgarcia@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3112-9950>

Bióloga egresada de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Tunja, con Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Genética y Fitomejoramiento de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Ha trabajado en la inducción de poliploidías y caracterización morfológica, molecular y citogenética de germoplasma vegetal con el objetivo de identificar, seleccionar y avanzar materiales genéticos promisorios y adaptados a las condiciones edafoclimáticas del país. Como resultado de sus investigaciones ha logrado la identificación de genes asociados a calidad de fruta en uchuva mediante estudios de asociación del genoma completo (GWAS) y ha evaluado la expresión genes asociados a la resistencia de uchuva a *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (*Foph*) mediante la PCR en tiempo real.

Otro de sus enfoques es el desarrollo de variedades mediante mejoramiento genético convencional. En este punto, hizo parte del equipo obtentor de las variedades de uchuva: Corpoica Andina y Corpoica Dorada, y en la actualidad trabaja en el desarrollo de variedades de uchuva con resistencia a *Foph* e implementación de injertos como estrategia de manejo de la marchitez vascular. Recientemente, ha estado involucrada en proyectos relacionados con la búsqueda de alternativas de control de la hernia de las crucíferas causada por el patógeno biótrofo *Plasmodiophora brassicae* en brócoli y su cuantificación mediante PCR cuantitativa a partir de muestras de suelo.

Diego Fernando Mejía-España

Correo: diegomejiaes@udenar.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6707-5803>

Candidato a Doctor en Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño; Máster en Ciencias Agrarias e Ingeniero Agroindustrial de la misma Universidad. Investigador en el área de procesos agroindustriales. Coordinador y participante de diversos proyectos de investigación financiados por el SGR en procesamiento y postcosecha de frutas y hortalizas. Tiene experiencia en procesamiento de residuos vegetales.

Gissela Fernanda Guerrero Diaz

Correo: gfguerrero@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5596-1947>

Economista y especialista en Gerencia de proyectos de la Universidad de Nariño. Cuenta con experiencia en temas de desarrollo económico regional; bienestar y pobreza; y economía agraria y de los recursos naturales. Ha participado en proyectos de carácter ambiental, investigación socioeconómica y formulación y ejecución de proyectos productivos, entre algunos de ellos: evaluación de planes de desarrollo territoriales, estudios técnicos para la delimitación de páramos, estudios de satisfacción empresarial, estudios para la evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios, fortalecimiento organizacional en zonas rurales, participación en planes generales de asistencia técnica, entre otros. Desde el año 2019 se encuentra vinculada como profesional de apoyo a la investigación en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - agrosavia (vers).

Yaritza Galvis

Correo: ydgalvis@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2256-874X>

Geógrafa de la Universidad de Nariño. Desarrolla investigación asociada a la planificación ambiental y su influencia en el paisaje rural. Tiene experiencia en caracterización de predial y de paisaje asociado a la ACFC.

La pandemia COVID-19 afectó negativamente los sistemas agroalimentarios y expuso la vulnerabilidad de las poblaciones menos favorecidas en Colombia. Al mismo tiempo, esta crisis resaltó el papel de los campesinos en la seguridad alimentaria, quienes aportaron el 67% de los alimentos consumidos en el país.

En este contexto, el proyecto Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria del departamento de Nariño, desarrolló acciones tendientes a dinamizar la economía del territorio, aportar a la generación de empleo, a la producción de alimentos y a impulsar las transiciones agroecológicas. En esta obra se documentan las acciones dirigidas a incrementar las capacidades de los productores para enfrentarse, adaptarse y reorganizarse frente a los cambios en la producción y la logística de abastecimiento y distribución de alimentos en la Post-pandemia. Los lectores encontrarán aproximaciones metodológicas para el aumento de la eficiencia productiva con un enfoque agroecológico; la innovación para la transformación de productos agropecuarios en subproductos y la innovación en la logística de abastecimiento y distribución de alimentos.

Se espera que esta experiencia sea un referente para el momento histórico que vive Colombia, que contribuya al rediseño de la política pública en Agroecología y al fortalecimiento de la agricultura campesina, familiar y comunitaria en Colombia.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria