InvestiGO Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com
Octubre 2026
Vol. 7 No. 21, PP. 270-292
https://doi.org/10.56519/g0nvnz83

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE LAS ACTIVIDADES SOCIOPRODUCTIVAS EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS RURALES DE GUANUJO Y QUINDIGUA, ECUADOR

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND SOCIO-PRODUCTIVE ACTIVITIES IN RURAL AGRO-FOOD SYSTEMS OF GUANUJO AND QUINDIGUA, ECUADOR

Anabel Monar Verdezoto[1], Hernán Arturo Rojas Sánchez[2], Riveliño Ramón Curay[3], Angélica Tigre León[4], Cristina Oliva Puertas[5]

{mmonar@ueb.edu.ec[1], arojas@ueb.edu.ec[2], erivelino@ueb.edu.ec[3], rtigre@ueb.edu.ec[4], criselop@gmail.com[5]}

Fecha de recepción: 15/08/2026 / Fecha de aceptación: 08/10/2026 / Fecha de publicación: 14/10/2026

RESUMEN: La sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios en zonas rurales depende de las condiciones del entorno, así como de factores productivos y sociales que influyen en el uso de los recursos. El estudio tuvo como objetivo evaluar las condiciones ambientales y socioproductivas en Guanujo y Quindigua, provincias de Bolívar, Ecuador. Se realizó un estudio observacional, descriptivo y exploratorio que combinó análisis de calidad del agua, propiedades del suelo y percepciones sobre producción, acceso a recursos y soberanía alimentaria. El agua se analizó mediante indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos. En cada localidad se tomaron muestras en cuatro puntos diferentes para medir pH, conductividad, textura, materia orgánica (MO), nitrógeno (N), carbono (C), hidrógeno, azufre, y las relaciones C/N y C/H del suelo. El componente socioproductivo incluyó a cuatro personas de Guanujo y seis de Quindigua. Las muestras de agua mostraron variabilidad en sus propiedades fisicoquímicas, con presencia de coliformes totales y fecales. En dos de las cuatro muestras de Quindigua se detectó Giardia spp., mientras que Cryptosporidium spp. no se encontró en ninguna. En cuanto al suelo, los puntos de Quindigua tuvieron valores promedio más altos de materia orgánica (9,92 ± 2,08 %), carbono (5,57 ± 0,93 %) y nitrógeno (0,42 ± 0,03 %) comparados con los de Guanujo (3,70 ± 1,42 %, 2,29 ± 0,63 % y 0,23 ± 0,06 %, respectivamente).

[1]Carrera de Contabilidad y Auditoría en Línea, Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática; Universidad Estatal de Bolívar; CP: 020150. Guaranda, Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-7963-4636
[2]Carreras de Agroindustrias y Medicina Veterinaria; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente; Centro de Investigación en Microbiología Aplicada, Biotecnología y Fitoquímica (CIMABiF); Universidad Estatal de Bolívar; CP: 020150. Guaranda, Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-5357-1585
[3]Dirección Provincial del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Bolívar, Guaranda, Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-6079-3456
[4]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-2984-9457
[5]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0009-0006-8836-3755

Las encuestas revelaron un conocimiento limitado sobre soberanía alimentaria, así como percepciones de dificultades en el acceso a recursos y en el autoabastecimiento. La integración de los datos mostró perfiles ambientales y socioproductivos distintos entre ambas localidades, lo que proporciona una base para futuras investigaciones y para el manejo sostenible de los sistemas agroalimentarios en zonas andinas.

Palabras clave: Calidad del agua; componentes del suelo; soberanía alimentaria; sistemas agroalimentarios

ABSTRACT: The sustainability of agrifood systems in rural areas depends on environmental conditions, as well as productive and social factors influencing resource use. This study aimed to evaluate environmental and socio-productive conditions in Quindigua and Guanujo, in the Bolívar province of Ecuador. An observational, descriptive, and exploratory study was conducted, combining analyses of water quality and soil properties with assessments of perceptions regarding production, resource access, and food sovereignty. Water was analyzed using physicochemical, microbiological, and parasitological indicators. Samples were collected at four different points in each locality to measure pH, conductivity, texture, organic matter (OM), nitrogen (N), carbon (C), hydrogen, sulfur, and soil C/N and C/H ratios. The socio-productive component involved four individuals from Guanujo and six from Quindigua. Water samples showed variability in physicochemical properties, with the presence of total and fecal coliforms. *Giardia* spp. was detected in two of the four samples from Quindigua, whereas *Cryptosporidium* spp. was not found in any sample. Regarding soil, sampling points in Quindigua showed higher average values for organic matter (9.92 ± 2.08%), carbon (5.57 ± 0.93%), and nitrogen (0.42 ± 0.03%) compared to those in Guanujo (3.70 ± 1.42%, 2.29 ± 0.63%, and 0.23 ± 0.06%, respectively). Surveys revealed limited knowledge regarding food sovereignty, as well as perceptions of difficulties in accessing resources and achieving self-sufficiency. Data integration revealed distinct environmental and socio-productive profiles for the two localities, providing a basis for future research and the sustainable management of agrifood systems in Andean regions.

Keywords: Water quality; soil properties; agri-food systems; food sovereignty

INTRODUCCIÓN

El agua y el suelo son recursos naturales que están muy conectados y son vitales para el funcionamiento de los ecosistemas, la agricultura y el bienestar de las comunidades rurales. La calidad y el uso de ambos recursos dependen de procesos naturales y de acciones humanas que ocurren al mismo tiempo en el territorio (1, 2)**.** Las modificaciones en el uso de la tierra, las técnicas de cultivo y ganadería, la adición de materia orgánica y el agua que fluye por la superficie pueden alterar las propiedades del suelo. Al mismo tiempo, esto puede afectar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua (3). En consecuencia, analizar el agua y el suelo juntos ofrece una visión completa para entender cómo está el medio ambiente en las zonas rurales.

La calidad del agua se puede medir usando indicadores físicos, químicos y biológicos. Estos dan información adicional sobre el estado del agua. Algunas variables, como el pH, la conductividad eléctrica, los sólidos totales disueltos y la turbidez, ayudan a definir las propiedades fisicoquímicas del agua. Por otro lado, los compuestos nitrogenados y parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) muestran información sobre los nutrientes y la materia que pueden degradarse u oxidarse (4, 5). Sin embargo, la caracterización fisicoquímica sola puede ser insuficiente, especialmente en ambientes rurales donde las fuentes de agua están muy ligadas a las actividades agropecuarias y a los asentamientos humanos (6).

En este contexto, los indicadores microbiológicos y parasitológicos son importantes para evaluar la calidad del agua (6, 7). La presencia de coliformes totales y fecales suele evidenciar deterioro microbiológico y evidentemente posibles aportes de contaminación de origen fecal (8**)**. De forma complementaria, protozoarios como *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. son consideradas importantes, ya que se transmiten a través del agua y se mantienen en el ambiente (**9, 10).** Por lo tanto, incluir parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos ayuda a entender mejor la calidad del agua. Esta forma de análisis permite descubrir situaciones que podrían no verse si se examina solo un tipo de indicador.

El suelo es un elemento que cambia constantemente en los ecosistemas terrestres. Tiene funciones muy importantes, como almacenar y dar nutrientes, controlar el agua, ayudar en la producción de plantas, transformar la materia orgánica y participar en los ciclos biogeoquímicos. (11, 12). Su capacidad para desarrollar ciertas funciones depende de sus características físicas y químicas. Entre las propiedades que suelen usarse para conocerlas están el pH, la conductividad eléctrica, la textura y el contenido de materia orgánica. También se considera la concentración de elementos como el carbono, el nitrógeno, el hidrógeno y el azufre.

Dentro de estas propiedades, la materia orgánica es muy importante para el funcionamiento del suelo. Participa en la formación y estabilidad de los agregados, en la retención de agua, en el intercambio de nutrientes y en la actividad biológica. El carbono y el nitrógeno son componentes clave de esta parte del suelo. Relaciones como la proporción de carbono a nitrógeno aportan información adicional sobre la composición y el comportamiento de la materia orgánica (13). Esta variabilidad puede estar relacionada con condiciones ambientales, características del suelo, vegetación, uso del terreno y métodos de manejo. Por eso, analizar estas propiedades juntas ayuda a reconocer patrones del suelo que difícilmente se verían al estudiar una sola característica por separado.

La caracterización integrada de estos recursos es muy importante en los Andes ecuatorianos. En los Andes ecuatorianos, la heterogeneidad topográfica, la heterogeneidad climática y la heterogeneidad ambiental hacen que los sistemas edáficos y los sistemas hidrológicos cambien mucho de un lugar a otro (14). En los territorios rurales andinos, el agua y el suelo se encuentran, además, directamente relacionados con la agricultura y la ganadería y, en consecuencia, con la capacidad de los territorios para sostener la producción local de alimentos (15). La generación de información sobre la condición es un elemento necesario para establecer líneas base ambientales. Además, orienta las estrategias de manejo sostenible de los recursos naturales.

Sin embargo, la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios rurales no depende solo de la condición biofísica de los recursos naturales.

La capacidad de las comunidades para producir y acceder a alimentos también depende de las prácticas agrícolas, de la disponibilidad y del acceso efectivo a agua, tierra y semillas, de los costos de producción, de la incorporación de tecnologías, de la organización de los productores y del apoyo de instituciones públicas, académicas y comunitarias. (16, 17). Por esta razón, la evaluación conjunta de las condiciones ambientales y socioproductivas puede ofrecer una comprensión más amplia de los factores que condicionan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios rurales.

Esta perspectiva tiene que ver con la soberanía alimentaria. En este estudio, se entiende como un marco que conecta la capacidad de los territorios para producir alimentos localmente con el acceso y la gestión de los recursos productivos. También incluye la participación de las comunidades en sus sistemas agroalimentarios (18). La conservación de la calidad del agua y de las propiedades funcionales del suelo es una base biofísica necesaria para sostener la producción alimentaria, pero no es suficiente. Factores como el acceso a recursos productivos, la capacidad de autoabastecimiento, las prácticas agrícolas, la tecnología y la asociatividad complementan esta dimensión ambiental (18, 19, 20). En Ecuador, este enfoque es muy importante. Es importante porque el reconocimiento constitucional de la soberanía alimentaria es clave. También porque necesitamos promover sistemas productivos sostenibles. Los sistemas productivos sostenibles garantizan la conservación y disponibilidad de los recursos necesarios. Los recursos son esenciales para la producción agropecuaria.

En este escenario, las localidades de Quindigua y Guanujo están ubicadas en la provincia de Bolívar, en los Andes ecuatorianos. Quindigua y Guanujo son territorios rurales donde la agricultura depende fuertemente de los recursos naturales locales. La evaluación integrada de Quindigua y Guanujo permite considerar, por una parte, la condición del agua y del suelo. Por otra parte, considera las características socioproductivas relacionadas con la producción agrícola, el acceso a recursos, la seguridad y soberanía alimentaria, la adopción tecnológica y la organización comunitaria. (21).

Aunque estas dimensiones son importantes, la información que combina indicadores ambientales y socioproductivos a nivel local es escasa en los sistemas rurales de la provincia de Bolívar. La mayoría de las caracterizaciones ambientales se enfocan en partes concretas del agua o del suelo, mientras que las dimensiones sociales y productivas se estudian por separado. Integrar estas dimensiones puede ayudar a ver patrones territoriales que se parecen o que difieren, y a crear una línea base que sirva para planear futuras estrategias de manejo de recursos naturales y fortalecer los sistemas agroalimentarios. Pero cuando las evaluaciones ambientales y sociales se hacen en unidades de análisis distintas y en periodos de estudio diferentes, la integración debe tomarse como exploratoria, no como prueba de relaciones causales directas.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar integralmente las condiciones ambientales y socioproductivas de Guanujo y Quindigua, en los Andes ecuatorianos. Se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas, microbiológicas, así como parasitológicas del agua, análisis de las propiedades fisicoquímicas y elementales del suelo, y una evaluación exploratoria de

percepciones sobre producción agrícola, acceso a recursos productivos, seguridad y soberanía alimentaria, tecnología y asociatividad, a fin de identificar patrones territoriales y generar líneas base para los procesos de sostenibilidad agroalimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en las localidades de Guanujo y Quindigua, ubicadas en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador. Ambas localidades son zonas rurales andinas. En estas zonas, los recursos hídricos y los suelos tienen un papel clave. Gracias a esos recursos, las actividades agropecuarias y la producción local de alimentos son posibles.

En la caracterización socioproductiva, los participantes de Guanujo, los agricultores dijeron que cultivan papa y maíz, con trigo, cebada y otros cultivos. Además, usan diferentes formas de manejo agrícola En Quindigua los participantes dijeron que cultivan principalmente papa, maíz, trigo y cebada. También dijeron que usan rotación de cultivos y cultivos combinados.

Para la caracterización ambiental, se usaron dos matrices: agua y suelo. El muestreo se diseñó para medir la calidad del agua y las principales propiedades fisicoquímicas y elementales del suelo en las áreas estudiadas.

Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal y comparativo, con enfoque integrado orientado a factores ambientales y socioproductivos en las localidades de Guanujo y Quindigua.

El estudio tuvo dos componentes que se llevaron a cabo en diferentes momentos:

(i) una caracterización socioproductiva, realizada mediante encuestas en diciembre de 2025, que exploró aspectos relacionados con la producción agrícola, acceso a recursos productivos, seguridad alimentaria, soberanía alimentaria, adopción de tecnologías, asociatividad y percepción del apoyo institucional;

(ii) una caracterización ambiental, desarrollada en 2026, basada en el análisis de la calidad fisicoquímica, microbiológica y parasitológica del agua, así como de las propiedades fisicoquímicas y elementales del suelo.

Los dos componentes fueron analizados primero por separado y después combinados usando una comparación descriptiva entre localidades. Debido a las diferencias de tiempo entre ambas evaluaciones, al bajo número de observaciones y dado que las unidades de análisis ambientales y sociales eran distintas, la combinación fue exploratoria y se empleó para encontrar patrones que coincidían o que diferían entre localidades, sin establecer relaciones estadísticas ni causas entre las características ambientales y las percepciones socioproductivas.

Recolección y conservación de las muestras de agua.

Las muestras de agua se tomaron en la mañana en puntos elegidos de la Acequia Municipal de Guanujo y de Quindigua, usando recipientes plásticos preparados antes para cada tipo de análisis. En cada punto de muestreo se tomaron 1,5 L de agua para los análisis fisicoquímicos, 1 L para los análisis microbiológicos y 5 L para los análisis parasitológicos. Inmediatamente después de la toma, las muestras fueron identificadas y llevadas al laboratorio en contenedores térmicos, manteniendo una temperatura de 2–4 °C hasta su procesamiento en menos de 2 horas.

Análisis fisicoquímico del agua

La calidad fisicoquímica del agua se midió con pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, turbidez, nitritos, nitratos, DQO y DBO. El pH se midió con el método potenciométrico. La conductividad eléctrica se midió con conductimetría. Los sólidos totales disueltos se midieron con espectrofotometría. La turbidez se midió con nefelometría. Los nitritos y nitratos se midieron con espectrofotometría. La DQO y la DBO se midieron con los procedimientos del laboratorio. Estos datos describen la condición fisicoquímica y la carga de materia que puede oxidarse en las muestras de agua.

Análisis microbiológico del agua

La calidad microbiológica del agua se midió utilizando coliformes totales y coliformes fecales. Los dos grupos de bacterias se midieron con filtración por membrana. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias (UFC). Estos datos comparan los recuentos de indicadores microbiológicos entre los puntos evaluados.

Análisis parasitológico del agua

La identificación se realizó mediante microscopía y los resultados fueron registrados cualitativamente como presencia o ausencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y quistes de *Giardia* spp.

Recolección y preparación de las muestras de suelo

Se analizaron muestras de suelo procedentes de cuatro lugares en Acequia Municipal de Guanujo y otros cuatro en los puntos seleccionados en Quindigua. Las muestras se tomaron a una profundidad de 30 centímetros y se colocaron en recipientes plásticos para poder ser trasladadas a los Laboratorios de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

En cada muestra se evaluaron varios parámetros: pH, conductividad eléctrica, textura del suelo, materia orgánica, nitrógeno total, carbono total, hidrógeno total, azufre total, así como las relaciones C/N y C/H.

Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo

El pH del suelo se determinó mediante el uso de un potenciómetro. Para cada muestra se efectuaron mediciones analíticas por triplicado y se obtuvo el valor promedio correspondiente a cada punto de muestreo.

La conductividad eléctrica fue determinada mediante conductimetría y expresada en µS/cm, permitiendo caracterizar comparativamente el comportamiento iónico de las muestras de suelo de Guanujo y Quindigua.

Determinación de la textura del suelo

La composición textural del suelo se determinó con el método de Bouyoucos. Se midieron las proporciones porcentuales de arena, arcilla y limo. Con esas proporciones se clasificó la textura del suelo. Los resultados muestran, por ejemplo, suelos que se clasifican como arenosos-francos en Quindigua y suelos que se clasifican como franco-arenosos en varios puntos de Guanujo.

Determinación de materia orgánica

El contenido de materia orgánica (MO) se determinó con el método de Walkley y Black. Los resultados se expresaron en porcentaje (%). El contenido de materia orgánica (MO) se usó para comparar el contenido de materia orgánica (MO) del suelo entre los diferentes puntos de muestreo y localidades. Los datos originales muestran una variación considerable entre puntos, este aspecto se puede analizar después con estadística descriptiva y estadística multivariada.

Determinación de la composición elemental del suelo

El nitrógeno total se determinó mediante el método de combustión, al igual que el carbono total, hidrógeno total y azufre total. Los resultados fueron expresados como porcentaje de la muestra.

A partir de los valores obtenidos se calcularon las relaciones carbono/nitrógeno (C/N) y carbono/hidrógeno (C/H), utilizadas como indicadores complementarios de la composición de la materia orgánica presente en los suelos.

Componente socio-productivo y soberanía alimentaria

De manera complementaria a la caracterización ambiental, se creó un componente socioproductivo aplicando encuestas en las localidades de Quindigua y Guanujo durante diciembre de 2025. Para este análisis se tomaron seis encuestas de Quindigua y cuatro de Guanujo. Las encuestas fueron previamente validadas mediante juicio de tres expertos, con la finalidad de evaluar la pertinencia, coherencia, claridad y pertinencia de las preguntas con las dimensiones consideradas en el estudio.

La selección de las personas que participaron fue por conveniencia. Se buscó a productores que estuvieran relacionados con actividades agropecuarias en cada lugar.

El cuestionario tenía como objetivo obtener información sobre cómo los productores encuestados percibían la soberanía alimentaria, la producción de alimentos y el consumo, así como las formas de trabajo en la agricultura, los factores que dificultan la producción, el uso de agroquímicos, el acceso a recursos, la seguridad alimentaria, la asociación entre productores, la incorporación de tecnologías y, por supuesto, la participación de instituciones para fortalecer la producción local.

Como el número de personas que participaron en cada localidad fue pequeño y la muestra no representaba a toda la población, la información obtenida se usó para describir y explorar el contexto socioproductivo, y no para hacer una estimación de las características de todos los habitantes de Guanujo o Quindigua.

Instrumento y variables de la encuesta

La información socio-productiva se recogió con un cuestionario estructurado de 35 preguntas. El cuestionario contenía variables categóricas y de respuesta múltiple. Para analizar la información socio-productiva y combinarla con indicadores ambientales, las variables se organizaron en cinco dimensiones: soberanía alimentaria; producción y prácticas agrícolas; seguridad y acceso alimentario; recursos productivos y tecnología agrícola; y asociatividad y apoyo institucional.

La dimensión de soberanía alimentaria incluyó el conocimiento sobre la soberanía alimentaria, la importancia que las personas le dan a la soberanía alimentaria y la posibilidad de aplicarla en la comunidad.

La dimensión productiva se enfocó en los cultivos principales, en las prácticas agrícolas y en los factores sociales, económicos y ambientales que influyen en la producción.

La dimensión de seguridad alimentaria incluyó la percepción de inseguridad alimentaria, la dificultad para acceder a alimentos, la capacidad de compra y el autoabastecimiento dentro de la comunidad.

La dimensión de recursos productivos y tecnología abarcó el acceso que se tiene a agua, tierra y semillas, así como el conocimiento y el uso de tecnologías agrícolas.

Por último, la dimensión organizativa e institucional incluyó el conocimiento sobre asociaciones agrícolas, su presencia en la comunidad, la percepción de los beneficios de esas asociaciones y la valoración del apoyo que ofrecen gobiernos, universidades y otras instituciones.

Las respuestas se clasificaron en categorías para analizar la información socio-productiva. En las preguntas con múltiples opciones, cada alternativa elegida se contó por separado para ver cuántas veces se mencionó.

Consideraciones éticas

La participación en la encuesta fue voluntaria. La información se recopiló de forma anónima, sin guardar datos que pudieran identificar a los participantes. Antes de comenzar, se informó a los participantes sobre los objetivos del estudio y el uso académico y científico de los datos. Todos dieron su consentimiento para participar. Los datos se analizaron en conjunto por localidad y se usaron solo para investigación.

Análisis estadístico e integración de datos

Los datos tanto ambientales como socioproductivos se establecieron y analizaron de forma independiente según cada localidad. Debido al bajo número de muestras, los análisis se realizaron de forma descriptiva y exploratoria, sin inferir sobre la población. Para las variables cuantitativas del suelo, se calcularon la media, la desviación estándar, el valor máximo, el valor mínimo y el coeficiente de variación usando los puntos independientes de cada localidad (Guanujo, n = 4; Quindigua, n = 4). Las mediciones repetidas en la misma muestra se consideraron réplicas analíticas, no observaciones independientes. De manera que no se utilizaron pruebas estadísticas ni modelos inferenciales para comparar las localidades.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables fisicoquímicas del agua a partir de los valores registrados en los distintos puntos de muestreo. Los indicadores microbiológicos y parasitológicos, entre ellos coliformes totales y fecales, *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp., se estudiaron por su distribución y frecuencia de detección. Como el número de puntos de muestreo fue bajo, estos resultados se usaron solo para caracterizar ambientalmente los sitios evaluados, y no para estimar las condiciones de todas las localidades.

Los datos socioproductivos obtenidos a través de la encuesta se analizaron con estadística descriptiva. Para las variables categóricas, se calcularon frecuencias absolutas (n) y relativas (%). En las preguntas con respuesta múltiple, se determinó cuántas veces se seleccionó cada opción. La encuesta se aplicó a 10 participantes, cuatro de Guanujo y seis de Quindigua. Por tal razón, los resultados se usaron únicamente para describir las características y las tendencias observadas en los participantes, sin hacer inferencias sobre la población total.

Los puntos de muestreo ambiental y los participantes fueron elegidos con un muestreo intencional, tomando en cuenta los criterios reales que se deben usar: accesibilidad, representatividad del sistema productivo, disponibilidad de fuentes de agua, participación activa en actividades agropecuarias, etc. Este procedimiento cumplía con el carácter exploratorio del estudio y con las condiciones de acceso al territorio. Por eso, los resultados muestran solo los sitios y participantes que se evaluaron y no se deben usar para hablar de todas las poblaciones de las dos localidades.

Finalmente, los aspectos ambientales y socioproductivos se unieron mediante una triangulación descriptiva a nivel local. Se analizaron patrones que coincidían o diferían entre las condiciones del agua y del suelo, y las prácticas agrícolas, el acceso percibido a recursos productivos, la capacidad de autoabastecimiento, la adopción de tecnologías y el grado de asociatividad reportado por los

participantes. Como los componentes ambiental y socioproductivo fueron recogidos en momentos distintos y se basaron en diferentes unidades de análisis, esta integración tuvo un propósito principalmente interpretativo y exploratorio. No se usó para establecer relaciones estadísticas individuales ni para determinar causas directas.

Resulta importante indicar que, la información socioproductiva se recopiló en diciembre de 2025, mientras que el muestreo ambiental de agua y suelo se hizo en junio de 2026. Ambos conjuntos de datos corresponden a momentos diferentes en el tiempo. Por eso, su combinación solo se realizó para describir y explorar las condiciones en la región, sin asumir una relación directa entre los tiempos ni establecer vínculos causales entre los resultados del medio ambiente y las respuestas de los participantes.

RESULTADOS

Calidad fisicoquímica del agua

Los análisis realizados en las muestras de agua evidenciaron variabilidad entre los puntos evaluados en las características fisicoquímicas se aprecian en la tabla 1.

Tabla 1. Características fisicoquímicas de las muestras de agua de Guanujo y Quindigua.

Localidad	Código	pH	CE (µS/cm)	Turbidez (NTU)	TDS (g/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
Guanujo	INV 1083	7,82	2,55	7,55	121,8	0,002	0,5	0,0	8,0
Guanujo	INV 1084	7,83	272,0	9,03	130,6	0,003	3,6	0,1	14,0
Quindigua	INV 1081	7,81	150,7	11,1	71,4	0,001	0,3	3,0	0,0
Quindigua	INV 1082	8,00	177,6	7,20	84,9	0,004	0,6	9,9	5,0

Nota. *CE = conductividad eléctrica; TDS = sólidos totales disueltos; NO_2^- = nitritos; NO_3^- = nitratos; DQO = demanda química de oxígeno; DBO = demanda bioquímica de oxígeno.*

Los parámetros fisicoquímicos del agua mostraron diferencias entre los cuatro puntos evaluados en Guanujo y Quindigua. El pH se mantuvo en un rango estrecho, entre 7,81 y 8,00, lo que indica condiciones casi neutras y ligeramente alcalinas. En Quindigua, los valores fueron de 7,81 y 8,00, mientras que en Guanujo se registraron 7,82 y 7,83. En contraste, la conductividad eléctrica tuvo una variación más amplia: en Quindigua fue de 150,7 y 177,6 µS/cm, y en Guanujo de 2,55 y 272,0 µS/cm. Los sólidos totales disueltos fluctuaron entre 71,4 y 130,6 g/L, según los datos obtenidos.

La turbidez fue entre 7,20 y 11,1 NTU, con el valor más alto en la muestra INV 1081 de Quindigua. Los nitritos tuvieron concentraciones muy bajas, entre 0,001 y 0,004 mg/L. Los nitratos, sin embargo, variaron más: en Quindigua fueron de 0,3 y 0,6 mg/L; en Guanujo, de 0,5 y 3,6 mg/L, con el valor más alto en la muestra INV 1084.

La demanda química de oxígeno (DQO) varió entre 0 y 14 mg/L. En Quindigua, los valores fueron 0 y 5 mg/L, mientras que en Guanujo fueron 8 y 14 mg/L. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mostró un patrón distinto, con lecturas entre 0 y 9,9 mg/L, y alcanzó su mayor valor en la muestra INV 1082 de Quindigua. En conjunto, los puntos de agua evaluados mostraron perfiles fisicoquímicos diferentes, sobre todo en conductividad eléctrica, nitratos, DQO y DBO.

El valor de conductividad de 2,55 µS/cm en INV 1083 y las unidades reportadas para los sólidos totales disueltos deben verificarse con el laboratorio antes de hacer cualquier interpretación agronómica o normativa definitiva.

Calidad microbiológica y parasitológica del agua

En Quindigua, los coliformes totales fueron 153 y 60 UFC, y los coliformes fecales fueron 9 y 13 UFC en INV 1081 e INV 1082, respectivamente. En las muestras de Guanujo, los coliformes totales se reportaron como MNPC en ambos puntos; los coliformes fecales fueron MNPC en INV 1083 y 85 UFC en INV 1084. *Cryptosporidium* spp. no se detectó en ninguna de las cuatro muestras, mientras que Giardia spp. se detectó en INV 1082 (Quindigua) e INV 1083 (Guanujo) (Tabla 2).

Estos números indican una mayor carga de indicadores microbianos en esos puntos de Guanujo en comparación con las muestras de Quindigua.

El análisis parasitológico no detectó *Cryptosporidium* spp. en ninguna de las cuatro muestras. Sin embargo, *Giardia* spp. sí fue encontrado en dos muestras: INV 1082, de Quindigua, y INV 1083, de la Acequia Municipal de Guanujo. Las muestras INV 1081 e INV 1084 dieron resultado negativo para ambos protozoarios. *Giardia* y *Cryptosporidium* son protozoarios entéricos.

Tabla 2. Resultados microbiológicos y parasitológicos del agua en las dos localidades.

Localidad	Código UEB	Coliformes totales (UFC)	Coliformes fecales (UFC)	*Cryptosporidium* spp.	*Giardia* spp.
Acequia Municipal de Guanujo	INV 1083	MNPC	MNPC	Ausencia	Presencia
Acequia Municipal de Guanujo	INV 1084	MNPC	85	Ausencia	Ausencia
Quindigua	INV 1081	153	9	Ausencia	Ausencia
Quindigua	INV 1082	60	13	Ausencia	Presencia

Nota. *Los coliformes totales y fecales se midieron con filtración por membrana y se mostraron en UFC; los resultados parasitológicos se obtuvieron con microscopía y se registraron cualitativamente como presencia o ausencia; MNPC: muy numerosas para contar.*

Caracterización fisicoquímica de los suelos

Las propiedades del suelo mostraron diferencias entre los puntos estudiados en Quindigua y Guanujo, especialmente en la materia orgánica. Los cuatro puntos analizados en Quindigua tuvieron, en promedio, mayores cantidades de materia orgánica, carbono y nitrógeno que los cuatro puntos de Guanujo (Tabla 3). Como solo se evaluaron cuatro puntos en cada lugar, estos

resultados reflejan lo que se observó en los sitios y no muestran diferencias que hayan sido comprobadas con pruebas estadísticas.

Tabla 3. Parámetros físicoquímicos del suelo de las localidades estudiadas.

Parámetro	Guanujo	Quindigua
pH	6,16 ± 0,11	5,91 ± 0,32
Conductividad (µS/cm)	80,78 ± 28,48	95,43 ± 48,47
Materia orgánica (%)	3,70 ± 1,42	9,92 ± 2,08
Nitrógeno total (%)	0,23 ± 0,06	0,42 ± 0,03
Carbono total (%)	2,29 ± 0,63	5,57 ± 0,93
Hidrógeno total (%)	0,32 ± 0,07	0,51 ± 0,10
Azufre total (%)	0,14 ± 0,08	0,08 ± 0,02
Relación C/N	10,14 ± 0,46	12,81 ± 0,31
Relación C/H	7,03 ± 2,02	10,39 ± 0,76

Nota: *Los valores son estadísticos descriptivos de cuatro puntos independientes por localidad. No se realizaron pruebas de comparación entre localidades.*

Caracterización socioproductiva de Guanujo y Quindigua

La caracterización socioproductiva se realizó con 10 participantes, seleccionados de manera intencional: seis de Quindigua y cuatro de Guanujo. Dado el tamaño pequeño de la muestra, los resultados se muestran solo con frecuencias absolutas y relativas. Se describen las respuestas de los participantes evaluados, sin intentar hacer inferencias ni generalizar a las poblaciones de ambas localidades.

La papa fue el cultivo que más se mencionó de forma constante en Quindigua y en Guanujo, junto con maíz, trigo, cebada y otros cultivos. En Quindigua se vio que siempre se usaban técnicas como los cultivos intercalados y la rotación de cultivos. En Guanujo, en cambio, las respuestas mostraron una mayor variedad de métodos. Entre ellos estaban los cultivos intercalados, la rotación, el uso de abonos orgánicos y la siembra directa. Entre los factores que se consideraron como obstáculos para la producción, las condiciones del clima tuvieron un papel importante en ambas regiones. En Quindigua, cuatro de los seis participantes (66,7 %) señalaron el clima como una de las principales limitaciones productivas, mientras que en Guanujo esta percepción fue de tres de cuatro participantes (75 %). Asimismo, se detectaron limitaciones financieras, especialmente el precio de los materiales y la escasa disponibilidad de recursos económicos.

Soberanía alimentaria, acceso a recursos y autoabastecimiento

La comprensión conceptual de la soberanía alimentaria fue escasa en ambas localidades. En Guanujo, tres de los cuatro participantes (75 %) señalaron no conocer su significado, mientras que en Quindigua esta respuesta fue dada por tres de seis participantes (50 %). A pesar de tener un conocimiento conceptual restringido, la valoración de la soberanía alimentaria fue en su mayoría favorable y la mayoría de los participantes opinó que sus principios podrían implementarse total o parcialmente en sus comunidades.

Entre los encuestados participantes se observaron patrones descriptivos diferentes en las respuestas relacionadas con el acceso a alimentos y la capacidad percibida de autoabastecimiento. En Guanujo, tres de cada cuatro participantes (75 %) consideraron que la obtención diaria de alimentos era complicada o muy complicada. En Quindigua, las respuestas resultaron más diversas y el 50 % la vio como fácil. De forma similar, en Guanujo hubo una percepción restringida de la capacidad de autoabastecimiento, mientras que en Quindigua la mayoría de los involucrados opinó que esta capacidad era incompleta.

Respecto al acceso a recursos productivos como agua, tierra y semillas, en Guanujo predominó la respuesta que indicó un acceso insuficiente o parcial, mientras que en Quindigua la mayoría indicó contar con acceso parcial. Estas respuestas indican, dentro del grupo estudiado, que la disponibilidad territorial de recursos naturales y la percepción de acceso efectivo a los medios productivos son dos dimensiones distintas.

Tecnología, asociatividad y apoyo institucional

Las dimensiones tecnológicas y organizativas también exhibieron variaciones entre las localidades.

En Quindigua, los seis participantes mostraron una mayor frecuencia de respuestas sobre el conocimiento de tecnologías de riego y siembra, y también sobre el concepto de asociatividad agrícola. En Guanujo, los cuatro participantes mostraron una frecuencia menor en esas respuestas. Sin embargo, estas diferencias describen únicamente a los participantes encuestados, y no permiten establecer diferencias poblacionales entre las localidades.

Las demandas de refuerzo productivo también mostraron cambios. En Guanujo se destacaron las formaciones y la implementación de nuevas tecnologías. En Quindigua se evidenciaron, sobre todo, la formación y el acceso a recursos para optimizar la producción. En cuanto a los actores institucionales, se identificaron más a los gobiernos en Guanujo. En Quindigua, las universidades tuvieron un papel más relevante entre las instituciones clave para respaldar al sector productivo.

Integración socioalimentaria, productiva y ambiental

La integración descriptiva de los elementos ambientales y socioproductivos que se evidencian en la tabla 4 facilitó reconocer perfiles distintos entre Quindigua y Guanujo. En el componente del suelo, Quindigua mostró mayores promedios de materia orgánica (9,92 ± 2,08 %), carbono total (5,57 ± 0,93 %) y nitrógeno total (0,42 ± 0,03 %) que Guanujo (3,70 ± 1,42 %, 2,29 ± 0,63 % y 0,23 ± 0,06 %, respectivamente). De forma simultánea, las encuestas mostraron en Quindigua una mayor frecuencia informada de diversas prácticas agrícolas, especialmente cultivos combinados y rotación, además de un aumento en el reconocimiento de la asociatividad agrícola.

A escala descriptiva de localidad, los puntos de suelo en Quindigua tienen más materia orgánica, más carbono total y más nitrógeno total que los puntos de Guanujo. En los encuestados de Quindigua se encontró más frecuencia de prácticas de diversificación agrícola, especialmente

cultivos combinados. Estos dos patrones se obtuvieron de unidades de análisis diferentes y en periodos distintos, por lo que su coexistencia a escala territorial debe interpretarse solo como una observación exploratoria. Por eso, los resultados no permiten establecer asociaciones entre las prácticas agrícolas reportadas y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Tabla 4. Síntesis comparativa de indicadores ambientales y socioproductivos de Guanujo y Quindigua.

Dimensión / indicador	Guanujo	Quindigua
Indicadores edáficos		
Materia orgánica (%)	3,70 ± 1,42	9,92 ± 2,08
Carbono total (%)	2,29 ± 0,63	5,57 ± 0,93
Nitrógeno total (%)	0,23 ± 0,06	0,42 ± 0,03
Producción agrícola		
Papa como cultivo reportado	4/4 (100 %)	6/6 (100 %)
Condiciones climáticas como limitante productiva	3/4 (75,0 %)	4/6 (66,7 %)
Cultivos combinados	1/4 (25,0 %)	4/6 (66,7 %)
Rotación de cultivos	1/4 (25,0 %)	2/6 (33,3 %)
Soberanía alimentaria y recursos		
Desconoce el significado de soberanía alimentaria	3/4 (75,0 %)	3/6 (50,0 %)
Acceso a recursos productivos considerado parcial	2/4 (50,0 %)	4/6 (66,7 %)
Sin acceso suficiente a recursos productivos	2/4 (50,0 %)	1/6 (16,7 %)
Autoabastecimiento considerado parcial	1/4 (25,0 %)	4/6 (66,7 %)
Considera que no puede autoabastecerse	2/4 (50,0 %)	2/6 (33,3 %)
Tecnología y asociatividad		
Reconoce tecnologías agrícolas de riego o siembra	2/4 (50,0 %)	5/6 (83,3 %)
Conoce el concepto de asociatividad agrícola	1/4 (25,0 %)	4/6 (66,7 %)
Considera que la organización agrícola puede mejorar la producción	4/4 (100 %)	4/6 (66,7 %)*
Necesidades y apoyo institucional		
Capacitación como principal necesidad	2/4 (50,0 %)	5/6 (83,3 %)
Actor institucional más mencionado	Gobiernos: 3/4 (75,0 %)	Universidades: 3/6 (50,0 %)

Nota. *Los indicadores socioproductivos pertenecen a seis participantes de Quindigua y a cuatro participantes de Guanujo. Las frecuencias y los porcentajes son solo descriptivos y no sirven para estimar poblaciones. Los indicadores ambientales y los indicadores socioproductivos pertenecen a unidades de análisis distintas y su combinación tiene solo fines comparativos y exploratorios.*

Limitaciones del estudio

Los resultados deben interpretarse considerando varias limitaciones:

El número de puntos ambientales independientes se redujo. En especial, el componente edáfico se evaluó en solo cuatro puntos por localidad. En segundo lugar, el componente socioproductivo incluyó únicamente seis participantes en Quindigua y cuatro en Guanujo, por lo que las frecuencias y los porcentajes obtenidos representan solo tendencias descriptivas de la muestra y no estimaciones poblacionales.

Además, el componente ambiental y el componente socioproductivo se analizaron en momentos diferentes. También utilizaron unidades de análisis diferentes. Por esa razón, la combinación de ambas fuentes de información se realizó a nivel de localidad. Solo se exploró, sin hacer conexiones estadísticas ni establecer relaciones causales.

Asimismo, la evaluación parasitológica del agua fue cualitativa y se basó en detección microscópica. Por eso, no se pudo determinar la concentración, la viabilidad ni el riesgo cuantitativo de infección.

Futuras investigaciones deben incluir más puntos ambientales y más participantes, también muestreos temporales repetidos y diseños espaciales que permitan relacionar directamente prácticas agrícolas, propiedades edáficas, calidad hídrica y variables de seguridad y soberanía alimentaria.

Además, el componente socioproductivo se evaluó en diciembre de 2025. Las muestras de agua y suelo se recogieron en junio de 2026. Esta diferencia en las fechas dificulta relacionar directamente las condiciones ambientales con las respuestas socioproductivas. Hay que tener en cuenta que los cambios con las estaciones pueden afectar los resultados. También, los dos componentes usaron unidades de análisis distintas. Por eso, la combinación se hizo de forma descriptiva y exploratoria a nivel de localidad. No se establecieron relaciones estadísticas ni causales.

DISCUSIÓN

Calidad fisicoquímica del agua

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos mostraron diferencias en la calidad del agua entre los puntos de muestreo en Guanujo y Quindigua. La conductividad eléctrica, los nitratos, la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presentaron variabilidad espacial. En cambio, el pH tuvo poca variación, con valores entre 7,81 y 8,00, lo que indica condiciones relativamente homogéneas y ligeramente alcalinas.

Las diferencias en la conductividad y los nitratos sugieren cambios locales en la concentración de sales disueltas y compuestos nitrogenados. El comportamiento distinto de la DQO y la DBO podría reflejar cambios en la naturaleza y en la biodegradabilidad de la materia orgánica presente en el agua. También se observó variación en la turbidez, lo cual puede estar relacionado con diferencias en el contenido de partículas suspendidas.

En conjunto, estos hallazgos indican que la calidad fisicoquímica del agua no fue uniforme en las áreas estudiadas. Esto resalta la importancia de considerar la variabilidad espacial al evaluar los recursos hídricos en sistemas rurales andinos (4–6).

Sin embargo, debido al número limitado de puntos analizados, los patrones observados deben interpretarse como descriptivos, no como evidencia de diferencias reales entre las poblaciones de Guanujo y Quindigua. Además, antes de hacer conclusiones agronómicas o comparaciones con

límites normativos, es necesario verificar el valor atípico de la conductividad registrado en INV 1083 (2,55 µS/cm) y confirmar las unidades utilizadas para los sólidos totales disueltos.

Calidad microbiológica y parasitológica del agua

Los resultados mostraron variabilidad entre los puntos evaluados de Guanujo y Quindigua. La presencia de coliformes totales y fecales en varias muestras evidencia contaminación microbiológica puntual, aunque la heterogeneidad de los resultados y el reducido número de muestras impiden establecer diferencias generales entre Guanujo y Quindigua o identificar el origen específico de la contaminación (6, 7). Desde una perspectiva sanitaria, estos indicadores adquieren mayor relevancia al considerar la detección de Giardia spp. en una muestra de Quindigua (INV 1082) y otra de Guanujo (INV 1083), mientras que Cryptosporidium spp. no fue detectado en ninguno de los puntos analizados. La presencia de Giardia spp. en Guanujo y Quindigua destaca la importancia de incorporar el componente parasitológico en la evaluación de calidad del agua, porque los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos por sí solos no permiten caracterizar integralmente los riesgos asociados con protozoarios de transmisión hídrica (5, 9, 10). Sin embargo, la coincidencia entre indicadores microbiológicos y la detección de Giardia spp. no demuestra una relación causal ni permite determinar la fuente de contaminación. Asimismo, debido al carácter transversal del estudio y al empleo de microscopía cualitativa, los resultados únicamente confirman presencia o ausencia de Giardia spp., sin aportar información sobre su concentración, viabilidad o infectividad; por tanto, no permiten estimar cuantitativamente riesgo de infección (9, 10).

Propiedades Fisicoquímicas del suelo

Las propiedades del suelo mostraron diferencias en los puntos analizados en Quindigua y Guanujo. Destacaron las variaciones en materia orgánica, carbono y nitrógeno. Los suelos de ambas zonas tenían un pH ligeramente ácido. Esta característica es común en áreas andinas y puede estar relacionada con el material de origen, el clima, la forma del terreno y las formas de manejo (14).

El caso más importante fue en Quindigua. Allí, los niveles promedio de materia orgánica, carbono total y nitrógeno total fueron más altos que en Guanujo. Esta situación se debe a que la materia orgánica es una fuente importante de carbono y nutrientes. También cumple funciones clave en la estructura del suelo, en la retención de agua, en el reciclaje de nutrientes y en la actividad de los microorganismos (11, 12).

Las diferencias entre los suelos pueden estar vinculadas a cambios en la vegetación, en la cantidad de residuos orgánicos, en el uso del suelo y en las prácticas de manejo. Pero estas ideas aún no están confirmadas. Se necesitan estudios adicionales para poder establecer causas claras (13, 19).

La relación C/N fue mayor en Quindigua que en Guanujo, lo cual podría indicar diferencias en la composición y en cómo se transforma la materia orgánica, así como en los procesos de liberación y fijación de nutrientes. En cambio, el azufre total mostró un comportamiento distinto, con valores promedio más altos en Guanujo. Este comportamiento no coincide con el patrón

observado para el carbono y la materia orgánica, y es razonable, ya que el azufre no depende únicamente de la fracción orgánica, sino también de reacciones de mineralización, inmovilización, meteorización, actividad microbiana, pH y prácticas agrícolas (22–24). Además, al medirse solo el azufre total, no se puede determinar directamente cuánto está disponible para las plantas.

En conjunto, los resultados muestran diferencias locales en las propiedades del suelo entre los dos sitios estudiados, especialmente en aspectos relacionados con la materia orgánica y los ciclos del carbono y el nitrógeno. Sin embargo, dado que solo se analizaron cuatro puntos por localidad y no se realizaron pruebas estadísticas, estas diferencias deben considerarse como patrones descriptivos. No es posible extender estos hallazgos a todos los suelos de Guanujo ni de Quindigua.

Caracterización socioproductiva de Guanujo y Quindigua

La caracterización socioproductiva reveló que la agricultura de los agricultores de Guanujo y Quindigua se basa en cultivos tradicionales que son importantes para los sistemas alimentarios locales. Entre estos cultivos se destacó la papa, junto con maíz, trigo, cebada y otros. También se mencionaron prácticas como la siembra de varios cultivos juntos, la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la siembra directa. Sin embargo, estas prácticas variaron entre los agricultores de las dos zonas. Estas formas de diversificación y manejo pueden ayudar a mantener las funciones del suelo, usar mejor los recursos disponibles y mejorar la capacidad de los agroecosistemas para enfrentar condiciones ambientales cambiantes (3, 19).

Las condiciones climáticas fueron una de las principales limitaciones para la producción en ambas zonas, junto con problemas económicos relacionados con el costo de los insumos y la falta de dinero. La combinación de restricciones ambientales y económicas muestra que la sostenibilidad de los sistemas agrícolas rurales tiene múltiples aspectos. Su continuidad depende de cómo interactúan los recursos naturales, las prácticas de manejo, la viabilidad económica y las capacidades de los agricultores (16, 17). Dentro de este contexto, las limitaciones económicas pueden dificultar la adaptación y la aplicación de prácticas que mejoren o conserven los recursos productivos.

Estos hallazgos son especialmente importantes cuando se analizan los componentes ambientales y socioproductivos juntos. Las condiciones del agua y del suelo son la base biológica para la producción. Al mismo tiempo, las decisiones de manejo y las limitaciones económicas y climáticas influyen en cómo se utiliza esta base. Esta relación muestra que es necesario abordar la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios rurales de manera integrada. Hay que considerar al mismo tiempo las áreas ambiental, productiva y socioeconómica.

Sin embargo, estos resultados deben verse como una exploración de las opiniones y prácticas que reportaron los participantes. El muestreo seleccionado y el pequeño número de encuestados (n = 10) no permiten hacer conclusiones estadísticas. Tampoco se pueden aplicar los patrones observados a toda la población de Guanujo y Quindigua.

Soberanía alimentaria, acceso a recursos y autoabastecimiento

Los participantes de Guanujo y Quindigua no entendían bien lo que es la soberanía alimentaria. Sin embargo, tenían una opinión positiva sobre sus principios y sobre cómo podrían funcionar en sus comunidades. Este contraste indica que no conocer el término no significa que no haya prácticas o ideas relacionadas con sus partes, especialmente las relacionadas con la producción local, el acceso a recursos y la capacidad de conseguir alimentos.

Las opiniones sobre el acceso diario a los alimentos y el autoabastecimiento variaban entre los dos lugares. En Guanujo, había más dificultades para conseguir alimentos cada día y una percepción más limitada del autoabastecimiento. En Quindigua, las respuestas eran más variadas. Además, el acceso a recursos como agua, tierra y semillas se consideraba insuficiente o incompleto. Esto muestra que la existencia de recursos naturales no siempre significa que las personas tengan acceso real o justo a los medios para producir alimentos.

Esto confirma que los sistemas alimentarios en zonas rurales tienen muchas dimensiones. La capacidad de producir alimentos y acceder a ellos depende de más que condiciones climáticas. También depende de factores económicos, sociales, institucionales y del acceso a los medios de producción. Por eso, incluso si el ambiente es favorable, no garantiza una producción adecuada, un autoabastecimiento o un acceso sostenible a los alimentos.

Aun así, es importante diferenciar entre soberanía alimentaria, seguridad alimentaria y autoabastecimiento. Estos términos están relacionados, pero no son lo mismo. La soberanía alimentaria abarca aspectos más amplios, como la participación de las comunidades en las decisiones sobre sus sistemas de alimentos. Por eso, los resultados deben verse como una primera exploración de las opiniones sobre conocimiento, acceso a recursos, producción y autoabastecimiento. No son una medición completa de la soberanía alimentaria. Además, el pequeño número de personas participantes y el muestreo seleccionado limitan la posibilidad de aplicar estos hallazgos a toda la población de Guanujo y Quindigua.

Tecnología, asociatividad y apoyo institucional

Las diferencias en tecnología y organización se observaron entre los participantes Guanujo y Quindigua. En Quindigua, el conocimiento sobre tecnologías de riego y siembra y sobre asociatividad agrícola fue mayor. En Guanujo, las respuestas sobre estos temas fueron menos frecuentes. Estas diferencias indican distintos niveles de familiaridad con herramientas tecnológicas y mecanismos de organización productiva entre grupos Guanujo y Quindigua, aunque no prueban diferencias poblacionales entre Guanujo y Quindigua. Las necesidades encontradas mostraron que el fortalecimiento de los sistemas productivos no depende solo de recursos naturales. La capacitación técnica, el acceso a tecnologías adecuadas, la disponibilidad de recursos productivos y la asociatividad son componentes que pueden ayudar a mejorar la capacidad de adaptación y sostenibilidad de los sistemas agrícolas rurales (16, 17). Así, las demandas de los participantes muestran la importancia de combinar las condiciones biofísicas del territorio con capacidades técnicas, organizativas y económicas.

Asimismo, que gobiernos y universidades sean actores relevantes muestra la posible importancia de la articulación institucional para el desarrollo rural.

La conexión entre productores, instituciones públicas y academia puede ayudar a capacitar, pasar saberes y acceder a tecnologías que se ajusten a las condiciones locales.

En términos de lugar, estos resultados muestran que hay que fortalecer capacidades, innovar tecnológicamente, organizar a los productores y cooperar institucionalmente para que los sistemas agroalimentarios rurales sean sostenibles.

Sin embargo, como hubo pocos participantes y la muestra se eligió intencionalmente, las diferencias observadas solo son patrones exploratorios del grupo estudiado y no prueban diferencias reales entre las poblaciones de Guanujo y Quindigua.

Integración socioalimentaria, productiva y ambiental

La combinación de factores ambientales y socioproductivos permitió identificar perfiles distintos entre los sitios de Quindigua y Guanujo. En Quindigua, los suelos mostraron niveles más altos en promedio de materia orgánica, carbono y nitrógeno. Los agricultores de esta zona también reportaron con mayor frecuencia prácticas como el cultivo intercalado y la rotación, así como un mayor conocimiento sobre la asociatividad. Aunque la literatura sugiere que la diversificación, la conservación y ciertas prácticas de manejo pueden mejorar la materia orgánica y otras características del suelo (3, 12, 19), el diseño del estudio no permite establecer una relación directa entre estas prácticas y las diferencias observadas en los suelos.

En Guanujo, por otro lado, se encontraron valores más bajos en materia orgánica, carbono y nitrógeno en los puntos de suelo evaluados. Además, los participantes de esta localidad indicaron con más frecuencia dificultades para acceder a alimentos, limitaciones en el autoabastecimiento y menos familiaridad con ciertas tecnologías y conceptos asociativos. Estos patrones son solo una descripción inicial de las condiciones del territorio, ya que las mediciones ambientales y las respuestas socioproductivas provienen de unidades diferentes y fueron recopiladas en tiempos distintos. Por lo tanto, no es posible establecer relaciones estadísticas ni determinar causas entre ambos componentes.

Los resultados también muestran que las condiciones ambientales y socioproductivas no siempre van en la misma dirección. Aunque Quindigua tiene mejores condiciones edáficas en algunos aspectos, sus pobladores indicaron restricciones económicas, acceso limitado a recursos productivos y dificultades para autoabastecerse. Esto demuestra que una base biofísica favorable no garantiza mejores condiciones sociales o productivas. La sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios depende también de factores económicos, tecnológicos, organizativos e institucionales (16, 17).

La calidad del agua añade otra dimensión a esta visión integrada. La presencia de contaminación microbiológica y la detección puntual de Giardia spp. indica que la disponibilidad de agua no implica necesariamente que el recurso esté en buenas condiciones para todos los usos. En los

sistemas agrícolas rurales, el agua, el suelo y la producción están interrelacionados, formando parte fundamental de la base biofísica del territorio. Evaluarlos juntos permite ir más allá de una simple mirada sobre la disponibilidad de recursos (1, 2). Sin embargo, los hallazgos microbiológicos y parasitológicos no permiten concluir directamente sobre efectos en la salud humana ni sobre la seguridad alimentaria de los hogares estudiados (7, 9, 10).

En conjunto, los resultados refuerzan la importancia de analizar los sistemas agroalimentarios rurales desde una perspectiva territorial y completa. El agua y el suelo son la base física de la producción, pero su uso efectivo depende del acceso a recursos productivos, las capacidades económicas y técnicas, las prácticas de manejo, la adopción de tecnología, la organización colectiva y las relaciones institucionales. Por eso, la sostenibilidad rural debe entenderse como el resultado de la interacción entre dimensiones ambientales, productivas, socioeconómicas y organizativas, no como consecuencia de un solo elemento del sistema (16, 17).

CONCLUSIONES

La evaluación conjunta mostró diferencias entre Quindigua y Guanujo en temas ambientales y socioproductivos. El agua mostró cambios en sus datos fisicoquímicos y microbiológicos. En el agua se hallaron coliformes totales y fecales, y se detectó *Giardia* spp. en dos de las cuatro muestras. No se halló *Cryptosporidium* spp. en ninguna muestra. Estos hallazgos muestran por qué es importante mirar varios indicadores para entender el agua.

Los suelos de Quindigua y Guanujo eran ligeramente ácidos. Pero hubo diferencias en la materia orgánica. Quindigua tenía más materia orgánica, más carbono total y más nitrógeno total que Guanujo. Esto indica que los suelos en Quindigua y Guanujo son diferentes.

En el aspecto socioproductivo, se observó que el conocimiento sobre la soberanía alimentaria era limitado. Además, hubo restricciones en el acceso a recursos productivos y en el autoabastecimiento. La papa fue el cultivo más común. Tanto la zona de Quindigua como la de Guanujo enfrentaron problemas con las condiciones climáticas y económicas. Quindigua demostró mayor conocimiento sobre prácticas agrícolas diversas y sobre la asociatividad. En cambio, en Guanujo se detectaron mayores dificultades para conseguir alimentos y una menor capacidad para el autoabastecimiento.

La combinación de resultados reveló que suelos más favorables no siempre llevan a mejores condiciones de autoabastecimiento o soberanía alimentaria. Esto indica que existen interacciones entre los recursos naturales, las capacidades productivas, la tecnología, la organización y el apoyo institucional. Como el estudio fue exploratorio, con pocos datos y diferencias en el tiempo y en las unidades analizadas, no se pueden establecer relaciones causales. Sin embargo, estos resultados sirven como punto de partida para orientar estrategias de manejo sostenible y para futuras investigaciones en sistemas agroalimentarios andinos.

AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Los autores agradecen a la Universidad Estatal de Bolívar por el financiamiento otorgado para el desarrollo de esta investigación, a través del proyecto “Diagnóstico de la soberanía alimentaria en la provincia Bolívar, Ecuador: retos y perspectivas para la sostenibilidad alimentaria regional”.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

Todos los autores declaran haber contribuido al desarrollo del presente trabajo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Holguín Aguirre, M. T., & Sánchez Muñoz, M. del P. (2015). La gestión integrada de los recursos naturales, agua y suelo, como estrategia para mitigar el impacto del cambio climático. Mundo Siglo XXI, 10(36), 41–54. Repositorio FLACSO Andes
2. 2.Horel, Á. (2024). Soil-Plant-Water Systems and Interactions. Plants, 13(3), 358. https://doi.org/10.3390/plants13030358
3. Somoza, A., Vázquez, P., & Zulaica, L. (2018). Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 44(3), 398–423. SciELO
4. Monyai, M., Dlamini, M. L., Richards, H., Khulu, S., Tutu, H., Banda, K., Nyambe, I., & Chimuka, L. (2026). Evaluación estacional de la calidad del agua y la química de los iones principales en la región baja del lago Kariba, Zambia. Scientific Reports, 16, 15196. https://doi.org/10.1038/s41598-026-44457-w
5. Yumbo, K., Ileer, V., Espinoza, W., Campos, D., Castro, R., & Chirinos, D. T. (2018). Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Paján, Manabí, Ecuador. INVESTIGATIO, (10), 32–40. https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/184
6. Coello-Cabezas, J. R., Jiménez-Gutiérrez, M. Y., Serrano-Castillo, B. J., & Herrera-Morales, G. C. (2023). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua para uso agropecuario. Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar, 5(9), 4–20. https://doi.org/10.35381/a.g.v5i9.2509
7. World Health Organization. (2022). Microbial aspects. En Guidelines for drinking-water quality (4th ed., incorporating the 1st and 2nd addenda). World Health Organization. NCBI Bookshelf.
8. Palacios López, L. A., & Pinargote Bravo, V. J. (2024). Análisis correlacional del consumo de agua potable y su incidencia en la salud de los habitantes de la ciudad de Calceta. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo, 5(9), 192–205. https://doi.org/10.56519/vpxdgj62
9. Fletcher, S. M., Stark, D., Harkness, J., & Ellis, J. (2012). Enteric protozoa in the developed world: A public health perspective. Clinical Microbiology Reviews, 25(3), 420–449. https://doi.org/10.1128/CMR.05038-11
10. Suárez, P., Alonso, J. L., & Vidal, G. (2026). Waterborne Protozoan Parasite and Thalassogenic Diseases in Marine Environment: Detection Techniques, Indicators and Public

Health Implications. Microorganisms, 14(1), 98. https://doi.org/10.3390/microorganisms14010098

11. Vogel, H.-J., Eberhardt, E., Franko, U., Lang, B., Ließ, M., Weller, U., Wiesmeier, M., & Wollschläger, U. (2019). Quantitative evaluation of soil functions: Potential and state. Frontiers in Environmental Science, 7, Article 164. https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00164
12. Țopa, D.-C., Căpșună, S., Calistru, A.-E., & Ailincăi, C. (2025). Sustainable practices for enhancing soil health and crop quality in modern agriculture: A review. Agriculture, 15(9), 998. https://doi.org/10.3390/agriculture15090998
13. Hamza, A., Karčauskienė, D., Mockevičienė, I., Repšienė, R., Tahir, M. A., Manzoor, M. Z., Kousar, S., Lodhi, S. S., Rasool, N., & Ullah, I. (2025). Soil aggregate dynamics and stability: Natural and anthropogenic drivers. Agriculture, 15(23), 2500. https://doi.org/10.3390/agriculture15232500
14. Chalco, I., Haro, R., Andrade, L., Díaz, N., Reyes, D., Villarreal, W., Gómez, E., Díaz, D., & Yerovi, F. (2021). Análisis de la edafo-climotoposecuencia y su influencia en la distribución de los suelos de la subcuenca del río Mira-Ecuador. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 47(2), 181–18.
15. González Domínguez, G. K. (2025). Gestión ambiental en América Latina: Una revisión literaria. Aula Virtual, 6(13), e591. https://doi.org/10.5281/zenodo.20101858
16. Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1491), 447–465. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163
17. Çakmakçı, R., Salık, M. A., & Çakmakçı, S. (2023). Assessment and principles of environmentally sustainable food and agriculture systems. Agriculture, 13(5), 1073. https://doi.org/10.3390/agriculture13051073
18. Cordero-Ahiman, O. V. (2022). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria de Ecuador. Revista Chilena de Nutrición, 49(Supl. 1), 34–38. https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000400034
19. Cárceles Rodríguez, B., Durán-Zuazo, V. H., Soriano Rodríguez, M., García-Tejero, I. F., Gálvez Ruiz, B., & Cuadros Tavira, S. (2022). Conservation agriculture as a sustainable system for soil health: A review. Soil Systems, 6(4), 87. https://doi.org/10.3390/soilsystems6040087
20. Ndayiragije, J. M., Fang, H., Abiduhaye, N., Nduwimana, L., Mbonihankuye, S., Shi, M., Li, Y., & Liu, N. (2025). Exploring socio environmental benefits of floodwater utilization in a changing climate world. iScience, 28, 113646. https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.113646
21. Sáa Albán, V. H. (2010). Monografía de la provincia de Bolívar. Casa de la Cultura Ecuatoriana “Benjamín Carrión”, Núcleo de Bolívar. Documento original – Casa de la Cultura Ecuatoriana
22. Eriksen, J. (2009). Soil sulfur cycling in temperate agricultural systems. Advances in Agronomy, 102, 55–89. Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01002-5
23. Zhou, W., McKenna, B. A., McLaren, T. I., Dalal, R. C., Bennett-Jones, J., & Kopittke, P. M. (2026). Fraction-specific pathways of sulfur cycling in agroecosystems with highly weathered soils. Agriculture, Ecosystems & Environment, 405, 110365. https://doi.org/10.1016/j.agee.2026.110365

24. Barnard, M., Dalal, R. C., McKenna, B. A., Wykes, J. L., Cowie, B. C. C., & Kopittke, P. M. (2025). Bringing soil sulfur to the forefront: How long-term cropping impacts sulfur speciation in soil organic matter fractions. Agriculture, Ecosystems & Environment, 393, 109833. https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109833