

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Maestría en Ciencia y Tecnología para la Sostenibilidad



Servicios ecosistémicos y sostenibilidad en agroecosistemas: El caso del páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia)

Estudiante:

Diego Alejandro Rojas Ramírez

Dra. Ingrid Varela Benavides

Tutora de Tesis

Dr. Tomas Guzmán Hernández

Asesor de Tesis

2023



Eje curricular de Sistemas de Producción Sostenibles

Tesis de Maestría

**Servicios ecosistémicos y sostenibilidad en
agroecosistemas: El caso del páramo de Guerrero
(Cundinamarca, Colombia)**

Diego Alejandro Rojas Ramírez

Dra. Ingrid Varela Benavides

Tutora de Tesis

Dr. Tomas Guzmán Hernández

Asesor de Tesis

Mosquera, Colombia, noviembre de 2023

Maestría en Ciencia y Tecnología para la Sostenibilidad

Eje curricular de *Sistemas de Producción Sostenibles*.

“Servicios ecosistémicos y sostenibilidad en agroecosistemas: El caso del páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia)”

Tesis sometida a consideración del tribunal evaluador como requisito para optar al grado de Magister Scientiae en Ciencia y Tecnología Sostenible, bajo el eje curricular de Sistemas de Producción Sostenibles.

1. Dr. Cristian Moreira Segura, Coordinador área académica, preside Gestora MCTS
2. Dr. Fabián Echeverría Beirute, Representante Gestor MCTS
3. Dr. Jose Pablo Jiménez Madrigal, Representante área temática
4. Dra. Ingrid Varela Benavides, Tutora,
5. Dr. Tomas Guzmán Hernández, asesor

Noviembre, 2023

Tabla de contenidos	
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	7
AGRADECIMIENTOS	8
DEDICATORIA	9
RESUMEN	10
PALABRAS CLAVES	11
ABSTRACT	12
KEYWORDS	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GENERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 EL CONTEXTO DEL PÁRAMO DE GUERRERO	15
3.2 LOS AGROECOSISTEMAS COMO MARCO DE EVALUACIÓN	17
3.3 EL PÁRAMO ENTENDIDO COMO UN AGROECOSISTEMA	17
3.4 PÁRAMOS Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	18
3.5 VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (SE)	20
Valoración Económica	20
Valoración biofísica y cultural	21
3.6 LAS ESCUELAS DE AGRICULTURA EN COLOMBIA	22
3.7 LA AGROECOLOGÍA COMO BASE METODOLÓGICA PARA LA RECONVERSIÓN	26
3.8 LA RECONVERSIÓN PRODUCTIVA AGROPECUARIA EN PÁRAMOS	28
3.9 POLÍTICAS PÚBLICAS Y NORMATIVIDAD VIGENTE SOBRE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN COLOMBIA	30
4. METODOLOGÍA	31
4.1 DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO	31
4.2 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES EN LA ZONA DE INTERVENCIÓN	33

4.3 DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA CLASIFICACIÓN DE FINCAS	33
4.4 VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA PARA CLASIFICAR FINCAS	38
4.5 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA PARA CLASIFICAR FINCAS	39
4.6 IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PERCIBIDOS POR LOS PRODUCTORES	39
4.7 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD ENTRE TIPOLOGÍAS DE FINCAS	40
4.8 ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES ENTRE ESTRATEGIAS PRODUCTIVAS, LA SOSTENIBILIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	41
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
5.1 ACTORES IDENTIFICADOS EN EL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE	46
5.2 VALIDACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA CLASIFICAR FINCAS	49
5.3 HERRAMIENTA DE CLASIFICACIÓN APLICADA CON PRODUCTORES DE SUBACHOQUE	54
5.4 TIPOLOGÍAS DE PRODUCTORES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PERCIBIDOS	57
5.5 SOSTENIBILIDAD DE LAS FINCAS POR TIPOLOGÍAS	59
5.6 RELACIONES ENTRE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS TIPOLOGÍAS, SUS ESTRATEGIAS PRODUCTIVAS, Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	64
6. CONCLUSIONES	69
7. RECOMENDACIONES	70
8. REFERENCIAS	71
9. ANEXOS	83

Índice de figuras

Figura 1: Servicios ecosistémicos del páramo.....	19
Figura 2: Clasificación de los tipos de valoración económica para servicios ecosistémicos.....	21
Figura 3: Etapas de la transición agropecuaria en páramos	29
Figura 4: Ubicación geográfica complejo páramo de Guerrero	32
Figura 5. Esquema del marco de evaluación de sostenibilidad que emplea SAFA.....	41
Figura 6. Esquema del marco de valoración de SE e indicadores, procesos y estado del ecosistema	42
Figura 7. Ubicación de los complejos de páramos para validación de herramienta.	50
Figura 8. Distribución de la clasificación entre tipologías	51
Figura 9: Componentes principales y variables evaluadas	52
Figura 10. Conglomerados obtenidos mediante método estadístico.	53
Figura 11. Gráficos de la evaluación de sostenibilidad por temas.	60
Figura 12. Curvas de retención hídrica en suelos por tipologías de productor de Subachoque.	66

Índice de tablas

Tabla 1. Escuelas de agricultura reportados en Colombia	23
Tabla 2. Indicadores y escalas de valoración.	35
Tabla 3. Tipologías de productor.....	38
Tabla 4. Servicios ecosistémicos percibidos en el ecosistema de Páramo	39
Tabla 5. Tipificación de fincas productoras en Subachoque empleando la herramienta de clasificación.....	55
Tabla 6. Servicios ecosistémicos percibidos por la muestra poblacional entrevistada en Subachoque.....	57
Tabla 7. Promedio de las variables analizadas por tipologías de productor.....	65

Declaración de autenticidad

Mediante el presente documento, yo Diego Alejandro Rojas Ramírez, identificado con el pasaporte colombiano n°AR522444, declaro que la tesis presentada con título *Servicios ecosistémicos y sostenibilidad en agroecosistemas: El caso del páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia)*”, para optar por el grado de Master en Ciencia y Tecnología para la Sostenibilidad, bajo el eje curricular de Sistemas de Producción Sostenibles, ha sido desarrollada íntegramente por el autor que lo suscribe y afirmó que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, por lo que no se ha asumido como propias las ideas emitidas por terceros, Así mismo, afirmo que soy responsable de todo su contenido y asumo, como autor, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictaminen las Universidades participantes de este programa de maestría.”

Mosquera, Colombia a 02 de octubre de 2023.



Diego Alejandro Rojas Ramírez

Agradecimientos

La consecución de este documento de tesis y todo lo que incluye no habría sido posible sin el apoyo de personas que han estado a mi lado. Agradezco a mi esposa e hijos porque su amor tuvo fuerza y paciencia. Al Instituto Tecnológico de Costa Rica por la financiación mediante una beca académica y en consecuencia a todo el personal docente de quienes he aprendido mucho. A la Dra. Ingrid Varela, Dr. Tomás Guzman, quienes me ayudaron y me guiaron durante cada etapa de desarrollo de esta tesis. A las organizaciones ARAC y ASOARCE en especial al Ing. Agrónomo José Hernández quien me acompañó en visitas a productores de ambas asociaciones.

Dedicatoria

Se la dedico a mi familia quienes han sido mi apoyo y motivación.

Resumen

Esta tesis presenta un análisis socio ecológico basado en metodologías de investigación mixta para brindar elementos que nutran el actual debate sobre la reconversión productiva hacia la sostenibilidad que está propuesta en la ley 1930 de 2018 sobre la gestión integral de páramos en Colombia. En la etapa de revisión de literatura se abordan temáticas preponderantes del contexto del páramo de Guerrero abordado como un agroecosistema, que adicionalmente brinda varios servicios ecosistémicos y las diferentes aproximaciones de la agricultura donde sobresale la agroecología como eje metodológico para la reconversión propuesta en la ley 1930. Se desarrolló una metodología con tres aspectos principales: el análisis del contexto del páramo de Guerrero, el desarrollo y validación de una herramienta para clasificar fincas y una valoración de la sostenibilidad por tipologías de fincas para concluir con la identificación de relaciones entre los servicios ecosistémicos y la sostenibilidad de las diferentes tipologías de fincas en el marco del contexto actual. Los resultados obtenidos permitieron identificar diferentes actores con incidencia a escala territorial de carácter tanto públicas como privadas y organizaciones campesinas de base social. Posteriormente se realizó la validación de la herramienta de clasificación de fincas que permitió consolidar 4 tipologías de productor. Luego se indagó sobre servicios ecosistémicos y el grupo de la muestra total, solo se identificaron 3 servicios ecosistémicos de los 14 reportados para páramos. Los datos de las fincas fueron posteriormente valorados mediante una herramienta para evaluación de sostenibilidad (SAFA) donde se pudo evidenciar que el agroecológico próximo tiene el mejor desempeño, seguido de los productores transicionales y los campesinos tradicionales para finalizar con el grupo de agroindustrial incipiente. Cuando se observa la información a detalle, el agroecológico próximo tiene el mejor desempeño en los aspectos de suelo, biodiversidad, agua y bienestar animal, pero le va mal en inversión. El productor transicional es un perfil más equilibrado con un desempeño homogéneo en todas las temáticas al igual que el campesino tradicional, aunque este sobresale en seguridad y salud humana, calidad e información de producto y derechos laborales. El agroindustrial incipiente tiene el más bajo desempeño en casi todas las dimensiones de la sostenibilidad exceptuando los indicadores asociados a medios de vida dignos y prácticas comerciales equitativas que son temas de la dimensión de resiliencia económica. Esta información fue suficiente para identificar relaciones entre los servicios ecosistémicos identificados y el desempeño de los tipos de fincas en las evaluaciones de sostenibilidad, no obstante, no fue posible establecer relaciones entre las acciones para conservar el suelo, identificado como soporte de varios servicios ecosistémicos, y las tipologías de fincas. Se concluye que los agroecológicos próximos son quienes más aportan

a la conservación de servicios, pero al ser una minoría, no cuentan con plataformas de acceso a créditos, o agremiaciones de índole nacional que apalanque procesos de reconversión productiva, y propiamente inversión a proyectos con enfoque agroecológico por lo que han sido resilientes bajo figuras de asociatividad local. Por su parte, el agroindustrial incipiente, que cuenta con plataformas de apalancamiento financiero y para comercialización, logra aportar a medios de vida dignos para operarios y generan empleo local que constituye un importante aporte económico a la región, aunque debe asumir el mayor impacto ambiental. Los campesinos tradicionales mezclan prácticas de diferentes escuelas y se adaptan a los contextos para aprovechar plataformas de financiación y acceso a proyectos de inversión local. Los productores transicionales hacen parte de asociaciones locales, en la gran mayoría ven otras alternativas diferentes a la agricultura, oportunidades de negocios que van en sintonía con la conservación de los servicios ecosistémicos locales y cuentan con el apoyo de entidades públicas y privadas con incidencia territorial, aunque aún son emprendimientos muy exploratorios es posible que bajo algunos de estos modelos se logren procesos reales y viables de transición a la sostenibilidad en páramos.

Palabras claves

Desarrollo sostenible; Agroecología; Páramos; Tipología de granjas; Servicios de los ecosistemas; Campesinado

Abstract

This thesis presents a socio-ecological analysis, based on mixed research methodologies, to provide elements that contribute to the current debate on the transition to sustainability that is proposed in the law 1930 of 2018 on the integrated management of the Colombian paramo. In the literature review phase, the main topics discussed were the context of the Guerrero paramo as an agroecosystem, that additionally provides multiple ecosystem services, and the different approaches to agriculture where it stands out the agroecology as a methodological framework for the reconversion proposed in the law 1930. A methodology with three main aspects was developed: the analysis of the context of the Guerrero paramo, the development and validation of a classification tool to define farms and a sustainability assessment by farm, and the identification of relationships between ecosystem services and the sustainability of the different farm typologies in the current context. The results obtained made it possible to identify different stakeholders with an impact on a territorial scale, whether public or private, as well as peasant organizations based on social aspects. Subsequently, the validation of the farm classification tool was conducted, which allowed the consolidation of 4 farmer typologies. Then, research was conducted on ecosystem services and the total sample group only identified 3 ecosystem services from the 14 reported for paramos. The data provided by the farms were subsequently evaluated using a sustainability assessment tool (SAFA), which showed that the next best performer was the near agroecological producer, followed by the transitional producers and the traditional farmers, and finally the incipient agro-industrial group. When looking at the information in detail, the near agroecological has the best performance in soil, biodiversity, water, and animal welfare, but does poorly in investment. The transitional producer is a profile with a homogeneous performance in all topics, as is the traditional farmer, although the latter excels in human health and safety, product quality and information, and labor rights. The incipient agro-industrial farmer has the lowest performance in nearly all dimensions of sustainability except for the indicators associated with decent livelihoods and fair-trade practices, which are topics of the economic resilience dimension. This information was used to identify relationships between the ecosystem services identified and the performance of the farm types in the sustainability evaluations; however, it was not possible to establish relationships between the actions to conserve the soil identified as a support for various ecosystem services and the farm typologies. It is concluded that the nearby agroecological farms are the largest contributors to the conservation of services, but as a minority, they have no access to credit platforms or national partnerships that support productive reconversion processes, and investment in projects with an agroecological emphasis,

therefore, they have been resilient under local associative figures. However, the near agroindustrial farmer, which has financial leverage and marketing platforms, can contribute to decent livelihoods for operators and generate local employment, which is an important economic contribution to the region, although they must assume the major environmental impact. Traditional farmers combine practices from different approaches and adapt to different contexts to take advantage of financing platforms and access to local investment projects. Many transitional producers are part of local associations and see business opportunities in alternatives other than agriculture that are in tune with the conservation of local ecosystem services and have the support of public and private entities with territorial impact. Although they are still exploratory projects, it could be possible that some of these models will achieve real and grounded processes of transition to sustainability in the paramos.

Keywords

Sustainable development; Agroecology; Paramos; Farm typology; Ecosystem services; Peasantry.

1. Introducción

La agricultura representa el trasegar de la humanidad como una especie más del planeta a convertirse en una civilización con la capacidad para modelar el medio que la rodea. En consecuencia, la disponibilidad de alimentos en abundancia y de forma estable permitió al ser humano formar comunidades cada vez mayores que lograron la colonización de todo el planeta (Baum et al., 2019), no obstante, estos avances no serían posibles sin el desarrollo y escalamiento de la denominada revolución verde (Borlaug, 1983; Martínez y Huerta., 2018) cuyas prácticas y cadenas de abastecimiento han demostrado también generar impactos negativos en el mismo medio ambiente y la salud humana a escala social e individual(Díaz et al., 2017; Jiménez et al., 2016; Rasmussen et al., 2018).

Por esta razón la seguridad alimentaria entendida como el acceso a diversidad de alimentos en cantidad, calidad y ventana de tiempo suficientes (FAO, 2009), en el escenario de una población en constante crecimiento, implica migrar hacia prácticas y estrategias que apunten hacia una agricultura sostenible definida como una actividad que debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, y al mismo tiempo garantizar la rentabilidad, la salud ambiental, y la equidad social y económica (FAO, 2018a).

Es en el contexto anterior, en el que se desarrolla esta tesis, donde se identifican la interrelación de elementos como la política pública, los movimientos sociales, los servicios ecosistémicos y las diversas escuelas de agricultura, que permiten aproximarse a una comprensión integral del páramo a partir de la información vigente en la literatura disponible. Por consiguiente, en este documento se planteó el estudio de caso del páramo de Guerrero donde convergen diferentes aproximaciones y visiones de la agricultura (Agroecología, permacultura, agricultura orgánica, etc...) como un escenario ideal para identificar cuales formas de agricultura pueden ser más sostenibles, en términos de la identificación y conservación de los servicios ecosistémicos que el páramo provee y regula.

Por lo tanto, en esta tesis se propone desarrollar los siguientes tres objetivos dirigidos a clasificar 14 fincas ubicadas en el páramo de Guerrero mediante sus estrategias productivas, sus características sociales, económicas y ambientales. Posteriormente se determinó la sostenibilidad de las categorías de finca empleando una herramienta ampliamente utilizada como es SAFA (FAO, 2013) y finalmente se establecieron relaciones entre las estrategias productivas,

la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos presentes en el agroecosistema del páramo de Guerrero.

Se espera que los resultados aquí plasmados puedan ser útiles y aportar elementos para transicionar hacia una producción de alimentos sostenible, entendiendo la transición como un proceso multidimensional con varias reconversiones simultáneas a diferentes escalas, niveles y dimensiones; de índole técnico-productiva a nivel de los subsistemas de la producción, una reconversión socio-ecológica a nivel de la familia rural, su comunidad y su paisaje, y una reconversión político-institucional a nivel de territorios, regiones y países (Tittonell, 2019).

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos identificados en el agroecosistema del páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia).

2.2. Objetivos específicos

1. Clasificar 14 fincas ubicadas en el páramo de Guerrero a partir de sus estrategias productivas, sus características sociales, económicas y ambientales.
2. Determinar la sostenibilidad de las actividades agropecuarias de fincas mediante herramientas de análisis ajustadas al contexto del páramo de Guerrero
3. Establecer relaciones entre las estrategias productivas, la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos presentes en el agroecosistema del páramo de Guerrero.

3. Marco teórico

3.1 El contexto del páramo de Guerrero

Los páramos son socioecosistemas estratégicos por su riqueza biológica, su relación cultural con el ser humano (Acevedo et al., 2018; Avellaneda-Torres et al., 2014; Ruiz et al., 2015) y su oferta de servicios ecosistémicos, entre ellos, los servicios de regulación del recurso hídrico (Corpoboyacá, 2016; Hofstede, 2008; IAvH, 2014) y el aprovisionamiento de alimentos (Avellaneda-Torres et al., 2014; Ruiz et al., 2015).

Todos los páramos están ubicados sobre los 2 700 msnm, en dos ubicaciones; la cordillera de Talamanca en Centroamérica y la cadena montañosa de los Andes en Sudamérica, siendo estos

últimos los más extensos. Los páramos sudamericanos atraviesan Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, aunque Colombia ocupa la mayor extensión con 2 906 137 hectáreas (2,5% del área nacional continental) condensadas en 36 zonas específicas, y alrededor de 400 municipios representando el 50% de área mundial en páramos (Hofstede et al., 2014; IAvH, 2013).

Entre los páramos colombianos, el complejo de páramos de Guerrero, toma especial relevancia por su proximidad a la capital del país porque está ubicado a 40 kilómetros al norte de Bogotá, se encuentra entre los 3 000 y los 3 780 msnm, en el departamento de Cundinamarca, comprende una extensión de 42 325 hectáreas distribuidas en la jurisdicción de once municipios del departamento. En esta zona nacen varias subcuencas que abastecen al río Bogotá y que a su vez aportan el 15% del agua que se consume en la capital colombiana. También surte a varios acueductos veredales y municipales que suministran agua a las familias que habitan en el páramo y a otras de municipios cercanos (IAvH, 2004).

Las actividades agrícolas basadas en el modelo de la revolución verde han generado impactos económicos, sociales y ambientales en el complejo de páramos de Guerrero, a saber:

1. En términos económicos, el monocultivo de papa es una actividad económica de alto riesgo debido a sus altos costos productivos, la volatilidad de precios en el mercado, y factores bióticos y abióticos que pueden amenazar su producción (Porras et al., 2020).
2. En términos sociales, la revolución verde dividió el concepto de agricultura y la identidad del campesino, dando espacio a posiciones encontradas frente a las prácticas y manejo de la finca que tienden a generar conflictos entre los productores (Avellaneda-Torres et al., 2014) así mismo, la concentración de la producción de papa y su importancia a nivel nacional, propiciaron relaciones sociales que están determinadas por la acumulación de capital y la tenencia del poder. Existe una relación desigual entre los productores de papa y la población que presta bienes y servicios necesarios para el desarrollo adecuado de la cadena de valor de este cultivo (Buitrago et al., 2017).
3. En términos ambientales, el cultivo de papa ha generado degradación de los recursos: suelo, biodiversidad y aire (Corpoboyacá, 2016; Novoa, 2017), y una presión sobre el uso del recurso hídrico (IAvH, 2014). Este escenario ambiental ha causado un impacto social negativo en donde se ha acusado al productor como el “causante del problema”, generalizando a toda la población del páramo (Rubiano, 2015) e incluyendo a todas las diferentes formas de agricultura como actividades insostenibles en este ecosistema (Ruiz et al., 2015), cuando es evidente que el campesino del páramo es otro actor afectado por

la misma problemática, ya que la agricultura depende de los mismos recursos naturales que el modelo de revolución verde degrada (Martinez et al., 2018).

En este contexto se genera la incertidumbre sobre si los procesos de transición y reconversión productiva efectivamente surten cambios y aproximan la actividad agrícola a su estado de mayor sostenibilidad (Gliessman, 2002; Nicholls et al., 2015) o, al contrario, pueda ser un proceso cooptado, que perpetúe el modelo de producción actual y su impacto negativo sobre los recursos naturales (de Olde et al., 2017; Schader et al., 2014).

3.2 Los agroecosistemas como marco de evaluación

Los agroecosistemas son ecosistemas deliberadamente modificados por el ser humano con el fin de obtener bienes y servicios de interés económico (Dalgaard et al., 2003; Gliessman, 2002), por tanto, es el lugar donde se presentan relaciones dinámicas entre la cultura y su entorno físico-biológico. Por ende, el agroecosistema se configura como un tipo de ecosistema en donde la gestión del ser humano permite el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación de estos. Altieri et al (2015) sugieren que el agroecosistema es un diseño espacial de arreglo de la diversidad intra e interespecífica disponible, que permite el máximo aprovechamiento energético de las características que tengan cada planta, cada insecto, cada microorganismo y la comunidad local.

León-Sicard (2009), desde una visión ambientalista de la agroecología, propone que el agroecosistema puede entenderse como “el conjunto de relaciones e interacciones entre suelos, climas, plantas cultivadas, organismos de distintos niveles tróficos, plantas adventicias y grupos humanos en determinados espacios físicos y geográficos, cuando son enfocadas desde el punto de vista de sus flujos energéticos y de información, de sus ciclos materiales y de sus relaciones simbólicas, sociales, económicas y políticas, que se expresan en distintas formas tecnológicas de manejo dentro de contextos culturales específicos” sin embargo, se reconoce que las interacciones entre los componentes del agroecosistema no siempre se presentan dentro de los límites del predio o finca por tanto, sus alcances pueden ser difusos (Nicholls et al., 2015).

3.3 El páramo entendido como un agroecosistema

Los páramos son complejos de ecosistemas de alta montaña muy estudiados, se encuentran ubicados principalmente en la cordillera de los Andes a partir de los 2700 msnm, y en algunas franjas montañosas entre Costa Rica y Panamá, aunque con un alto grado de intervención antrópica (Hofstede et al., 2014). Sarmiento et al (2017) indican que la cota altitudinal descrita

anteriormente no concuerda necesariamente con un piso bioclimático determinado y permiten incluir ecosistemas anexos al páramo como el bosque andino, la franja altoandina, el páramo bajo, el páramo medio y el superpáramo que es dominado por la acción glaciar.

La configuración del páramo como agroecosistema está definido por el grado de intervención que han tenido las actividades antrópicas y el ordenamiento sociocultural de la población local (Torres, 2021; Uribe, 2014). Se puede afirmar, que los agroecosistemas de páramo son ecosistemas modificados para dedicarlos a actividades de producción de algunas plantas, tanto para autoconsumo como para la comercialización. La mayor parte de los cultivos son utilizados para la alimentación, entre ellos, tubérculos andinos (papa, cubios, rubas), frutas (agraz, mortiño) y algunas hortalizas (cebolla). Así mismo, se desarrollan actividades pecuarias como la ganadería bovina, ovina y porcícola, y finalmente actividades de extracción minera que aún hacen parte importante de la economía para algunos pobladores del páramo (DANE, 2019).

El ser humano, durante un largo proceso histórico, ha madurado un estilo de vida, una cultura y un arraigo frente al páramo como un espacio de convivencia y de buen vivir para todos los habitantes, sin embargo, tales interacciones no quedan limitadas a las modificaciones que ha hecho este sobre el paisaje (Avellaneda et al., 2014; Gerritsen et al., 2018). Para algunas comunidades indígenas estos ecosistemas tienen una importancia espiritual y religiosa que permea su cosmovisión y la manera como se aprovechan los recursos que ofrece, paralelamente, las comunidades campesinas modifican los paisajes con iglesias y centros religiosos principalmente cristianos y católicos para eventos de peregrinación durante celebraciones religiosas que junto a la belleza escénica plantean la posibilidad del desarrollo de actividades para turismo y recreación (Palomino et al., 2019).

3.4 Páramos y servicios ecosistémicos

Durante el año 2005, en el marco del proyecto Evaluación de los ecosistemas de Milenio (MEA) se definieron los servicios ecosistémicos (SE) como beneficios que ofrece la naturaleza hacia la humanidad, Quijas et al. (2010) complementan la definición mencionando que un SE es percibido como tal cuando se consumen, se disfrutan o se contribuyen directamente a través de interacciones y permiten generar condiciones adecuadas para el bienestar humano. Finalmente De Groot et al. (2002) aportan un marco de categorización de SE en cuatro grupos:

- Servicios de soporte: procesos que dan soporte a los otros tres grupos de SE, un ejemplo es la formación de suelos.

- Servicios de regulación: están relacionados a aquellos servicios que de manera indirecta están generando un entorno más favorable para el ser humano como la depuración y regulación del agua y la regulación microclimática.
- Servicios de abastecimiento: son aquellos que de manera directa favorecen al ser humano, ejemplo de esto es la producción de alimento por ganadería y agricultura y la provisión de agua.
- Servicios culturales: están más relacionados hacia el estímulo positivo de la experiencia humana en un entorno natural, en este caso se habla de las actividades donde la sociedad aprovecha el ecosistema desde el ecoturismo hasta la valoración de un lugar sagrado.

Bajo ese enfoque, el páramo colombiano tiene una amplia oferta de SE (Figura 1), siendo los servicios de abastecimiento y regulación hídrica los principales de este agroecosistema (Hofstede, 2008). Más recientemente Hofstede et al., (2014) han planteado que el páramo en esencia presta el servicio de regulación hídrica, ya que funciona más como una “esponja” que como una “fabrica” de agua (Hofstede et al., 2014).

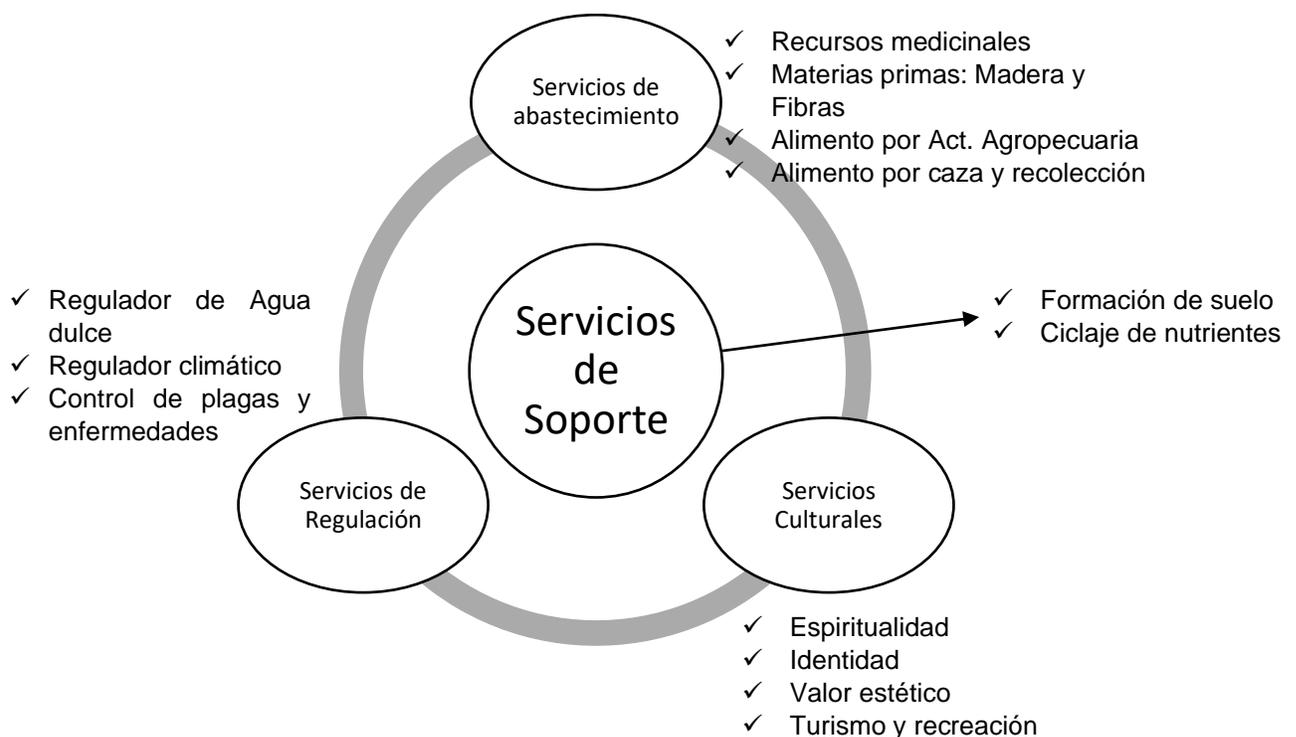


Figura 1: Servicios ecosistémicos del páramo. Elaboración propia con base en la información de: Acevedo y Angarita, 2018; Martínez, 2008; Montañez, 2018; Novoa Usaquén, 2017

3.5 Valoración de los servicios ecosistémicos (SE)

Los SE son funcionales en la medida que son identificados y valorados (Rincón-Ruíz et al., 2014). Esta importancia o valoración de los SE está definida en tres tipos: valor económico, valor ecológico y valor sociocultural (De Groot et al., 2002). En ese sentido, se han desarrollado diferentes metodologías para la valoración de los SE. En este apartado se pretende dar una breve introducción hacia los diferentes marcos de valoración empleados alrededor del mundo y principalmente en Colombia.

Valoración Económica

Para Costanza et al (2014) una de las maneras más directas para evidenciar la importancia y conservar el flujo de los SE es mediante la valoración en términos monetarios, es decir, cuantificar el valor de los SE en unidades monetarias permite mejorar el entendimiento y la conservación de los SE y su relación con otros bienes y servicios que en combinación contribuyen al bienestar humano sostenible (Luisetti et al., 2013). En ese sentido, De Groot et al (2002) han documentado que la valoración económica está dividida en cuatro tipos como se observa en la Figura 2, y plantea cada tipo de acuerdo con las conceptualizaciones particulares y metodológicas en cada uno.

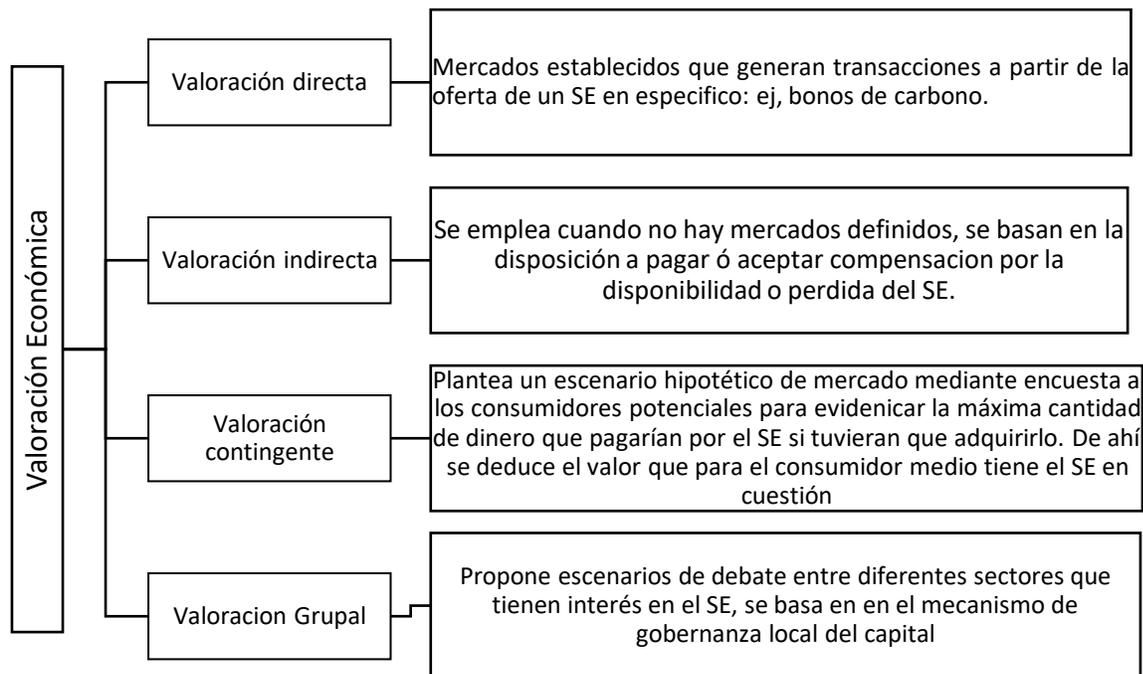


Figura 2: Clasificación de los tipos de valoración económica para servicios ecosistémicos. Fuente: (Costanza et al., 2014; De Groot et al., 2002)

Valoración biofísica y cultural

No todos los servicios ecosistémicos son cuantificables a partir de un concepto monetario y más aún, surge la incertidumbre sobre el efecto que tendría el valorar en términos monetarios toda la oferta de SE. Algunos académicos, como Costanza et al (2014), sugieren que esto podría incurrir en la mercantilización de los beneficios que la naturaleza brinda y que el ser humano aprovecha.

Así mismo, se debe reiterar que el flujo de SE depende de procesos tanto ecológicos como biofísicos en los ecosistemas por lo que De Groot et al (2002) proponen un esquema alternativo para clasificar, evaluar y valorar los SE a partir de cuatro funciones ecosistémicas:

1. Regulación: se relaciona con la capacidad de los ecosistemas para regular los procesos ecológicos esenciales y los sistemas de soporte de vida, a través de los ciclos biogeoquímicos y otros procesos de la biosfera.

2. Hábitat: proporcionar el espacio vital indispensable para la reproducción de plantas salvajes y especies animales.
3. Producción: de manera resumida consiste en la provisión de recursos naturales. Dicho de manera más especializada se refiere a los procesos de fotosíntesis y asimilación de nutrientes por los autótrofos, quienes convierten la energía, el agua, los nutrientes y el dióxido de carbono en estructuras de carbohidratos que usan luego los productores secundarios para producir biomasa.
4. Información: como la evolución humana tuvo lugar en hábitats no domesticados, los ecosistemas naturales proporcionan una “función de referencia” y contribuyen a la salud humana proporcionando oportunidades para la reflexión, el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la recreación, etc.

Este esquema no se limita solo a identificar algunos elementos que componen los servicios ecosistémicos, sino que, facilita el empleo de indicadores para el diagnóstico de los servicios ecosistémicos a partir de las funciones ecológicas y biofísicas que los componen y paralelamente, aportar elementos para la valoración monetaria. En Colombia se han realizado importantes avances en la valoración integral de los servicios ecosistémicos del páramo tanto en ecosistemas no intervenidos como en zonas con alta incidencia agrícola (Rincón Garavito, 2015).

3.6 Las escuelas de agricultura en Colombia

La agricultura sostenible se define de acuerdo con lo establecido en el Informe Brundtland, “Nuestro futuro Común” en 1987, como el sistema que debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de sus productos y servicios, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad, la salud del medio ambiente y la equidad social y económica, además la Agricultura sostenible se convierte en un gran espacio que alberga a diferentes escuelas de agricultura amigables con el ambiente (Brundtland, 1987; Ruiz et al., 2015).

Mejía (1995) identificó en Colombia, diferentes escuelas de agricultura que el autor denomina agriculturas para la vida, porque contienen prácticas y estrategias que son menos intensivas, basadas en el reconocimiento de los recursos naturales y con una filosofía de vida para las comunidades que las practican. Una parte importante de estas prácticas proviene de la época prehispánica y se consideran relictos culturales resilientes porque han llegado a nuestra época, así mismo, algunas de las escuelas alternativas incluyen propuestas más modernas que en

conjunto pueden ser vistas como filosofías de vida surgidas en contraposición al modelo de revolución verde (Chilon, 2018; León-Sicard et al., 2015).

También se consideran un abanico de prácticas y conocimiento intercultural e intergeneracional, que permiten al habitante rural sopesar factores de variabilidad climática y factores socioeconómicos adversos. En la actualidad se han desarrollado nuevas aproximaciones a la agricultura, y otras más se han ido diversificando (Tabla 1).

Tabla 1. Escuelas de agricultura reportados en Colombia

Nombre	Características principales
Revolución verde (convencional)	Paquete tecnológico que incluye insumos de síntesis química semillas mejoradas especializadas para “monocultivo” dirigida a la obtención de altos rendimientos (biomasa/área) y mecanización agrícola que hace uso de combustibles fósiles. En conjunto es una actividad con alta emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Borlaug, 1983).
Orgánica: el método Howard	Materia orgánica compostada considerada elemento básico para la nutrición del suelo y la planta (estiércol y desechos orgánicos compostados), uso de leguminosas y esquemas de rotación, no uso de plaguicidas de síntesis (Howard,1940).
Asociativa	Propuesta que maneja los arreglos productivos en varios estratos, propone dos leyes: ley de la asociación de todas las cosas que favorecen la biodiversidad y ley de la devolución que combate el agotamiento de los recursos (Coccanouer, 1950).
Biodinámica antroposófica	Fundamenta su trabajo agrícola concibiendo la planta como un ser vivo (biológico) que crece y se desarrolla en un campo de fuerzas dinámicas constituido por la fuerza de la tierra (telúricas) y de los astros (cósmicas). De la interacción del organismo, vegetal o animal, y de las fuerzas, telúricas y cósmicas, surgen las manifestaciones propias del organismo (Steiner, 1924).
Mesiánica	Proviene de oriente, tiene un sentido religioso y propone la trilogía: verdad, bondad y belleza. La naturaleza representa la verdad, y la bondad

	es alimentada a diario mediante ejercicios de meditación y la belleza se crea y disfruta por medio del arte (Okada, como se citó en Mejia, 1995).
Microbiológica	Alto uso de microorganismos, conceptualización del suelo como ser vivo, uso de fermentos, biofertilizantes, consorcios microbianos, microorganismos inoculantes, antagónicos y entomopatógenos (Higa, como se citó en Mejia, 1995).
Energía mental y producción agrícola	Todas las formas de rituales (ceremonias, rezos, sahumeros, chamanismo) asociados a prácticas religiosas y formas de expresión espiritual dirigidas a las actividades agropecuarias (Botero et al., 2000).
Radiónica tecnológica	Se basa en un principio de que todas las formas de vida tienen su propio campo electromagnético y comparten el campo electromagnético de la tierra, si se distorsionan los campos electromagnéticos propios, se presentan enfermedades en el organismo. (Tompkins y Bird, 1974, como se citó en Mejia, 1995)
Biológica	Adopta principios básicos como la labranza mínima, y la sanidad y fertilidad se busca mediante los abonos, las rotaciones y las asociaciones (Aubert, 1970, como se citó en Mejia, 1995).
Natural	Se basa en la filosofía de que el hombre debe trabajar con las leyes de la naturaleza, interpreta la naturaleza desde un punto de vista espiritual donde la no intervención y la alta diversidad tiene un rol importante para su implementación (Roger, 1958, como se citó en Mejia, 1995).
Por tecnologías apropiadas	Aplicación de una tecnología propia para cada ocasión, con frecuencia en términos blandos, es decir, expresa oposición a las tecnologías de punta y da lugar al rescate de prácticas ancestrales y conocimientos populares (CIAO, 1997).
Natural de no intervención	Plantea una agricultura de cuatro principios: no laboreo del suelo, no desyerba, no fertilizantes de síntesis química y no pesticidas. No se trata

	de una proposición de abandono o ignorancia sino de integración con la naturaleza y de humildad del saber (Fukuoka, 1995).
De biodiversidad	Emplea plantas anuales y perennes en arreglos multiestrato en ciclos temporales variables mediante dos mecanismos: tumba y pudre (regiones Pacífica y Amazonia) y tumba y quema (regiones Orinoquia y Caribe). Es la forma más extendida en pueblos aborígenes, raizales e indígenas del trópico colombiano (Mejía, 1995).
Permacultura	Se basa en dos aspectos principales: espacio y tiempo. Implica el manejo de la energía solar, la deriva final hacia cultivo de tipo perenne, y la asociación e integración de lo agrícola con lo pecuario. Respecto al tiempo, consiste en la evolución hacia una estructura estable dominada por la arboricultura. Desde el punto de vista político plantea la contradicción entre economía de mercado a escala mundial (agroexportación) y economías regionales estables (seguridad alimentaria) (Mollison, 1988).
Climáticamente inteligente	Concepto reciente que enmarca la formulación de políticas, la implementación de prácticas y el fortalecimiento de la financiación dirigidas a impactar en la seguridad alimentaria, la adaptación y mitigación frente al cambio climático (Forero et al., 2020).
4.0	Se origina de la conceptualización del paradigma de la cuarta revolución industrial, pretende englobar la agricultura de precisión, la climáticamente inteligente e incluye elementos de lot y big data para lograr una mayor eficiencia en toda la cadena agroalimentaria, incluyendo la experiencia del consumidor, que recibe información a través de Internet (Mooney, 2020).
Agricultura regenerativa	Proyecto de vida y de construcción social pensado en términos de agricultores anárquicos. Está compuesto por los elementos: potenciamiento de los sistemas de producción a partir de un enfoque holístico, potenciamiento de la biota implicado en el ciclo de los nutrientes, potenciamiento de la biodiversidad hacia la ocupación de todos los nichos

	<p>posibles en un mismo espacio y potenciamiento de la biodiversidad hacia un equilibrio biológico (rotaciones, asociaciones, purines, control biológico, repelentes, trampas), minimización de labranza y potenciamiento de la capacidad creativa del agricultor frente al intervencionismo del estado (Rodale, 1940, como se citó en Moyer et al., 2020).</p>
<p>Agroecología</p>	<p>Es una disciplina científica, un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como ciencia, estudia las interacciones ecológicas de los diferentes componentes del agroecosistema, como conjunto de prácticas, busca sistemas agroalimentarios sostenibles que optimicen y establezcan la producción, y que se basen tanto en los conocimientos locales y tradicionales como en los de la ciencia moderna. Como movimiento social, impulsa la multifuncionalidad y sostenibilidad de la agricultura, promueve la justicia social, nutre la identidad y la cultura, y refuerza la viabilidad económica de las zonas rurales. (Altieri et al., 1999; Gliessman, 2002; Wezel et al., 2009)</p>

La diversidad en los sistemas de agricultura colombianos, sugiere que la intervención del estado frente al desarrollo agrario y el fomento de la agricultura de revolución verde, fue desigual en todo el país (Coy et al., 2021), paralelamente, la agricultura constituye parte de arraigo cultural para algunas comunidades campesinas, indígenas, raizales y palenqueras, por lo que, cualquier tipo de cambio en las formas de agricultura vigentes, serán adoptadas por las comunidades si no afecta las bases de su cultura (Swinton et al., 2007).

3.7 La agroecología como base metodológica para la reconversión

La agroecología definida como ciencia transdisciplinaria (Tabla 1), tiene una visión holística del agroecosistema y aporta elementos metodológicos que son complementarios entre sí para abordar la transición productiva agropecuaria hacia la sostenibilidad.

De acuerdo con Nicholls et al. (2015) la agroecología utiliza los principios ecológicos para el diseño y el manejo de agroecosistemas diversificados, donde no se promueve el uso de recetas técnicas, sino que se incentiva la recuperación de procesos naturales tales como el ciclaje natural de nutrientes del suelo, la regulación de poblaciones de organismos en diferentes niveles de la cadena trófica y la eficiencia en el aprovechamiento de los procesos biofísicos del ciclo hídrico

en el territorio, entre otros más, que, cuando se aplican en una región particular, se adaptan a las condiciones del agroecosistema y a los contextos socioculturales para responder a las necesidades socioeconómicas de los agricultores.

La Agroecología como disciplina ha tenido un crecimiento importante donde actores como FAO promueven la transición hacia formas de agricultura sostenible a partir del consenso y divulgación de 10 elementos básicos de la agroecología (FAO, 2018b):

1. La diversidad: aumentar la diversidad de especies y recursos genéticos mediante diferentes estrategias adaptadas a los contextos.
2. Las sinergias: diseñar sistemas diversificados que combinen de manera selectiva cultivos anuales y perennes, ganado, animales acuáticos, árboles, suelos, agua y otros componentes en los territorios.
3. La eficiencia: fomentar el uso de los recursos locales al tiempo que se reduce la dependencia de los recursos externos para empoderar a los productores aumentando su autonomía y su resiliencia.
4. La resiliencia: ampliar la capacidad de los agroecosistemas para recuperarse de las perturbaciones, en particular de fenómenos abióticos (cambio climático) y bióticos (plagas y enfermedades).
5. El reciclaje: el desperdicio es un concepto humano, en los ecosistemas naturales no existe.
6. La creación conjunta y el intercambio de conocimientos: la agroecología propone combinar los conocimientos tradicionales y autóctonos, los conocimientos prácticos de los productores y comerciantes y los conocimientos científicos mundiales.
7. Los valores humanos y sociales: situar las aspiraciones y necesidades de los productores, distribuidores y consumidores de alimentos en el centro de los sistemas alimentarios.
8. La cultura y tradiciones alimentarias: recuperar la relación entre la identidad cultural, el sentimiento de pertenencia a los territorios con los sistemas alimentarios vigentes.
9. La economía circular y solidaria: reconectar a productores y consumidores a través de una economía circular y solidaria en la que se dé prioridad a los mercados locales.

10. La gobernanza responsable: fomentar mecanismos de gobernanza transparentes, inclusivos y basados en la rendición de cuentas para crear un entorno favorable para todos.

Estos 10 elementos son el marco de referencia empleado en este trabajo para identificar procesos de transición en los territorios aunque, se tiene en cuenta lo planteado por Tiftonell, (2019) quien complementa estas visiones al proponer que transitar hacia una producción de alimentos sostenible a través de los principios de la agroecología implica varias transiciones simultáneas, a diferentes escalas, niveles y dimensiones; de índole social, biológica, económica, cultural, institucional, política concluyendo que la transición de base agroecológica implica una transición técnico- productiva a nivel de los subsistemas de la explotación, una transición socio-ecológica a nivel de la familia rural, su comunidad y su paisaje, y una transición político-institucional a nivel de territorios, regiones y países.

3.8 La reconversión productiva agropecuaria en páramos

La reconversión productiva agropecuaria en páramos se aborda desde el concepto de transiciones sociotécnicas hacia sistemas de producción más sostenibles propuesto por Geels y Kemp (2007), quienes proponen que el reconocimiento de problemáticas y la voluntad de generar espacios de cambio son aspectos indispensables para mitigar o eliminar las problemáticas detectadas, generalmente mediante procesos de diálogo que se sostienen a través de una temporalidad definida por la velocidad con la cual se perciben cambios. Un ejemplo que permite entender la reconversión productiva como objeto de estudio fue propuesto por Toledo et al (2002), quienes analizaron los procesos de la modernización rural de México mediante el marco socioecológico y concluyen que el grado de adopción (y adaptación) de prácticas y paquetes tecnológicos de la revolución verde, constituyen el criterio clave para identificar categorías específicas de productor y el grado de reconversión hacia el modelo de revolución verde.

En consecuencia, para esta tesis se emplea el concepto de transición de Geels y Kemp (2007) y el marco de valoración socioecológico propuesto por Toledo et al (2002) pero ajustado a páramos, para lo cual se incluye prácticas de manejo de base agroecológica y de algunas otras escuelas de agricultura (Tabla1) que permite proponer las etapas sociotécnicas para la transición agropecuaria en páramos de la Figura 3. Este marco de transición agropecuaria hacia la sostenibilidad propone tres etapas empezando con la identificación del modelo de producción preponderante, que actúa como paradigma agrícola y en el caso de los páramos está sustentada principalmente en prácticas de la revolución verde (Martínez, 2009; van der Ploeg, 2013).

Posteriormente se encuentra la etapa de transición en donde se inicia el reconocimiento de las problemáticas asociadas a la forma de producción preponderante y se inician los acuerdos sociotécnicos de cambio a escala local. Finalmente se espera llegar a formas de agricultura sostenible que es la última etapa, en donde se consolidan modelos de producción diferenciados en donde las métricas para identificar el éxito del sistema productivo trascienden del rendimiento por área y la disminución de costos para incluir aspectos como la calidad de los alimentos, la conservación de recursos naturales y la revalorización cultural local entre otros (Altieri et al., 2012).

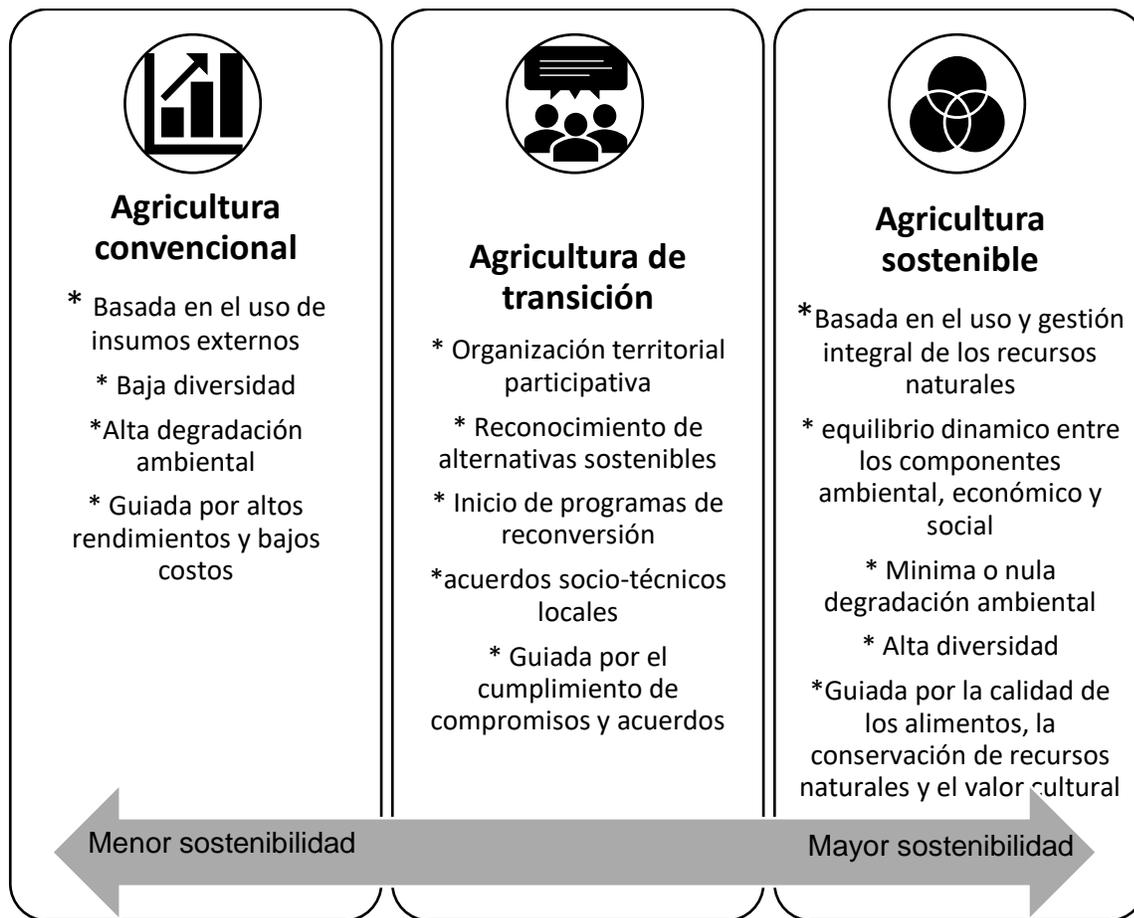


Figura 3: Etapas de la transición agropecuaria en páramos Fuente: propia a partir de Altieri et al., 2012; Martínez et al., 2018; Ruiz et al., 2015; Sachs y Reid, 2006

3.9 Políticas públicas y normatividad vigente sobre la actividad agropecuaria en Colombia

Colombia tiene compromisos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2017), que, en el contexto de la actividad agropecuaria, es absolutamente perentorio asumir, entre ellos: 1.- Fin de la pobreza; 2.- Hambre cero; 3.- Salud y bienestar; 5.- Igualdad de género; 6.- Agua y saneamiento; 8.- Trabajo decente y crecimiento económico; 12.- Producción y consumo responsable; 13.- Acción por el clima y 15.- Vida de ecosistemas terrestres. También se encuentra el acuerdo de París, que busca la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades económicas de mayor impacto, entre ellas la agricultura (García, 2019).

La firma de tales acuerdos conlleva a un marco normativo local representado en instrumentos de política pública (DNP, 2018), una de ellas es la ley 2169 de 2021 para impulsar el desarrollo bajo en carbono, carbono neutralidad y resiliencia climática, donde el sector agropecuario se pone las metas de disminuir en un 51 % las emisiones de GEI a 2030 y mejorar las capacidades de adaptación a la variabilidad climática y/o cambio climático en 10 cadenas productivas que incluye papa y ganadería, preponderantes en la alta montaña (MADS, 2020).

Una de las más importantes, para efectos de este trabajo es la Ley 1930 de 2018 para la gestión integral de los Páramos en Colombia, que propone a los páramos como territorios de protección especial; que integran componentes biológicos, geográficos, geológicos e hidrográficos, así como aspectos sociales y culturales, que deben ser objeto de conservación. Así mismo, se establecen una serie de prohibiciones definidas como actividades de alto impacto como el uso de maquinaria agrícola pesada, las talas, la fumigación, la aspersión de químicos y plantea una reconversión gradual de actividades agropecuarias hacia prácticas de base agroecológica.

Consecuentemente los ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, emiten conjuntamente las resoluciones n°1294 de 2021 que establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y n°249 de 2022 sobre lineamientos para orientar el diseño, capacitación y puesta en marcha de programas, planes y proyectos de reconversión y sustitución de las actividades agropecuarias de páramos delimitados, que hace parte de la agenda interministerial para los procesos de reconversión.

4. Metodología

Este trabajo se realizó mediante un enfoque de investigación analítico-descriptivo, de carácter mixto, donde se obtuvo información cualitativa y cuantitativa. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el enfoque mixto logra una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno estudiado, al emplear el carácter analítico basado principalmente en números que tiene el enfoque cuantitativo, y la descripción de las formas a partir del uso del lenguaje y elementos visuales representativas que emplea el enfoque cualitativo.

Por tanto, si se emplean dos métodos con fortalezas y debilidades propias que llegan a los mismos resultados, aumenta nuestra confianza en que estos son una aproximación fidedigna del fenómeno estudiado (Todd et al., 2004). Consecuentemente, el estudio de sistemas agropecuarios de producción sostenible plantea el reto del análisis de variables ambientales, económicas y sociales que solo a través de un enfoque mixto puede ser abordado.

Adicionalmente, en el desarrollo de este estudio se emplearon estrategias de investigación participativa que permitieron generar una mayor aproximación hacia las formas de producción agroecológicas, que tienen una importante connotación social (Wezel et al., 2009) y dependen del dialogo de saberes, un aprendizaje constante y del desarrollo de ciencia con sentido social que reivindique el conocimiento campesino, y aporte al escalamiento progresivo de formas de vida sostenibles (Altieri et al., 2000; Sarandón y Flores, 2014).

4.1 Descripción zona de estudio

El complejo de páramos de Guerrero se encuentra ubicado al norte de Cundinamarca a 40 kilómetros de distancia de la ciudad de Bogotá, capital del país. Este complejo tiene una extensión de 42 325 hectáreas de acuerdo con la delimitación realizada por el instituto Alexander Von Humboldt (IAvH, 2004) y su zona de influencia se encuentra en la jurisdicción de 14 municipios (Figura 4), aunque el 73,28% del área total del complejo de páramo de Guerrero se encuentra ubicado principalmente en 4 municipios: Carmen de Carupa, Tausa, Zipaquirá y Subachoque (IAvH, 2013).

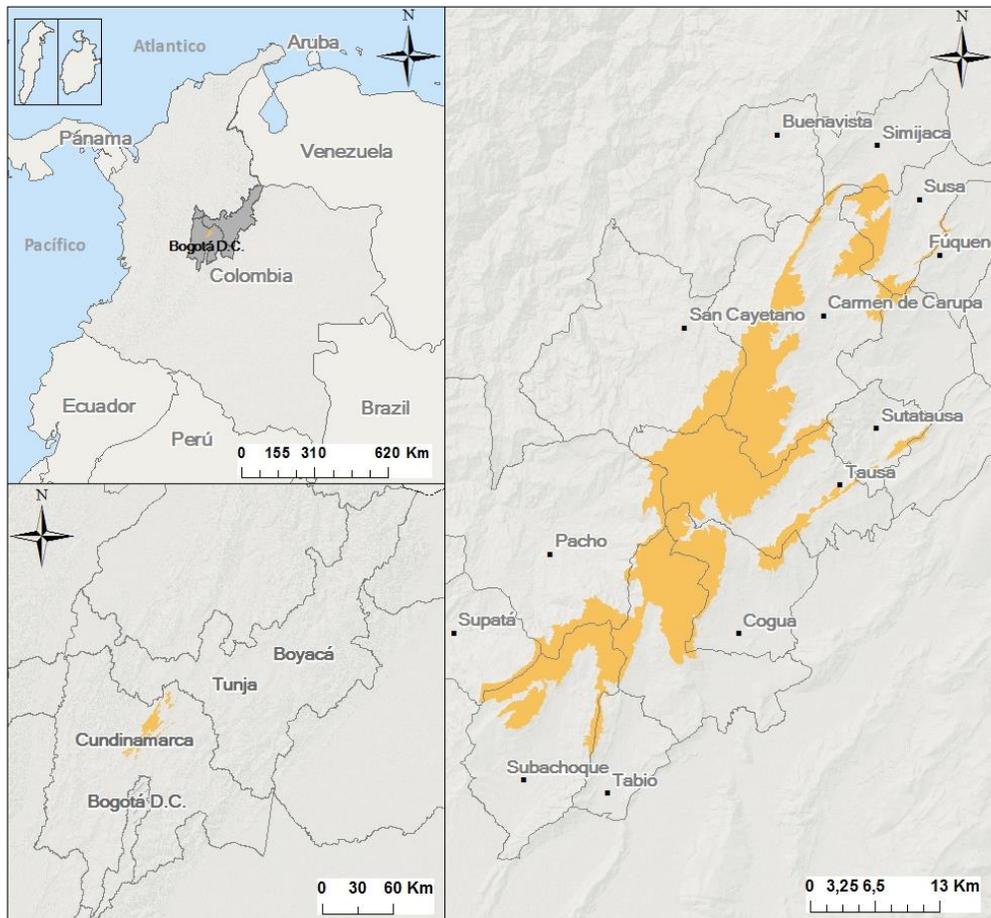


Figura 4: Ubicación geográfica complejo páramo de Guerrero Fuente. IAvH (2013).

El clima del complejo de páramos de Guerrero está clasificado entre semihúmedo y húmedo, con un cociente de precipitación y temperatura que oscila entre 81 y 115 mm/°C. La precipitación presenta un régimen bimodal, con dos periodos húmedos y dos secos, con variaciones en los valores de promedio multianual entre 604,9 y 1 084,5 mm, el punto más alto alcanza los 3 780 msnm (IAvH, 2004).

En estudios de comunidades vegetales en el páramo de Guerrero, se identificaron 110 especies de flora representadas por individuos de las familias *Asteraceae*, *Ericaceae*, *Melastomataceae*, *Poaceae*, *Rosaceae* y *Rubiaceae* que configuran paisajes de frailejonales y pajonales de gramíneas en macolla, en las que se entremezclan matorrales y prados, no obstante, el complejo de Guerrero han sufrido un proceso de explotación desde la Colonia hasta la actualidad relacionado con actividades productivas como la agricultura, la ganadería y la minería que son preponderantes en la actualidad (IAvH, 2004).

La fuente de ingreso más importante para la población es el cultivo de la papa, aunque también se encuentran pastizales. Estas dos son las coberturas antrópicas más extendidas y llegan hasta los 3500 msnm. Sin embargo, hay también zonas cultivadas con arveja, haba, zanahoria y otros cultivos transitorios y respecto a la ganadería, las gramíneas que se utilizan son el pasto kikuyo (*Penisetum clandestinum*), la falsa poa (*Holcus lanatus*) y el carretón (*Trifolium repens*) (IAvH, 2004).

4.2 Identificación de actores en la zona de intervención

De acuerdo con Binder et al. (2013) el marco de sistemas socioecológicos provee un lenguaje común que permite explicar las dinámicas de cambio sociales y ambientales que enfrenta el territorio. Bajo esta premisa se empleó la propuesta de McGinnis et al. (2014) para realizar un ejercicio de aproximación al territorio, los sistemas productivos y los productores a través de un conjunto de variables en concordancia con la sostenibilidad y su comprensión integral. El análisis contempla la recopilación de información secundaria en diferentes entidades u organizaciones como Ministerio de Agricultura, Ministerio de Ambiente, UMATAS, alcaldías, asociaciones campesinas, ambientales, gremios y entidades que se encontraron en el territorio considerados actores claves. Posteriormente se realizaron entrevistas semiestructuradas. Con la información colectada se efectuó un análisis de sistemas socioecológicos de manera cualitativa relacionado al concepto de agricultura sostenible desde la visión de cada actor clave y se perfilaron posibles productores para ser incluidos en el proyecto.

4.3 Diseño de una herramienta para clasificación de fincas

Las particularidades ambientales y productivas conforman un sistema socioecológico y su entendimiento implica un marco de aproximación holístico (Norton, 2016). Para este caso se tomó como referente el marco propuesto por Toledo et al (2002) quienes plantean la utilización de nueve (9) criterios diferenciadores como estrategia de entendimiento de la diversidad de agriculturas que hacen parte de ese sistema socioecológico:

1. Energía: Se refiere al tipo de energía utilizada durante el proceso de producción, en algunos casos se basa en el uso predominante de la energía solar y de plantas, animales y microorganismos que funcionan como convertidores biológicos. En otros casos tiende a maximizar el uso de energía fósil
2. Escala: Un rasgo propio de este criterio es la disponibilidad de tierra para la producción, en las formas campesinas es común la pequeña escala, por otro lado, en los casos de producción agroindustrial, son comunes las escalas de producción grandes.

3. Autosuficiencia: Se refiere al autoconsumo de lo producido. En algunos casos se consume una parte sustancial de la producción y, concomitantemente se, producen casi todos los bienes que se consumen. Por otra parte, existen casos donde todo lo producido se convierten en un producto/servicio y es comercializado.
4. Fuerza de trabajo: Contiene un espectro que va desde la fuerza de trabajo familiar, el uso de tracción animal hasta la mecanización que hacen parte de las diferentes estrategias para las labores agrícolas necesarias en la unidad productiva.
5. Reciclaje: Es la decisión de reincorporar, reaprovechar o reutilizar aquellos desechos que hacen parte inherente de las actividades productivas. En algunos casos se busca reutilizar todo tipo de residuo o desperdicio, en otros casos, se convierten en externalidades que no se tienen en cuenta al final del ciclo productivo.
6. Diversidad: La agricultura por sí misma puede ser una actividad central o complementaria en la economía de la finca, así mismo, hace relación al aprovechamiento de la biodiversidad disponible. Es común la especialización agrícola del monocultivo como también la integración de diferentes estrategias productivas.
7. Productividad: Se concibe en la eficiencia energética. En algunos casos la energía solar es empleada eficientemente y se obtiene una buena retribución de biomasa aprovechable, en otros casos, la especificidad productiva implica mayor consumo de energía para una obtención de grandes cantidades de biomasa.
8. Conocimiento: Este criterio se refiere al tipo de saberes que se ponen en acción durante el proceso productivo. En algunos casos se deriva de la práctica cotidiana y tiene un carácter holístico desarrollado en un contexto ambiental específico, en otros casos, es predominantemente técnico y especializado en el uso de paquetes estandarizados (maquinarias, fertilizantes químicos, semillas mejoradas, antibióticos y alimentos procesados)
9. Cosmovisión: Hace énfasis en la visión que se tiene del territorio y de los mecanismos para el aprovechamiento de sus recursos. En algunos casos se basa en una visión no materialista de la naturaleza, heredada de una tradición, en otros casos es una visión productivista y pragmática de la naturaleza como una entidad sujeta de ser manipulada.

Luego de definir los criterios, se asignó un porcentaje de 11,11% a cada uno, para sumar un 100%. Consecuentemente se utilizó información de algunos tratados sobre agroecología de Sarandón et al., (2014) y las estructuras para verificación de la norma Global GAP (FAO, 2016)

para el diseño de los indicadores con escalas de valoración para cada criterio como se observa en la Tabla 2. Las escalas diseñadas para cada indicador están compuestas por una valoración cualitativa que permite la recolección de información en fincas y su equivalente en escala cuantitativa calculada a partir de los cocientes obtenidos de los indicadores para cada criterio y la generación de agregados de los desempeños.

Tabla 2. Indicadores y escalas de valoración.

Criterio	Nombre indicador	Escala de valoración		
		Cualitativa	Cuantitativa	
Energía	Uso de energía actividades agropecuarias	1. Uso exclusivo de fuentes de energía renovables	1,23%	
		2. Uso mixto energías renovables y no renovables	2,47%	
		3. Uso exclusivo de energías no renovables	3,70%	
	Uso de insumos para el control de poblaciones	1. Orgánico y/o biológico	0,74%	
		2. Orgánico y/o biológico+ Inorgánico	1,48%	
		3. Orgánico y/o biológico+ síntesis química	2,22%	
		4. Síntesis química + inorgánico	2,96%	
		5. Sólo síntesis química	3,70%	
	Uso de fertilizantes	1. Orgánico y/o biológico	0,74%	
		2. Orgánico y/o biológico+ Inorgánico	1,48%	
		3. Orgánico y/o biológico+ síntesis química	2,22%	
		4. Síntesis química + inorgánico	2,96%	
		5. Sólo síntesis química	3,70%	
	Escala	Área en policultivo	1. Mayor al 50%	1,12%
			2. Entre 30 y 50%	2,24%
3. Entre 10 y 30%			3,36%	
4. Entre 1 y 10%			4,48%	
5. Menor al 1%			5,56%	
Arena en actividades para conservación		1. Mayor al 50% del área	1,12%	
		2. Entre el 49 -30%	2,24%	
		3. Entre el 29-10%	3,36%	
		4. Entre el 9-1%	4,48%	

		5. No tiene zona de conservación	5,56%	
Autosuficiencia	Destino final producto/servicio	1. Solo autoconsumo	2,78%	
		2. Autoconsumo (alto)+ Venta (bajo)	5,56%	
		3. Autoconsumo (bajo)+ Venta (Alto)	8,30%	
		4. Solo venta	11,11%	
Fuerza de trabajo	Tipo de arado	1. Labranza mínima	1,40%	
		2. Arado manual	2,80%	
		3. Tracción animal	4,20%	
		4. Mecanizado	5,56%	
	Relación con trabajadores	1. Familiar	1,40%	
		2. Vecinal	2,80%	
		3. Mixta	4,20%	
		4. Asalariado	5,56%	
Reciclaje	Manejo de Residuos	1. Se reutilizan todos los residuos al incorporarlos a los subsistemas	3,70%	
		2. Se utilizan parcialmente, una parte se desecha	7,40%	
		3. No se reutilizan en ningún proceso de reaprovechamiento/reciclaje	11,11%	
Diversidad	Agrobiodiversidad	1. Mayor diversidad productiva: índice calculado se aproxima a 10	1,23%	
		2. Incorporación de diversidad productiva: índice entre 3-7	2,47%	
		3. Mayor especificidad productiva: índice calculado se aproxima a 1	3,70%	
	forestales y flora nativa	Uso especies	1. Reconoce más del 71% de las especies y usos reportados	0,74%
			2. Reconoce entre el 51-70%	1,48%
			3. Reconoce entre el 31-50%	2,22%
			4. Reconoce entre el 11 - 30%	2,96%
			5. Reconoce menos del 10%	3,70%
	medicinales	Uso de plantas medicinales	1. Reconoce más del 91% de las especies y usos reportados	0,74%
			2. Reconoce entre el 71-90%	1,48%
3. Reconoce entre el 51-70%			2,22%	
4. Reconoce entre el 31 - 50%			2,96%	

		5. Reconoce menos del 30%	3,70%
Productividad	Uso de Agrobiodiversidad	1. 2 o más cultivos principales con entre 2 y 3 variedades	1,40%
		2. 2 o más cultivos principales con 1 variedad	2,80%
		3. 1 cultivo principal con entre 2 y 3 variedades	4,20%
		4. 1 cultivo principal con 1 variedad	5,56%
	Especies animales	1. mas de 11 especies animales	1,40%
		2. Entre 5 y 10 especies animales	2,80%
		3. Entre 2 y 4 especies animales	4,20%
		4. Una especie animal	5,56%
Conocimiento	Base del conocimiento en el manejo de la finca	1. Prácticas basadas solo en conocimiento tradicional	2,78%
		2. Prácticas basadas en conocimiento técnico especializado (-) practicas basadas en conocimiento tradicional (+)	5,56%
		3. Prácticas basadas en conocimiento técnico especializado (+) prácticas basadas en conocimiento tradicional (-)	8,30%
		4. Prácticas basadas solo en conocimiento técnico especializado	11,11%
Cosmovisión	Arraigo con el territorio	1. Local	2,78%
		2. Municipio aledaño	5,56%
		3. Ciudades próximas	8,30%
		4. Origen foráneo	11,11%

Con la información de la Tabla 2, se diseñó el instrumento de captura y los mecanismos de verificación para corroborar la información obtenida mediante el instrumento. Los mecanismos de verificación permitieron recopilar información sobre inventario de insumos agropecuarios, registros de aplicaciones de insumos, origen del material de siembra empleado, volúmenes de cosechas, distribución y magnitud de áreas en las fincas mediante la observación directa, mediciones con GPS, registros fotográficos y registros de trazabilidad cuando estuvieran disponibles.

Teniendo en cuenta la escala de valoración cuantitativa del Cuadro 1, se diseñaron las tipologías de productor que se observan en la Tabla 3. Para las tipologías se utilizó una escala de valoración acumulativa de porcentajes donde se calcularon las sumatorias entre los valores más altos y bajos de cada indicador y la conformación de rangos equidistantes entre valores para cada criterio.

Tabla 3. Tipologías de productor

Tipología	Rango porcentual (%)
Agroecológico	25-40
Agroecológico próximo	41-55
Productor Transicional	56-70
Campesino Tradicional	71-80
Agroindustrial incipiente	81-100

4.4 Validación de la herramienta para clasificar fincas

La validación de la herramienta para clasificar fincas en páramo se realizó mediante el método propuesto por Soriano (2014), el cual incluye una validación por juicio de expertos que se refiere a personas cuya especialización, experiencia profesional, académica o investigativa, relacionada al tema de investigación, les permitió valorar, de contenido y de forma, cada uno de los ítems incluidos en la herramienta, de manera que el investigador pueda mejorar el instrumento en cuanto a los aspectos de contenido, forma y estilo. Posteriormente se empleó la validación psicométrica que consistió en aplicar el instrumento ajustado a diferentes poblaciones de productores ubicados en tres páramos diferentes entre los departamentos de Boyacá y Cundinamarca: Chingaza, Tota-Bijagual-Mamapacha y Guerrero.

La información obtenida se ingresó en la plataforma estadística Jamovi versión 2.3.18 donde se consolidó una base de datos y se realizaron dos tipos de análisis: el primero correspondió a estadística descriptiva donde se tuvo mayor énfasis en las medidas de tendencia central y la clasificación de las fincas entrevistadas en las categorías correspondientes. El segundo fue dirigido a comparar la herramienta diseñada frente a una tipificación estadística, que emplea

análisis de correlaciones múltiples, componentes principales y análisis de conglomerados para comparar mediante un análisis de varianza las diferencias entre ambos métodos (Escobar et al., 1990).

Para el análisis de los datos mediante la tipificación estadística se realizaron análisis multivariados, inicialmente se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad en la variable de la clasificación de fincas (Anexo 3) que para el conjunto de datos disponible presentó normalidad (p-valor: 0,420) y varianza heterogénea (p-valor: 0,071).

Posteriormente se emplearon las correlaciones de Spearman para identificar las correlaciones fuertes entre variables (Anexo 3).

4.5 Aplicación de la herramienta para clasificar fincas

Posteriormente a la validación de la herramienta, esta fue empleada para la clasificación de productores ubicados en zonas de influencia del complejo de páramos de Guerrero particularmente en el municipio de Subachoque que fueron incluidos en el estudio. En este trabajo se escogió esta zona porque convergen fincas que emplean prácticas y estrategias provenientes de diferentes escuelas de agricultura y existen nichos importantes de productores auto percibidos como agroecológicos. Con esta herramienta se obtuvieron categorías de fincas y la información de cada finca en particular fue agregada por tipologías para análisis por estadística descriptiva.

4.6 Identificación de servicios ecosistémicos percibidos por los productores

Se realizaron entrevistas en las que se indagó sobre la percepción de la oferta de servicios ecosistémicos que tienen los productores en sus fincas. De acuerdo con algunos trabajos previos (Hofstede, 2008; Hofstede et al., 2014; Martínez, 2008; Ruiz et al., 2015), se puede afirmar que los servicios ecosistémicos presentes en el ecosistema de páramo son:

Tabla 4. Servicios ecosistémicos percibidos en el ecosistema de Páramo

Categoría	Servicio ecosistémico
Aprovisionamiento	Provisión de agua dulce
	Alimento por act. agropecuaria

	Recursos medicinales
	Plantas para combustible y energía
Regulación	Regulación climática
	Fertilidad del suelo
	Control de erosión
	Hábitat de especies
	Regulación de agua
Cultural	Turismo y recreación
	Salud mental y física
	Experiencia espiritual
	Sentido de pertenencia
	Conocimiento tradicional

4.7 Análisis de sostenibilidad entre tipologías de fincas

4.7.1 Evaluación de sostenibilidad

Se utilizó el marco internacional para la Evaluación de la Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas y Alimentarios -SAFA (FAO, 2013). Esta herramienta tiene una estructura jerárquica de aproximación donde el primer nivel incluye a las dimensiones de la sostenibilidad: Económica, Social, Ambiental e incluye una adicional que es Gobernanza. El segundo nivel corresponde a 21 temas distribuidos entre las cuatro dimensiones de la sostenibilidad. El tercer nivel corresponde a subtemas y el último nivel donde se encuentran los indicadores propiamente que en total son 116 como se observa en la Figura 5.

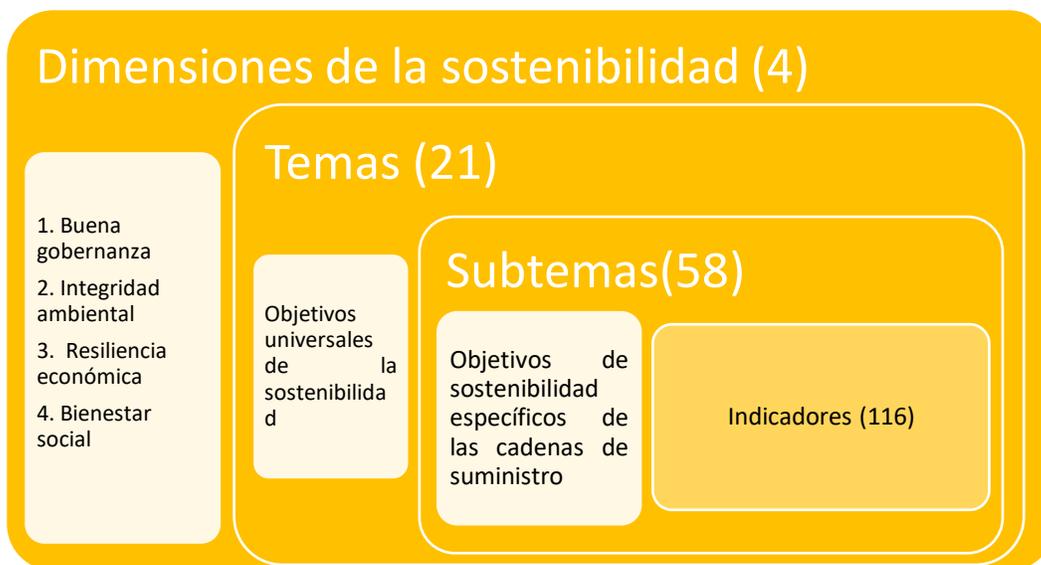


Figura 5. Esquema del marco de evaluación de sostenibilidad que emplea SAFA Fuente: FAO, (2013).

La herramienta fue ajustada para el contexto del páramo de Guerrero donde fue aplicado, esto implicó ajustar el lenguaje que emplea la herramienta y la eliminación de un indicador relacionado a conocimiento indígena ya que esta población no se encuentra en la zona de intervención del proyecto. Finalmente se realizaron entrevistas a cada familia productora y la información fue incluida en el software de análisis SAFA TOOL ver 2.4.1.

4.7.2 Análisis estadístico de las evaluaciones de sostenibilidad

Los resultados obtenidos de la evaluación de sostenibilidad de cada familia productora fueron agregadas de acuerdo con las tipologías de productor obtenidas en el objetivo 1 y descritas en la Tabla 3, posteriormente los datos fueron sometidos a un análisis mediante el método de t-SNE (t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding) que es una técnica no paramétrica similar a PCA.

4.8 Establecimiento de relaciones entre estrategias productivas, la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos

Se empleó el marco de valoración propuesto por Boeraeve et al (2020) donde se realiza la valoración biofísica de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimentos por actividad agropecuaria. Este marco de valoración utiliza los procesos biofísicos y el estado del ecosistema para priorizar unos indicadores que permiten identificar si el servicio ecosistémico a evaluar tiene todos los elementos necesarios para que pueda ser obtenido en el territorio. Para la aplicación del marco de valoración propuesto en páramos, este fue ajustado a indicadores,

procesos y estado del ecosistema asociados al suelo como se observa en la Figura 6 ya que el suelo representa uno de los recursos más importantes tanto para la agricultura como para otras actividades antrópicas y es considerado un recurso natural no renovable, así mismo, es y provee servicios ecosistémicos esenciales para el equilibrio terrestre (Vallejo et al., 2020).

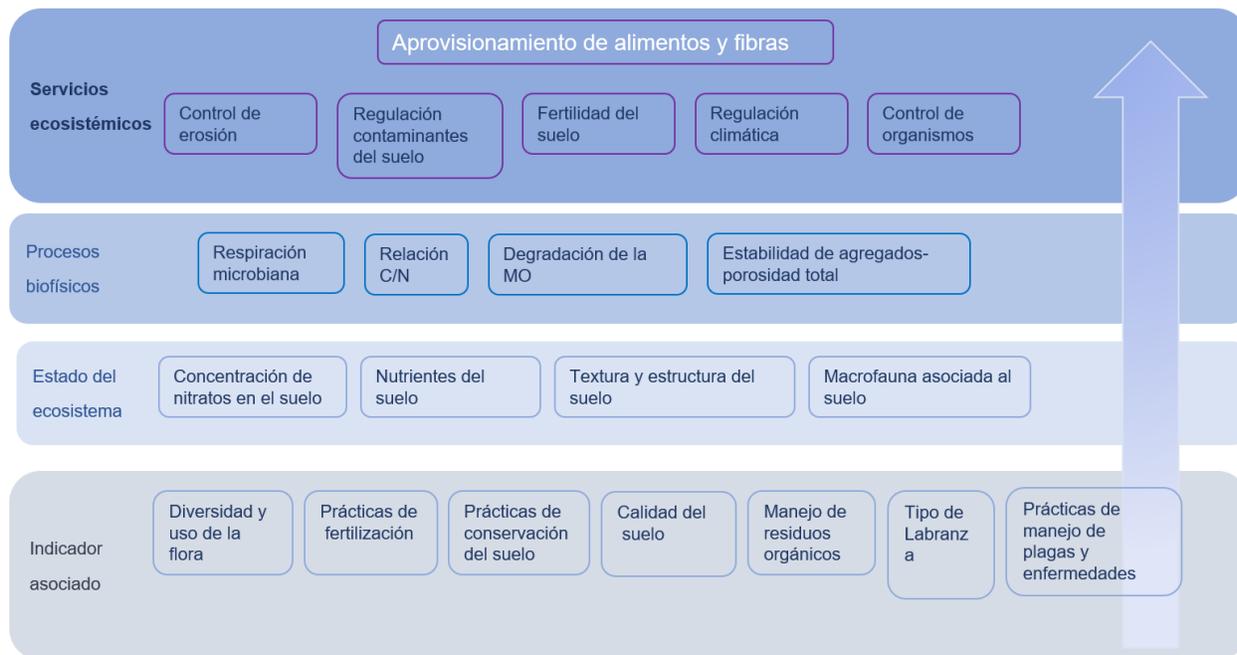


Figura 6. Esquema del marco de valoración de SE e indicadores, procesos y estado del ecosistema Fuente: Propia a partir de Boeraeve et al (2020)

De esta manera se empleó un marco de variables mínimas que son representativas para el suelo y algunos procesos biofísicos que hacen parte de los servicios ecosistémicos. Para el caso de variables de medición mediante análisis de suelo en laboratorio, se tomaron muestras de suelos en áreas destinadas para cultivo mediante un muestreo no probabilístico donde se tomaron tres muestras de suelo en cada finca con un barreno tipo holandés, cada muestra de suelo fue una muestra compuesta al menos por 10 submuestras tomadas en recorridos en zig-zag por la parcela (Mendoza & Espinoza, 2017). Paralelamente se tomaron tres muestras sin disturbar a una profundidad de 30-40 centímetros en sitios equidistantes al centroide de la parcela (Michilena et al., 2010) que fueron guardadas en porta anillos y debidamente etiquetadas. Todas las muestras fueron refrigeradas en neveras con gel a 5°C y trasladadas al laboratorio de suelos del centro de investigación Tibaitatá adscrito a la Corporación colombiana de investigación agropecuaria – AGROSAVIA. Los análisis realizados fueron dirigidos a identificar cambios o diferencias en algunas variables biofísicas que pueden evidenciar perturbaciones.

1. **Contenidos de nitrógeno total:** Relacionado al ciclo de N, es un elemento indispensable para la nutrición vegetal ya que es un constituyente de proteínas. Las muestras de suelo fueron sometidas a proceso de secado en horno a 60°C durante 48 horas. Posteriormente las muestras fueron molidas y tamizadas y se toma una fracción de 1 mg que es colocada en capsulas de estaño de dimensiones adecuadas para el analizador elemental Thermo Scientific™ FlashSmart™. Este equipo utiliza la técnica de combustión flash, donde oxida la muestra mediante un catalizador a través de la combustión en una cámara de alta temperatura. El producto de la combustión de nitrógeno se reduce a N₂ que posteriormente es detectado por conductividad térmica.
2. **Contenido de carbono orgánico:** mejora la estructura del suelo favoreciendo la infiltración, redistribución y retención del agua dentro de este; es fuente de nutrientes y energía para plantas y microorganismos del suelo; disminuye la compactación y la erosión tanto hídrica como eólica. Se realiza en la misma muestra para contenidos de nitrógeno total, por lo cual el procedimiento es el mismo, en este caso el producto de la combustión del carbono se reduce a CO₂ que luego es detectado por conductividad térmica.
3. **Contenidos de nitratos:** El problema ambiental más preponderante es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. Es un indicador de sobre fertilización de suelos. En este caso se empleó la medición de concentración por electrodos selectivos (Arango & Pérez, 2015). Este método consiste en la detección de nitratos (N⁻NO₃⁻) mediante un electrodo Orion 93-07® Ion/plus con módulo de censado y membrana (gel organofílico) reemplazable, que contiene intercambiador selectivo de ion nitrato acoplado a un medidor específico Orión ion/pH 920A portable®. Las muestras de suelo fueron tamizadas y se diluyeron 50 g de suelo en 10 ml de agua durante 5 minutos, posteriormente se dejó reposar la muestra durante 2 minutos y se tomaron alícuotas de 50 ml a las cuales se agregó solución de ajuste de fuerza iónica (ISA) HI4013-00 y posteriormente se realizó medición directa con el electrodo acoplado al medidor. Previo a su uso, el electrodo fue calibrado midiendo cuatro niveles de concentración de soluciones patrón de N⁻NO₃⁻: 1, 10, 100 y 1000 mg L⁻¹. Siguiendo el procedimiento de medida, se confeccionó la curva de lectura (mV) vs. Log N⁻NO₃⁻(mg L⁻¹) y se obtuvo la correspondiente ecuación de la recta para la cuantificación de NO₃⁻ en los extractos de las muestras.

4. **Actividad microbiana:** Los microorganismos del suelo constituyen toda una diversidad que puede ser cuantificada por la cantidad de CO₂ que emite un suelo, la actividad microbiana también puede ser empleada para identificar la calidad de un suelo. En este caso se tomaron 100 g de suelo fresco de cada muestra que fueron vertidos en matraz de Erlenmeyer. Se usó el método de incubación en medio cerrado con 5 mL de NaOH 1N (Guerrero et al., 2012), y el desprendimiento de CO₂ se estimó mediante titulación con HCl 0,1 N. Se consideraron tres blancos, sin adición de suelo, para controlar la presencia de CO₂ en los matraces (Murcia et al., 2008).
5. **Curvas de retención hídrica:** Los suelos tienen una capacidad para retener agua que puede ser afectada por condiciones antrópicas como la agricultura. La pérdida de capacidad de retención hídrica repercute en la disponibilidad de agua para la agricultura y el avance en procesos de erosión. Para esta variable se tomaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad empleando barreno uhland para anillos con diámetro y altura de 5 cm. Las muestras fueron conservadas en los anillos y llevados a bandejas húmedas durante 48 horas hasta notarse saturación hídrica a capacidad de campo (Michilena et al., 2010), posteriormente se llevaron a cámara de Richards donde las muestras de suelo fueron sometidas a diferentes escalas de presión con incremento gradual teniendo como criterio los datos de peso total de la muestra (suelo, anillo y accesorios) hasta llegar al contenido de agua residual mínimo. Las lecturas de peso se tomaron cada 48 horas para determinar los tiempos de cambio de presión. Las presiones empleadas fueron de 10, 30, 100, 300 y 1500 kPa (Biel et al., 2015)
6. **Densidad aparente:** Indica la relación entre el volumen y peso de un suelo, es una característica del suelo susceptible a las actividades agrícolas y a un sobre uso de un suelo. Esta variable fue medida en las muestras de suelo en anillos empleadas para curvas de retención hídrica donde los datos de peso (P_{ss}), volumen (V_s) humedad fueron empleados para aplicar la fórmula $DA = \frac{P_{ss}}{V_s}$ (Michilena et al., 2010). Se tomó en consideración los datos durante los momentos de capacidad de campo y agua residual mínima para calcular un promedio ya que los contenidos de agua afectan el valor de la densidad aparente del suelo (Hossne G., 2008).
7. **Porosidad total:** indica la capacidad de aire y agua que puede tener un suelo, está relacionado con las texturas presentes y es susceptible a cambios drásticos en escenarios de manejo intensivo. Las muestras empleadas para curva de retención hídrica fueron empleadas para medir la porosidad total, donde se empleó el principio de

desplazamiento volumétrico de agua de Arquímedes, identificando las diferencias del volumen de agua desplazado de la muestra entre los momentos de capacidad de campo y agua residual mínima (Michilena et al., 2010).

Los datos obtenidos de estas variables se realizaron análisis estadísticos para identificar si cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad por tipologías de fincas, posteriormente, se realizaron análisis de varianza en los datos de variables donde fuera posible estos análisis.

5. Resultados y discusión

5.1 Actores identificados en el municipio de Subachoque

De acuerdo con la información recolectada, el municipio de Subachoque ubicado en el páramo de Guerrero tiene la presencia de diferentes actores claves cuyas visiones respecto a la conservación de los servicios ecosistémicos, y consecuentemente al concepto de agricultura sostenible difieren (Anexo 1).

El primer actor clave es la alcaldía municipal (<http://www.subachoque-cundinamarca.gov.co/>) para quién la agricultura sigue siendo el principal motor económico de la región, no obstante, una de las preocupaciones para las zonas rurales del municipio es la parcelación de fincas y los procesos de urbanización que se han visto en los últimos años en las zonas rurales, principalmente en la zona de influencia del páramo de Guerrero, lo cual llevó a la determinación por parte del consejo municipal para reglamentar el área mínima rural en 2 hectáreas y la prohibición de construcciones sin la autorización de la alcaldía municipal.

En el sentido estricto de la actividad agropecuaria un actor importante en el municipio es la Federación colombiana de productores de papa – Fedepapa (<https://fedepapa.com/>), con presencia en el municipio desde hace 30 años, fue una organización que inició con grandes hacendados de Cundinamarca que se unieron para la conformación de clústeres económicos a partir de la producción del tubérculo como uno de los principales alimentos del país y el acceso a mercados de insumos en volúmenes que favoreció el desarrollo del monocultivo de papa inclusive en las zonas de páramo, consecuentemente este actor ha tenido que virar su visión del negocio de la papa hacia la sostenibilidad entendida como la persistencia del cultivo de papa tanto en extensión como en rendimiento durante años subsecuentes, fomentando prácticas como el uso de semilla certificada, planes de fertilización basados en análisis de suelos, el uso de maquinaria especializada en el cultivo de papa, la asistencia técnica para socios y el esquema agremiación propiamente, cuando se indagó por prácticas agroecológicas, no se consideran económicamente viables actualmente. Finalmente, respecto al impacto del cultivo de papa se percibe que ha existido una campaña de desprestigio hacia la labor del cultivo de la papa.

Otra institución pública presente en el municipio es el Banco Agrario de Colombia (<https://www.bancoagrario.gov.co/>), organismo que se dedica a la financiación y

acompañamiento financiero de proyectos productivos agropecuarios, donde las líneas de financiación que el banco maneja priorizan el monocultivo ya que no existen actualmente líneas de crédito para fincas con procesos de transición hacia formas de producción agroecológicas u dedicadas a otras formas de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Un actor territorial importante es la Corporación Autónoma Regional -CAR (<https://www.car.gov.co/>), quien es la autoridad ambiental con jurisdicción en el municipio de Subachoque y por ende en el páramo de Guerrero. Esta entidad pública adelanta alianzas con productores y organizaciones para un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales mediante un programa que se denomina negocios verdes (<https://negociosverdes.car.gov.co/#/productos>) a través del cual fomenta emprendimientos sostenibles.

Organizaciones de tipo social se encontraron varias, entre las cuales resaltan la asociación de productores agroecológicos del Pantano de Arce – Asoarce, que agremia 31 productores campesinos de Subachoque de los cuales 11 se auto perciben como agroecológicos y 20 más que se dedican a la agricultura convencional en proceso de transición. El contexto por el cual surge el proceso de transición responde a un tema ambiental como sugiere la presidenta de Asoarce:

“el impacto ambiental del cultivo de papa con químicos es muy alto, se contamina el agua y nosotros debemos tomar el agua de la laguna, también es igual para la gente que vive en el pueblo”.

Helena Pulido, presidenta Asoarce

Una de las socias de Asoarce fundó una empresa llamada Páramo snacks (<https://paramosnacks.us/>) dedicada a la transformación de productos producidos orgánicamente en el páramo de Guerrero, este emprendimiento nace de la limitante para la comercialización de productos perecederos producidos bajo prácticas de manejo agroecológico y experiencias negativas en los mercados orgánicos del país donde predomina el mercado de exportación. Al respecto del proceso de comercialización y sus limitantes el asesor de Asoarce comenta:

“Nosotros hemos intentado de diferentes maneras lograr que esto sea económicamente viable y Margarita ha sido una líder incansable, ahora con el proceso de exportar chips creo que lograremos consolidar este proyecto”

José Hernandez- Agrónomo asesor de Asoarce

Paralelamente, la organización de campesinos denominada Asociación Red Agroecológica Campesina de Subachoque ARAC, coincide con lo expuesto por parte de miembros de Asoarce y en la entrevista desarrollada al presidente de ARAC, este complementa:

“Nosotros migramos hacia la agroecología porque yo mantenía enfermo, debía exponerme a los venenos, asumir los créditos con el banco y perder dinero porque el campesino compite en los mismos mercados con los grandes productores de papa”

Pedro Gonzales, presidente Arac

Lo cual expresa, el sentir respecto al impacto socioambiental percibido del modelo de producción preponderante de la papa. Actualmente esta asociación cuenta con más de 29 socios quienes producen principalmente hortalizas y frutas tanto para el autoconsumo como para la comercialización en fresco. Una particularidad de esta asociación es que a partir del año 2013 recibió acompañamiento constante por parte de académicos de escuelas agroecológicas, lo que se ve reflejado en el sólido proceso colectivo conformado, y que se considera como referente a nivel nacional en procesos de asociatividad para productores agroecológicos.

La última organización de base social identificada es un proceso colectivo nacido durante el año 2020 para la producción y autoconsumo de alimentos orgánicos que se denomina “Cosechando en línea”, el cual funciona principalmente para la producción y autoconsumo de hortalizas y plantas aromáticas, que permitió abastecer con algunos alimentos a población rural que durante la pandemia vio afectada su capacidad adquisitiva como se evidencia en este fragmento de la entrevista:

“Empezamos con esto porque podíamos, además mucha gente empezó a pasar necesidad durante la pandemia y los niños encerrados no tenían nada que hacer, ha sido un proceso muy bonito”

Graciela Chávez, Líder Social

Se identificó una organización exógena al territorio denominada Fundación Alianza Biocuenca (<https://www.alianzabiocuenca.org/>), que ejecuta bonos de agua financiada por las empresas fabricantes de bebidas embotelladas más grandes del país. Esta organización se encontró adelantando proyectos en el páramo de Guerrero principalmente para procesos de reforestación de rondas hídricas y cuerpos de agua en las zonas de páramo y realiza acompañamiento técnico a personas que acuerdan facilitar zonas en sus fincas para reforestar. Con respecto a la articulación entre conservación y producción en los proyectos de esta organización, se comentó lo siguiente:

“La agroecología brinda todos los elementos para hacer sostenible la agricultura y ganadería del páramo, además se mejoran los medios de vida para la población rural, yo busco contratar colegas para que lideren en territorio las propuestas”

Irina Narvaez, Líder de proyectos Alianza Biocuenca

5.2 Validación de una herramienta para clasificar fincas

La clasificación de fincas permitió agrupar visiones en torno a las formas de producción y del aprovechamiento de los recursos naturales al que cada productor tiene acceso, a partir de un marco agroecológico se tipificó y agrupó formas de agricultura basadas en conceptos de las diferentes escuelas presentes en la alta montaña.

Aunque existen diferentes métodos para realizar una clasificación de productores, a diferentes escalas y empleando diferentes criterios, se optó por la clasificación de fincas mediante métodos estadísticos porque es una herramienta ampliamente utilizada para procesos de intervención y transferencia tecnológica (Álvarez et al., 2014; De León-García et al., 2018). Más recientemente se han considerado otros métodos para la clasificación de fincas con enfoques más cualitativos que incluyan aspectos que trascienden lo agropecuario y buscan identificar aspectos de las formas de vida de los habitantes rurales.

Todos los aportes y ajustes metodológicos de la validación hecha por los expertos (Anexo 2) fueron incluidos en la versión presentada en la Tabla 2. Posteriormente, y para concluir con la validación, la herramienta se sometió a prueba realizada con información proveniente de 31 productores ubicados en tres páramos entre los departamentos de Boyacá y Cundinamarca (Figura 7): Chingaza, Tota-Bijagual-Mamapacha y Guerrero. El complejo de páramos de Chingaza está ubicado entre los departamentos de Cundinamarca y Meta, con una extensión mayor a 64 500 hectáreas, tiene influencia directa sobre 20 municipios, incluyendo Bogotá, la

capital de Colombia, a la que abastece con un 90 % del agua que consume. En términos agropecuarios resalta principalmente la producción de papa y la ganadería bovina para leche, aunque también existe un segmento de ganadería porcina importante (Morales et al., 2007).

Por su lado, el complejo de páramos de Tota-Bijagual-Mamapacha se encuentra ubicado en el departamento de Boyacá, con una extensión de 127 310 hectáreas, contiene el Lago de Tota, segundo más grande del mundo por encima de los 3 000 msnm y concentra hasta el 80 % de la producción de cebolla de rama consumida en el país. Por último, el complejo de páramos de Guerrero está ubicado en el norte de Cundinamarca, con una extensión de 42 325 hectáreas, es también uno de los páramos con mayor intervención antrópica evidenciada por la baja cobertura vegetal nativa, aun así, Guerrero abastece de agua a 14 municipios (Morales et al., 2007). En este complejo predomina la producción de papa y la ganadería bovina para leche, aunque se han identificado algunas organizaciones que emplean prácticas de base agroecológica (Renaf, 2021).

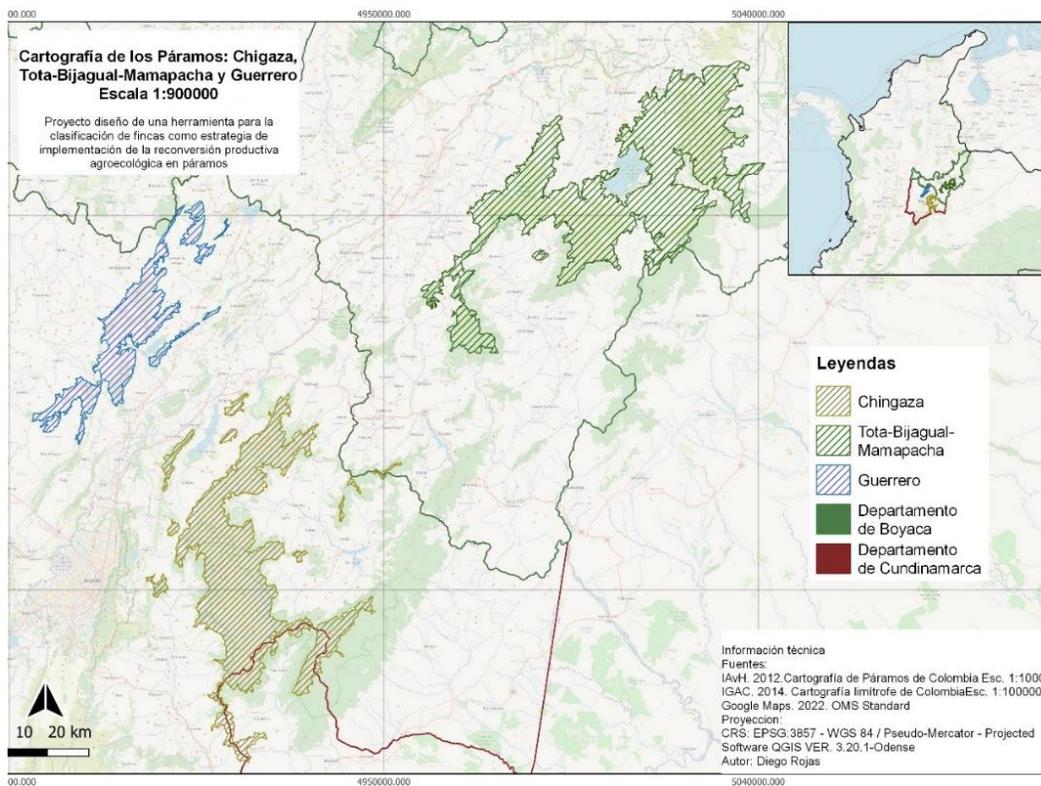


Figura 7. Ubicación de los complejos de páramos para validación de herramienta. Fuente. Propia a partir de bases de datos geográficas.

El conjunto de datos provenientes de diferentes páramos constituyó una ventaja en la validación porque se contrastó la herramienta en diferentes contextos socioeconómicos (Soriano, 2014), esto permitió que, en la etapa subsecuente se clasificaran los datos de los 31 productores empleando el método propuesto en el apartado 4.3, donde se obtuvo cuatro grupos o tipologías. La tipología más amplia fue el productor transicional, luego el grupo del campesino tradicional, posteriormente el agroindustrial incipiente y finalmente el grupo más pequeño correspondiente a la tipología de agroecológico próximo como se observa en la Figura 8.

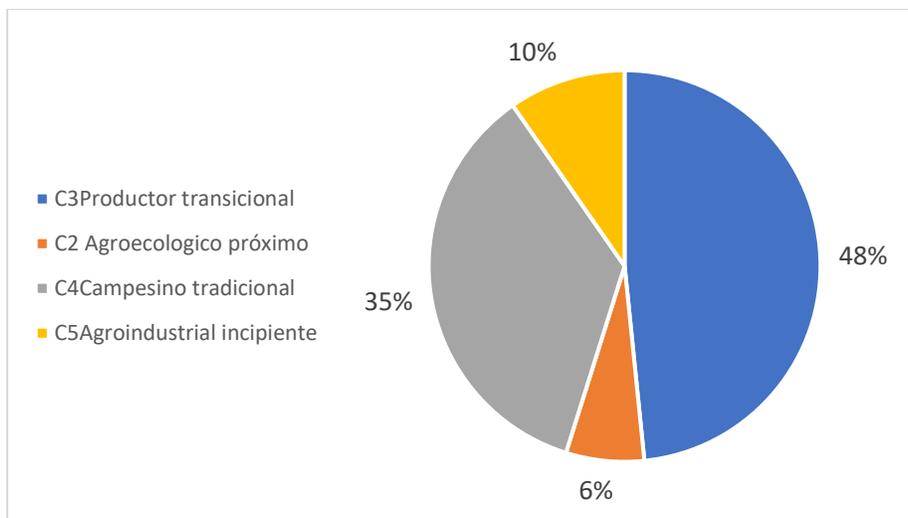


Figura 8. Distribución de la clasificación entre tipologías de 31 productores ubicados en tres páramos entre los departamentos de Boyacá y Cundinamarca: Chingaza, Totabijagal-Mamapacha y Guerrero. Fuente: Propia.

La correlación de Spearman dio como resultado un modelo con 12 variables (Figura 9) que explica la varianza acumulada de 75,5% hasta el factor 5 (Anexo 4) que es aceptable para efectos del tamaño de la muestra de esta validación (De León-García et al., 2018).

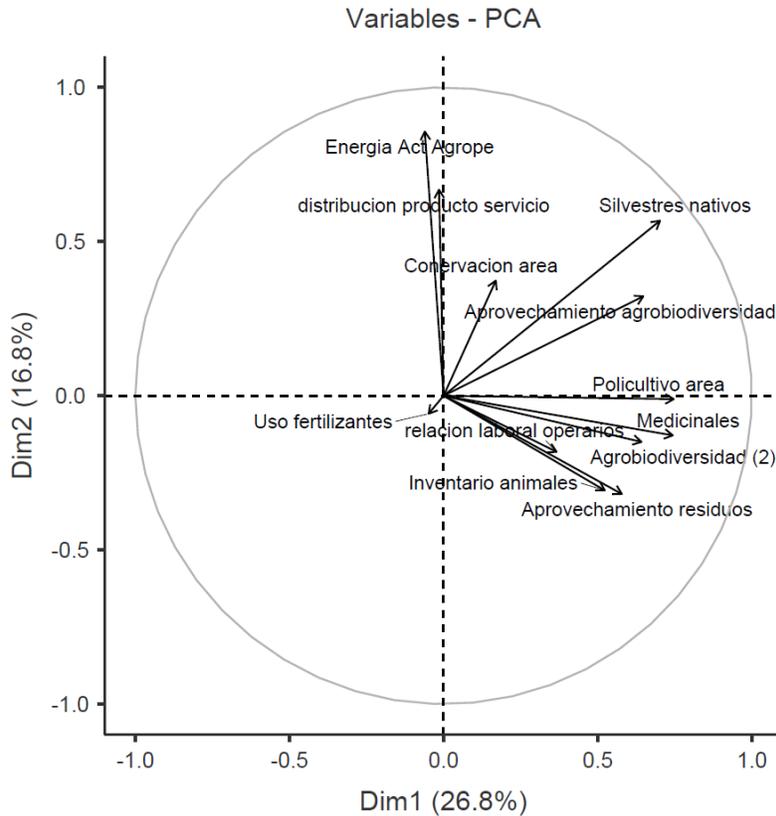


Figura 9: Componentes principales y variables evaluadas. Fuente: Propia

En la figura 9 se observan las variables y los componentes relacionados para la clasificación de fincas mediante el método estadístico. Como se observa en la Figura 10, los datos se agruparon mediante un análisis de conglomerados que empleó el método de Ward. De este modo se generó el dendograma con cuatro grupos coincidiendo con el número de grupos de clasificación obtenidos con la herramienta propuesta (Figura 8). Las fincas clasificadas como agroecológico próximo conforman un grupo coincidiendo con el método propuesto en esta tesis, así mismo, se observa que, en los tres grupos adicionales, se distribuyen las fincas clasificadas como agroindustrial incipiente, campesino tradicional y productor transicional.

valor: 0,472 y herramienta diseñada p-valor: 0,381) y homocedasticidad (método estadístico p-valor: 0,076 y herramienta diseñada p-valor: 0,057), por lo que se recurrió al criterio de las diferencias de medias y p-valor entre grupos para cada método de clasificación. Para el método propuesto existen diferencias significativas en todos los grupos de clasificación (p-valor de <0,001 a 0,021 entre grupos) y las diferencias de medias entre grupos se encuentran entre -37,7 y 12,0. En el caso del método estadístico las diferencias de medias no son significativas entre el grupo 3 y grupo 4 (p-valor de 0,614) aunque la diferencia de medias es de -3,31 (Anexo 5).

Bajo los resultados de este análisis se procedió a realizar la clasificación de las fincas con productores del Municipio de Subachoque empleando el método propuesto ya que, se demostró que bajo este método se obtienen tipologías que agrupan significativamente mejor los perfiles de productores.

En este trabajo se proyectó la clasificación de fincas como base para la estrategia de la reconversión productiva en páramos. Consecuentemente, una clasificación de fincas debe estar encaminada a brindar soporte para aproximaciones al territorio más asertivas. En algunos casos se ha documentado la incorporación de elementos de planificación rural preferiblemente participativa (PRP) (Sandoval et al., 2015) que se realizan a escala paisaje, no obstante, elementos de los criterios de Diversidad, Productividad y Cosmovisión incluidos en la herramienta propuesta consideran aspectos relacionados a la proyección de la finca en el mediano plazo como en la PRP, adicionalmente incluyen una aproximación a escala finca lo cual permitiría que la ruta de transición sea particularizada a esta escala y posteriormente si llegar a la escala paisaje.

5.3 Herramienta de clasificación aplicada con productores de Subachoque

La herramienta estandarizada fue empleada con 14 productores que accedieron a brindar su información y permitir ingresar a sus predios. Todos estos productores están ubicados en el municipio de Subachoque ubicado en la zona de influencia del páramo de Guerrero y fueron clasificados de acuerdo con el método propuesto en esta tesis. La clasificación obtenida se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Tipificación de fincas productoras en Subachoque empleando la herramienta de clasificación

Código	Desempeño	Clasificación
F001	56%	Productor transicional
F002	83%	Agroindustrial incipiente
F003	55%	Agroecológico próximo
F004	58%	Productor transicional
F005	76%	Campeño tradicional
F006	82%	Agroindustrial incipiente
F007	58%	Productor transicional
F008	78%	Campeño tradicional
F009	64%	Productor transicional
F010	68%	Productor transicional
F011	65%	Productor transicional
F012	46%	Agroecológico próximo
F013	59%	Productor transicional
F014	68%	Productor transicional

Los datos fueron agrupados por tipologías y se desarrollaron tablas de frecuencia con información técnica y socioeconómica del manejo vigente. El productor agroecológico corresponde al 14,3% de la muestra (Anexo 6). Tiene fortalezas en aspectos como la cosmovisión donde todos los productores clasificados en este grupo viven en municipios aledaños o son locales (14,2% conjuntamente, ver Anexo 7), esto permite que se encuentren al tanto de todos los temas que aquí se describieron en el apartado sobre actores ya que los productores de esta tipología hacen parte de las asociaciones campesinas identificadas en el territorio, cabe destacar que el acceso a información de académicos les ha permitido robustecer un discurso sobre agroinsumos, las semillas transgénicas, revolución verde y demás temas tratados en lo que algunos autores denominan agroecología política (Gastó et al., 2009; Nicholls et al., 2013; Rosset et al., 2018).

Respecto a la dimensión de biodiversidad, el agroecológico próximo incluye al menos 19 especies alimentarias, 8 especies medicinales y 5 especies nativas indicando que sus sistemas productivos tienen mayor biodiversidad comparado con las otras tipologías (Anexo 9). En términos de autosuficiencia, los agroecológicos próximos comercializan en promedio solo el 25% de su cosecha y emplean para autoconsumo el 30% (Anexo 8), así mismo, indican un porcentaje de pérdida de cosecha por problemas para la comercialización del 45% siendo el valor más alto de toda la muestra (Anexo 8). Aún con el mayor porcentaje de pérdidas, esta tipología favoreció la seguridad alimentaria durante la pandemia por Covid-19 ya que el auto consumo también fue considerable (30%) para la muestra respecto al número de fincas en esta tipología (2) (Anexo 8).

La otra tipología identificada es el campesino tradicional correspondiente al 14% de la muestra (Anexo 6), que se suele relacionar con una producción poco tecnificada y de tipo familiar y comunitaria (Renaf, 2021; van der Ploeg, 2013), pero en este trabajo se identifica al productor campesino más cerca del arquetipo de agroindustrial porque busca ser más eficiente en un monocultivo, esto se corrobora con la frecuencia de especies de interés alimentario que para el caso del campesino tradicional fue de una sola especie (Anexo 9), demanda un mayor uso de insumos de síntesis química con hasta el uso de 1 fertilizante de síntesis química y al menos 1 producto como plaguicida (Anexo 10), emplea mecanización agrícola en la mitad de los casos y depende de la mano de obra tanto asalariada (7,5%) como familiar (7,5%), paralelamente, con áreas promedio de 4,75 ha (Anexo 11), no destina áreas para conservación.

El productor transicional es el 57% de la muestra (Anexo 6), es un perfil interesante porque es quien más explora alternativas en la comercialización, no obstante el autoconsumo tiene una frecuencia de 33%,1 y 38,1% respectivamente (Anexo 8) y una en todos los casos realizan transformación de los productos obtenidos en la finca para comercialización (Anexo 12) con áreas en promedio de 6,63 ha (Anexo 11) donde tiene una frecuencia de hasta 35 especies de interés alimentario, 29 forestales nativos y 3 medicinales (Anexo 9). En este caso, son finqueros provenientes de ciudades próximas y municipios cercanos (100% de los casos) plenamente informados en torno al impacto ambiental de la actividad agropecuaria basada en la revolución verde (Anexo 7), por lo que no en todos los casos emplean insumos agropecuarios, cuando lo realizan, emplean 1,5 productos orgánicos y 1,25 productos biológicos para fertilización, y al menos 1,7 productos orgánicos y 1 producto biológico para el control de poblaciones (Anexo 10). En este grupo se encuentra mayor cantidad de alternativas económicas identificadas como negocios verdes tales como capacitación, ecoturismo, producción de forestales entre otras actividades (Anexo 13).

La última tipología obtenida del conjunto de datos es el productor agroindustrial incipiente, quien tiene el área de finca promedio más grande de la muestra con 11,55 ha, de las cuales dedica hasta el 39% de esta para agricultura y al menos un 9,8% del área para conservación (Anexo 11). Respecto a la producción, se encontró que hasta el 80% va dirigida a la venta e indica solo un 20% de pérdida que reutiliza en alimentación animal cuando es posible (Anexo 9). Para la fertilización utiliza hasta 2 productos y en control de poblaciones hasta 9,5 productos, todos de síntesis química (Anexo 10). En el Anexo 14 se incluyen algunas fotografías relacionadas al paisaje observado en campo para cada tipología.

5.4 Tipologías de productores y servicios ecosistémicos percibidos

En las entrevistas realizadas se indagó sobre la percepción de servicios ecosistémicos por parte de los productores sin dar opciones ni una definición del concepto, el reconocimiento de los servicios ecosistémicos consolidado por tipologías de productores se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Servicios ecosistémicos percibidos por la muestra poblacional entrevistada en Subachoque

Tipología	Servicios ecosistémicos	Reconocimiento (% de productores)
Agroecológico próximo	Provisión de agua dulce	100
	Fertilidad del suelo	50
Agroindustrial incipiente	Provisión de agua dulce	100
Campesino Tradicional	Provisión de agua dulce	100
Productor Transicional	Provisión de agua dulce	100
	Alimento por act. agropecuaria	100
	Fertilidad del suelo	100

Como se observa en la Tabla 6, de los servicios ecosistémicos reportados en páramo (Figura 1) son pocos los servicios ecosistémicos identificados por parte de los productores de este grupo donde sobresale el caso del productor transicional con tres servicios ecosistémicos reportados para la totalidad de productores de esta tipología. El agroecológico próximo, en la mitad de los casos se identificó la fertilidad del suelo y el aprovisionamiento de agua dulce. Este último servicio ecosistémico es reconocido por todas las tipologías de productores.

Cuando se realizan análisis mediante el concepto de sistema socioecológico, identificar tanto a diferentes actores territoriales como sus objetivos y visiones en torno a la conservación de los recursos naturales es algo evidente que, para el caso del páramo, evidencia como los diferentes

actores presentes con diferentes enfoques tienen visiones encontradas respecto a una misma temática como la sostenibilidad (Lobera, 2008; Norton, 2016) .

De acuerdo con Espluga et al. (2019) el corpus del conocimiento ancestral hoy está sujeto a dinámicas fundamentales como la recuperación del conocimiento ecológico tradicional a partir del dialogo intergeneracional y segundo, la articulación de redes alimentarias alternativas, cuya permanencia en el tiempo dependerá del apoyo que reciban por parte de instituciones estatales locales. Respecto a la consulta sobre servicios ecosistémicos y su importancia no se tuvieron respuestas relacionadas, ya que no existen directrices para la valoración económica o biofísica de los servicios ecosistémicos que sean sujetos de estrategias como el pago por servicios ambientales en páramos (Rojas, 2013).

La autoridad ambiental con jurisdicción en el municipio, la CAR, reconoce la diversidad de servicios ecosistémicos y adelanta acciones en territorio para su conservación desde el enfoque ambiental. La entidad incluye estrategias desde su rol como autoridad ambiental para hacer cumplir la normatividad hasta el acompañamiento y fortalecimiento de proyectos dirigidos a la conservación de los ecosistemas del programa de negocios verdes, el cual tiene financiación recurrente y está encaminado hacia el fortalecimiento de modelos productivos sostenibles de bienes y servicios, que se caractericen por el uso racional de los recursos naturales y, en consecuencia, promueven la competitividad empresarial bajo criterios de desarrollo sostenible (Caballero et al., 2016; Sánchez, 2020), aunque aún son nichos de mercado incipientes, iniciativas como la producción de especies forestales nativas de ASOARCE, provienen de estas acciones adelantadas. Esto indica que el apoyo por parte de instituciones públicas en contextos socioculturales coyunturales como ocurre en los páramos puede apalancar innovaciones locales que generen alternativas sostenibles de aprovechamiento de los recursos naturales disponibles (Caballero et al., 2016; Sánchez, 2020).

Paralelamente, son las organizaciones sociales campesinas quienes se perciben como como otro actor clave en el territorio, ya que es bajo la figura asociativa que los campesinos han logrado la reivindicación del conocimiento técnico-práctico del ecosistema que habitan (Espluga et al., 2019), para dinamizar su economía mediante la transición hacia formas de agricultura alternativas fundamentadas en ese conocimiento del territorio y el desarrollo de otras actividades económicas que se basan en el aprovechamiento de los recursos naturales, aunque no propiamente de los servicios ecosistémicos presentes. Los casos identificados son los de ARAC

y ASOARCE, que son dos asociaciones con visiones diferentes que han logrado capitalizar un reconocimiento respecto a su aporte a la sostenibilidad.

Con respecto a la fundación alianza Biocuenca tiene un aporte significativo a la conservación del recurso hídrico entendido como el servicio ecosistémico de aprovisionamiento de agua dulce a través de varias acciones. La estrategia empleada por la fundación ha tenido buena acogida en la alcaldía, instituciones ambientales, Fedepapa y organizaciones sociales como ASOARCE, no obstante, ya que la financiación proviene de empresas embotelladoras de agua, existe una incertidumbre expuesta por ARAC y por organizaciones no visibilizadas frente a una posible cooptación de la agroecología (Giraldo & Rosset, 2016), no obstante, es posible que las acciones adelantadas por esta organización, aporten al proceso de reconversión productiva en el páramo de Guerrero.

5.5 Sostenibilidad de las fincas por tipologías

En la Figura 11 se observa el resultado de las evaluaciones de sostenibilidad agregadas por cada tipología de productor, los resultados obtenidos en la valoración de los 85 indicadores (Anexo 15) se presentan agregados por promedios para los temas. En la dimensión de buena gobernanza, se observa el mejor desempeño para los productores agroecológicos próximos en temas como ética organizacional (4,8) y responsabilidad (4,5). También en los temas de agua (4,3), suelo (4,7) y bienestar animal (5,0) que están asociados a la dimensión de integridad ambiental. El productor agroecológico próximo no tuvo buen desempeño en los indicadores etiquetado de producto (1,5), trazabilidad (1,0), producción certificada (2,5) que hacen parte del tema calidad e información del producto (3,6), aunque respecto al pesticidas peligrosos y contaminación de alimentos tuvo buen desempeño (5,0 para cada indicador), estos indicadores están asociados a la dimensión de resiliencia económica.

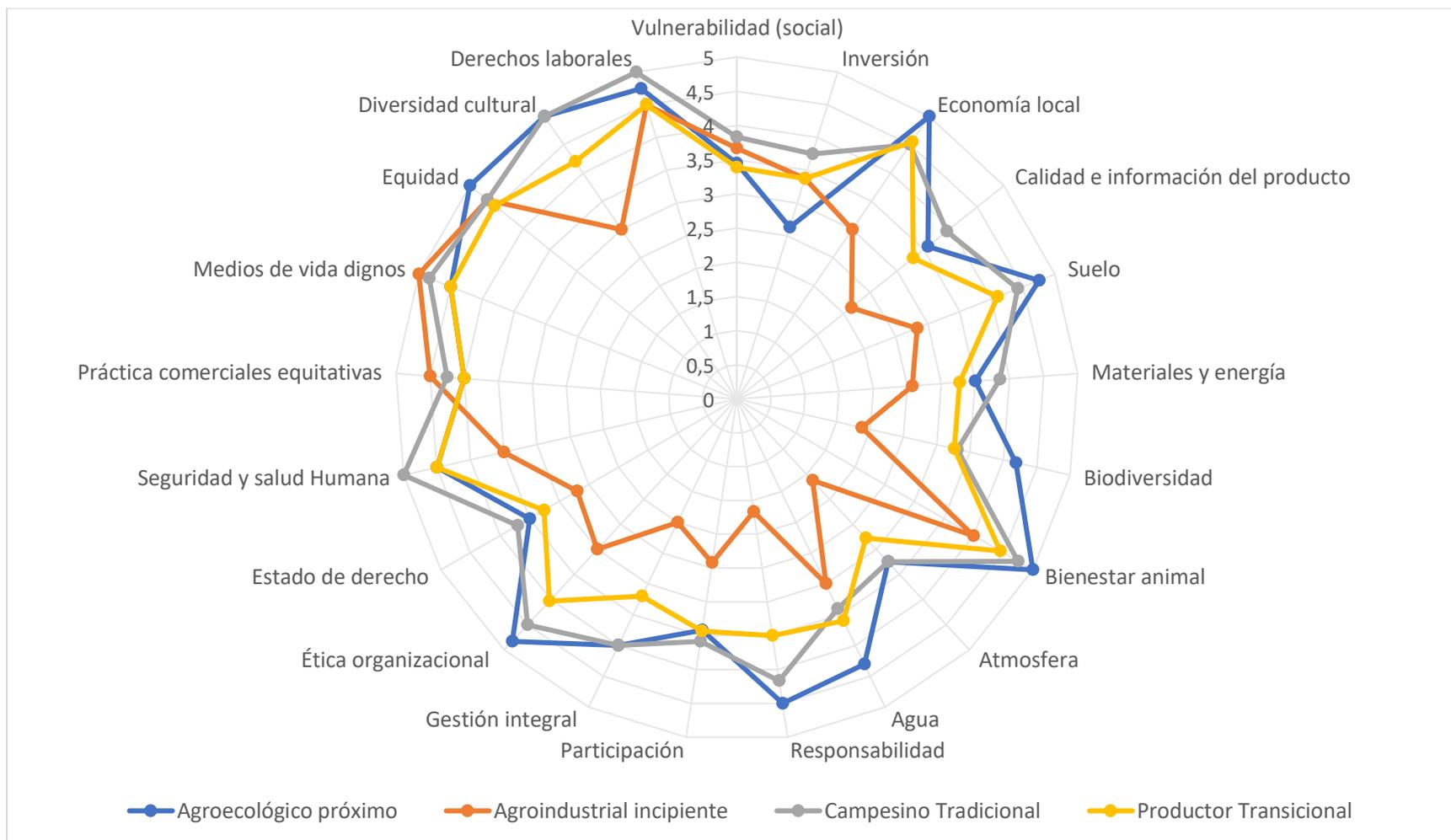


Figura 11. Gráficos de la evaluación de sostenibilidad por temas. Fuente. Propia

El productor agroindustrial incipiente tiene el peor desempeño (Figura 11) respecto a las demás tipologías, en los temas asociados a la dimensión de buena gobernanza como diversidad cultural con desempeño regular en el indicador sobre soberanía alimentaria (3,0), ética organizacional en los indicadores de claridad de la misión (2,5) y debida diligencia (3,0). En el tema de responsabilidad con el indicador auditoría holística (1,0) y transparencia (2,0), y en el tema de participación con el indicador sobre participación de interesados (2,5) y participación efectiva (1,5). Al respecto de los temas asociados a la dimensión de integridad ambiental como agua, suelo y biodiversidad no tienen buen desempeño. No obstante, el agroindustrial incipiente tiene mejores desempeños en los indicadores del tema de prácticas comerciales equitativas con derechos de proveedores (5,0) y precios y contratos transparentes (4,0) asociados a la dimensión resiliencia económica (Anexo 15).

El productor transicional obtuvo buen desempeño en los indicadores del tema de economía local como fuerza de trabajo local (4,8) y producción local (4,3). En la dimensión de integridad ambiental, esta tipología presenta un bajo desempeño en indicadores asociados a la gestión integral, principalmente en el indicador de responsabilidad social (1,0), y derechos de tenencia de la tierra (3,5) y en los indicadores de objetivo de disminución de GEI (1,7) y balance de GEI (2,0) asociado al tema de Atmósfera en la dimensión de integridad ambiental. Respecto a los indicadores del tema Calidad e información del producto, esta tipología presentó bajos desempeños en tres indicadores etiquetado de producto (1,8), sistema de trazabilidad (1,6) y producción certificada (1,5) (Anexo 15).

Finalmente, el perfil de campesino tradicional tuvo un buen desempeño en casi todos los indicadores, donde sobresale el desempeño en los indicadores de relacionamiento con empleados (5,0) y libertad sindical (5,0) del tema derechos laborales, también en los indicadores de canales de adquisición (4,0) y dependencia del proveedor líder (4,0) del tema vulnerabilidad. En el tema sobre seguridad y salud humana tuvo buen desempeño respecto en el indicador asociado (5,0), los indicadores de inversión interna (4,5) y costos de producción (4,0) (Anexo 15).

La evaluación de sostenibilidad incluyó a productores de la organización ARAC, en este caso 1 productor de esta organización quedó clasificado como agroecológico próximo, su acceso a mercados justos tiene dos vías: la primera mediante la red de mercados agroecológicos de Bogotá mediante el esquema de certificado participativo de garantías y la segunda es mediante la estrategia de mercados verdes aunque este sistema le exige cumplir con las buenas prácticas agrícolas y no reconoce al sistema participativo de garantías, no obstante, para ambos casos son nichos de mercado aún incipientes que comercializan bajos volúmenes de producto a

precios más elevados que no favorecieron el desempeño en indicadores como costo de producción (2,0) y determinación de predio de venta (2,5), coherente con el bajo desempeño en el tema de inversión en la evaluación de sostenibilidad (Figura 11). Por su parte productores de ASOARCE que quedaron clasificados como productores transicionales y campesinos tradicionales, tienen mejor desempeño en economía local y medios de vida dignos porque tienen una diversificación de ingresos a partir del aprovechamiento sostenible de los recursos disponibles en el páramo, como lo es el vivero de especies forestales, transformación y valor agregado de alimentos perecederos producidos en el páramo y la participación en proyectos con entidades como CAR y Alianza Biocuenca.

Fedepapa constituye una plataforma para el productor clasificado como Agroindustrial incipiente, porque parte del modelo de negocio de Fedepapa es la comercialización de insumos de síntesis química y la asistencia técnica para el monocultivo de papa principalmente con productores de grandes extensiones de tierra (DANE, 2017), aunque este actor percibe la sostenibilidad desde la dimensión económica, el respaldo que ofrece una entidad como Fedepapa a grandes productores, les permite acceder a ventas anticipadas mediante contratos de producción de papa para canales de distribución de la industria alimentaria que comercializa chips y papa en bastón, lo que explica el desempeño más alto en los temas de prácticas comerciales equitativas y medios de vida dignos, que se argumenta por la cantidad de personas que trabajan en labores asociadas al cultivo bajo la modalidad de contrato que están incluidas en las cifras oficiales reportadas en censos nacionales (DANE, 2016), así mismo, los productores entrevistados indican obtener rendimientos de hasta 55 toneladas/ha en todas las tipologías cuando se emplea fertilización y manejo de poblaciones basada en insumos de síntesis química, mientras que en los casos donde no se emplean estos insumos es de 12 toneladas/ha.

Un actor público como la alcaldía de Subachoque, encargada de la administración de los recursos públicos del municipio, limita gestiones a largo plazo, ya que existe un funcionario principal que es elegido por voto popular cada 4 años cambiando a todos los demás funcionarios. Para los temas relacionados a las actividades agropecuarias, el municipio cuenta con la secretaria de agricultura, esta área tiene una agenda de actividades dirigida a la transición hacia la sostenibilidad de la agricultura por mandato estatal, han percibido que en las zonas por debajo de los 2 600 msnm se ha venido presentando con mayor frecuencia el cultivo de fresa, que no era común hasta hace unos años y que empieza perfilarse como un cultivo de importancia. Aunque ningún productor de fresa quedó incluido en el estudio, algunos asociados tanto de ARAC como de ASOARCE, conciben una problemática al respecto porque indican que la fresa

es un cultivo que demanda alto uso de insumos de síntesis química y puede empeorar la degradación de recursos naturales en zonas de influencia de estos cultivos, así mismo que generará retrasos a procesos de transición a la sostenibilidad en el territorio. La secretaría de agricultura tiene considerado incluir a productores de fresa en capacitaciones dirigidas a buenas prácticas agrícolas como una primer etapa de procesos de transición, aunque se ha demostrado que la inclusión de las BPA aportan a mejorar los espacios de actividades en las unidades productivas agrícolas y las condiciones de trabajo de operarios, no necesariamente implican un avance en el proceso de transición hacia la sostenibilidad de las actividades agropecuarias (Rodríguez-Robayo et al., 2022).

En las zonas por encima de los 2 800 msnm, donde se encuentran los productores que participaron en este trabajo, la situación más apremiante para la alcaldía es la comercialización de tierras para vivienda, cifras de la alcaldía indican que durante la pandemia y postpandemia causada por Covid-19, se duplicó la parcelación y comercialización de fincas en la zona de páramo. Esto llevó a que el municipio emitiera un decreto para la restricción de parcelación de fincas en áreas inferiores a 2 hectáreas, y mayores requisitos para tramitar licencias de construcción en zonas de páramo. Respecto al desarrollo de iniciativas adelantadas como las de ARAC y ASOARCE, la alcaldía considera que deben ser replicadas por su aporte a la sostenibilidad.

Otro actor importante es el Banco Agrario que es una entidad pública cuyo objetivo es la financiación de actividades agropecuarias a través de líneas de crédito para población rural con tasas de interés bajas y en algunos casos la condonación parcial de la deuda. Las tipologías que mejor interacción tienen con este actor son el productor campesino tradicional y el agroindustrial incipiente, ya que estas tipologías de productores tienen un perfil que cumple con los requisitos que el banco exige para préstamos monetarios dirigidos a actividades agropecuarias. Por su parte, los productores agroecológico próximo y transicional constituyen un grupo que no se beneficia del acceso al crédito debido al corpus de prácticas y de visiones bajo las cuales manejan sus fincas, esto ocurre porque el banco agrario no tiene línea de crédito dirigidas a la financiación de sistemas de producción en donde se prioriza el aumento de la biodiversidad funcional de los policultivos, y formas de producción asociativas basadas en el conocimiento tradicional, siendo coherente con el bajo desempeño para el tema de inversión de la tipología de agroecológico próximo (Figura 11) .

Las formas organizativas territoriales están enmarcadas en el desarrollo sostenible cuando son autogestionadas localmente y son resilientes frente a cambios en el sistema productivo preponderante (Espluga et al., 2019), esto implica que la organización social se ha desarrollado como un mecanismo de resiliencia tanto del conocimiento tradicional empleado por parte de productores Agroecológicos próximos como de ese diálogo con aproximaciones basadas en ciencia para la sostenibilidad como la de los Productores transicionales. Por ello para ARAC, la transición fue hacia la agroecología como base metodológica y direccional, como plantea Altieri et al. (2012) en donde se priorizó el diseño de sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos (Nicholls et al., 2015) por lo cual productores que fueron clasificados como Agroecológico próximo tuvieron buen desempeño en las variables de suelo, biodiversidad y agua. Por su parte ASOARCE ha incursionado en la producción orgánica certificada de hortalizas, tubérculos y plantas aromáticas concentrando la fuerza de trabajo conjunta de los socios en una sola finca para dirigir su producción al mercado orgánico certificado, con resultados desalentadores al momento de comercialización, lo cual indica el bajo desempeño en comercio justo. También ha incursionado en la propagación vegetal de especies forestales nativas y más recientemente en el desarrollo de productos con valor agregado dirigidos al mercado exportador dando buen desempeño a los productores de esta asociación que fueron clasificados como productor transicional en temas como Derechos laborales, Economía local y Ética organizacional.

5.6 Relaciones entre la sostenibilidad de las tipologías, sus estrategias productivas, y los servicios ecosistémicos

Después de definir las cuatro tipologías de productores y determinar que existen diferencias en su desempeño en términos de sostenibilidad, y que solamente se priorizaron 3 servicios ecosistémicos, en donde todos los productores consultados indicaron la mayor importancia para el aprovisionamiento de agua. Se procedió a evaluar las variables identificadas como claves para los procesos biofísicos de los suelos, los datos promedios de las variables se observan en la Tabla 7 y Figura 12. Para este conjunto de datos, ninguna variable cumplió con los supuestos de normalidad (Anexo 16). Bajo este criterio los datos fueron sometidos a un análisis no paramétrico para el cual las variables de densidad real (p-valor: 0,137), % de carbono (p-valor: 0,204), nitratos (p-valor: 0,151), % de nitrógeno (0,525), relación C:N (p-valor: 0,884) no presentan diferencias significativas entre tipologías de productores. Respecto a las variables de respiración microbiana por mmol/CO₂ proveniente de suelo (p-valor: 0,003) los estadísticos indican diferencias significativas entre al menos un par de tipologías de productores. En el caso de curvas de

retención hídrica y porosidad no se calcularon estadísticos debido a la insuficiente cantidad de datos para algunas tipologías (Anexo 16).

Tabla 7. Promedio de las variables analizadas por tipologías de productor

	Agroecológico próximo	Agroindustrial incipiente	Campesino tradicional	Productor transicional
Densidad aparente (g/cm ³)	0,603	0,562	0,532	0,612
Porosidad (%)	77,3	78,8	79,9	76,9
Carbono (%)	17,73	16,14	16,5	14,5
Nitrógeno (%)	1,07	0,95	0,97	0,96
C/N	16	17	16	15
CO ₂ (mmol)	0,266	0,244	0,251	0,289
Nitratos (µg/l)	6,87	7,27	9,41	5,54

El último servicio ecosistémico fue la fertilidad del suelo, que está considerado como servicio de soporte. De acuerdo con el análisis realizado no se encontraron diferencias significativas para la mayoría de las variables evaluadas, a excepción de la respiración microbiana medida por mmol CO₂ en donde las tipologías Agroindustrial incipiente y productor transicional tiene diferencias significativas (p-valor: 0,030) (Anexo 17), cabe resaltar que el promedio respiración más alto se presentó en suelos de productores transicionales (0,289). Finalmente, el contenido de nitratos más alto se encontró en los suelos del campesino tradicional y los más bajos en los suelos del productor transicional.

Para el primer servicio ecosistémico se observó que los productores agroecológicos próximos hacen cosecha de agua al igual que algunos productores transicionales, estos productores tienen dentro de su configuración la agricultura como actividad económica. Los productores agroindustriales incipientes y campesinos tradicionales tienen mayor área disponible (11,55 ha y 4,75 ha respectivamente) pero es el agroindustrial incipiente quién destina hasta el 9,8% del área total de la finca para la conservación de fuentes hídricas (Anexo 11). En el caso de las variables como las curvas de retención hídrica (Figura 12) se observa que en el caso del agroecológico próximo tiene mayor capacidad de retención respecto a las demás tipologías, es posible que el suelo manejado bajo prácticas de base agroecológica tenga características que le brindan mayor capacidad de retención de agua y por ende su pérdida decae a una tasa inferior que en el caso de las demás tipologías.

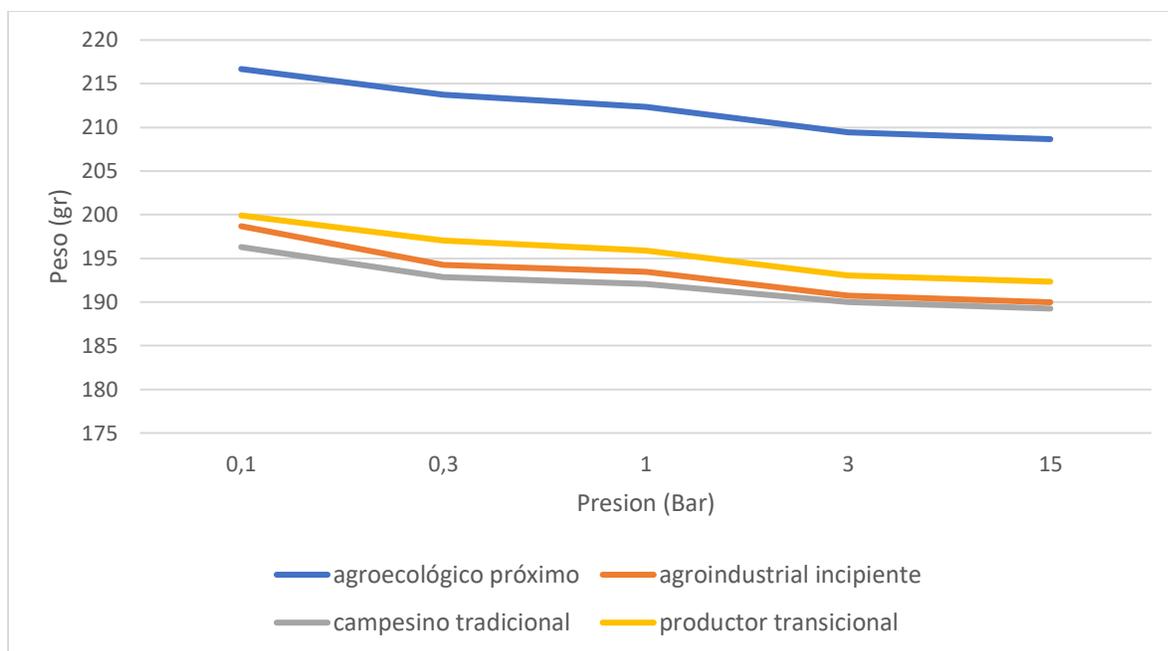


Figura 12. Curvas de retención hídrica en suelos por tipologías de productor de Subachoque.

Ya que una finca no puede ser vista como unidad aislada del territorio donde se encuentra (Gonzalez, 2016) y su estrecha relación con el entorno es más importante a medida que se aproxima al concepto de agricultura sostenible (FAO, 2017), se configuran en el territorio mecanismos de gobernanza como la autogestión, para lo cual la sociedad se apoya en elementos de las diferentes escuelas de agricultura, acceso a información técnico/científica, la experiencia propia y la visión de la actividad agropecuaria.

Los productores visitados en el marco de este trabajo conjugan prácticas provenientes de diferentes escuelas de agricultura buscando ser sostenibles y siendo enfático en la ventana temporal de la actividad agropecuaria en la alta montaña, se busca la resiliencia que como plantea Gonzalez (2016), es la capacidad de la agricultura campesina para mantenerse sin cambios en su estructura básica y modos de funcionamiento a pesar de eventos adversos. En este caso, la agricultura de zonas como el páramo de Guerrero han logrado ser resilientes a pesar de efectos dinámicos que juegan en contra como los cambios en los circuitos de comercialización, la normatividad ambiental y disminución del relevo generacional.

En consecuencia, para los campesinos tradicionales y agroindustriales incipientes su proceso de resiliencia está fundamentado en el paquete tecnológico que ofrece la revolución verde (Borlaug, 1983) y en prácticas de rotación de cultivo de papa con pasturas para ganado, la conservación

de rondas hídricas y la reforestación como estrategias de conservación de suelos y aguas que hacen parte de las escuelas de agricultura alternativas (Mejía, 1995), aunque cuentan con acceso a plataformas de financiación, fomento y comercialización por parte de diferentes actores, el productor agroindustrial incipiente se aísla de los procesos de gobernanza en el territorio, aunque tiene la mayor cantidad de área disponible, este escenario conforma el modelo agrícola preponderante y la racionalidad de la gobernanza en el territorio en estudio. Existen algunos casos de productores agroindustriales incipientes que emplean estrategias de censado remoto para planes de fertilización y que hacen parte de la agricultura de precisión (Gauna, 2020). En ambos tipos de productor se evidencia mayor prioridad en la dimensión económica de la producción de alimentos que hace alusión al concepto de sostenibilidad débil (Rasmussen et al., 2018).

Por otro lado, se evidencia procesos de gobernanza y autogestión por parte de los productores clasificados como agroecológicos próximos, quienes proponen una contraposición al modelo preponderante. Para estos productores donde la transición hacia prácticas de base agroecológica (Altieri et al., 1999; Altieri et al., 2012; Gliessman, 2002), ha sido el mecanismo de respuesta a perturbaciones que los han afectado en varios aspectos (mercados agresivos, iliquidez, problemáticas ambientales, problemáticas de salud, emancipación del campesino rural) que se ha basado en metodologías agroecológicas idóneas para el dialogo de saberes, la concertación y la co-construcción (Nicholls et al., 2013; Peredo et al., 2019) con énfasis predominantemente ambiental a partir de lo que Cruz (2021) citando a UNESCO denomina paisajes cultural relictos y que en este trabajo está asociado a la recuperación del corpus de conocimiento que tiene el campesino de su territorio, sus ciclos naturales (climáticos y bióticos) y el reconocimiento de las capacidades productivas agrícolas respecto a la oferta ambiental.

Respecto al estudio de los servicios ecosistémicos a partir de los procesos biofísicos que se configuran en formas de producción agroecológica, Boeraeve et al. (2020) desarrollan una aproximación de un marco de evaluación que se tuvo en cuenta en este trabajo, aunque la ventana temporal y las escasas fincas clasificadas como agroecológico próximo, no permitió profundizar y concluir los aportes de este tipo de habitante rural a la sostenibilidad. Por otro lado, el trabajo realizado por León (2021), coincide con los resultados obtenidos en este trabajo donde se observó que los suelos manejados bajo prácticas agroecológicas tienen mejor estructura y consecuentemente, retienen mayor volumen de agua lo cual permite afirmar que un manejo agroecológico favorecerá la transición de la actividad agropecuaria al modelo de producción sostenible propuesto en la ley 1930.

El último caso es el del productor transicional, donde hay un grupo más diverso que en las otras tipologías porque integra una visión ampliada que incluye a productores de alimentos y demás habitantes rurales de la alta montaña para quienes la actividad agropecuaria no es el único medio de vida disponible.

La agroecología como ciencia integradora y de transformación social (Caporal, 2016; Wezel et al., 2009), debe incluir a los habitantes rurales cuya actividad principal no es la agricultura o no hace parte de sus medios de vida. Así mismo, la población que incursiona en emprendimientos alternativos a la agricultura puede permearse de modelos asociativos y de fomento de una cultura de consumo alimentario que se trabaja en la agroecología (Cardono, 2016).

Las diferentes formas de aproximación hacia la conservación de los servicios ecosistémicos en productores transicionales, no es determinante a la luz de los datos obtenidos en este trabajo. Las variables evaluadas respecto a procesos biofísicos no presentaron diferencias significativas porque fueron pocas las fincas clasificadas en las tipologías agroindustrial incipiente y agroecológico próximo lo que no permitió desarrollar los modelos matemáticos, adicionalmente, la mayoría de los productores entrevistados, empezaban cambios en sus formas de vida principalmente por la pandemia causada por Covid-19. Los procesos de transición en el caso de agroecológicos próximos pueden superar los 5 años (Tittonell, 2019), por lo que se puede afirmar que es a partir de ese momento donde se percibirán cambios en las variables biofísicas evaluadas.

Por su parte, los productores transicionales que incursionan en otros medios de vida perciben la agricultura como una actividad recreativa que también permite generar algunos productos para el autoconsumo fortaleciendo indirectamente la seguridad alimentaria familiar (Martínez, 2009). Los productores de ASOARCE clasificados como productor transicional tienen otra particularidad y es que son población informada y concedora de los impactos que el modelo agrícola preponderante genera, no obstante, también son conscientes de que no existen plataformas para lograr comercializar sus productos más allá de nichos de mercado especializados. Esta dicotomía es el factor más crucial que amenaza a la organización, donde la agroecología tiene elementos metodológicos para lograr una concertación ampliada que incluya a estos actores en los procesos de gobernanza que se desarrollaran en el marco de la implantación de la ley 1930, dirigida a la conservación de los servicios ecosistémicos.

6. Conclusiones

Respecto a la herramienta de clasificación propuesta en el objetivo 1, se concluye que es un método de base agroecológica que favorece la identificación y correcta aproximación hacia la diversidad de habitantes rurales que emplean diversidad de prácticas provenientes de diferentes escuelas de agricultura presentes los páramos de Colombia. La utilización de esta herramienta se perfila como un mecanismo adecuado para salvaguardar el conocimiento y las prácticas provenientes de las diferentes escuelas de agricultura, generar nuevas temáticas de estudio donde se aborde el análisis científico de todo elemento que tenga potencial para su escalamiento en términos de la reconversión hacia la sostenibilidad. Así mismo, aunque no se incluyeron productores que emplea herramientas de las escuelas climáticamente inteligente y 4.0, no se debe excluir estas aproximaciones ya que pueden aportar elementos valiosos para la transición hacia la sostenibilidad de la actividad agropecuaria en páramos y el desarrollo de cadenas de abastecimiento más eficientes.

Frente a la evaluación de la sostenibilidad por parte de diferentes tipologías de productores propuesta en el objetivo 2, Se concluye que los agroecológicos próximos son quienes más aportan a la conservación de servicios, pero al ser una minoría, no cuentan con plataformas de acceso a créditos, o agremiaciones de índole nacional que apalanque procesos de reconversión productiva, y propiamente inversión a proyectos con enfoque agroecológico, por lo que han sido resilientes bajo figuras de autogestión y gobernanza local. Por su parte, el agroindustrial incipiente que cuenta con plataformas de apalancamiento financiero y para comercialización, logran aportar a medios de vida dignos para operarios y generan empleo local que constituye un importante aporte económico a la región, aunque debe asumir el mayor impacto ambiental y su aislamiento de procesos de gobernanza local. Los campesinos tradicionales mezclan prácticas de diferentes escuelas de agricultura y se adaptan a los contextos para aprovechar plataformas de financiación y acceso a proyectos de inversión local. Los productores transicionales hacen parte de asociaciones locales y ven otras alternativas diferentes a la agricultura como oportunidades de negocios que van en sintonía con la conservación de los servicios ecosistémicos locales. Los emprendimientos que los productores transicionales han emprendido cuentan con el apoyo de entidades públicas y privadas con incidencia territorial, aunque aún son emprendimientos muy exploratorios es posible que bajo algunos de estos modelos se logren procesos reales y aterrizados de transición a la sostenibilidad en páramos.

Respecto al objetivo 3 no se logró establecer relaciones entre las estrategias productivas, la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos desde el modelo matemático, no obstante, se evidencia que el productor agroecológico próximo hace parte de organizaciones sociales que le permiten participar en proceso de autogestión y gobernanza local, las prácticas empleadas evidenciaron suelos con mejor capacidad de retención hídrica y mayor contenido de carbono, así mismo, estas fincas tienen alta diversidad biológica, lo que en conjunto puede favorecer la conservación de los servicios ecosistémicos que provee el páramo de Guerrero.

Las fincas agroecológicas son una minoría en la muestra de este estudio, por lo que constituyen el ejemplo a seguir para transitar hacia una producción de alimentos sostenible. Por otro lado, aunque los resultados indican que el estado ha avanzado con el desarrollo de marcos normativos y desde los territorios los pobladores rurales han logrado avances con los procesos de autogestión y organización territorial en páramos. No se observa una articulación efectiva para que productores de las demás tipologías se vean incluidos en las acciones para la transición hasta que la infraestructura estatal operativice la ley 1930 y actores del mercado sean incluidos en el debate.

7. Recomendaciones

Se recomienda avanzar hacia la socialización de los resultados de esta tesis a escala paisaje y escala país.

A escala paisaje se recomienda que los resultados de esta tesis sean divulgados entre los actores claves, productores participantes de la tesis y demás población local interesada en la agricultura sostenible, los páramos y la conservación de los servicios ecosistémicos.

En escenarios de política pública a escala país, se recomienda abordar entre otros elementos, los siguientes aportes a saber:

- a. La aplicación de la herramienta de tipificación de productores a escala de los 36 complejos de páramos.
- b. La implementación de la evaluación de sostenibilidad a escala finca con la herramienta SAFA acorde al trabajo realizado en esta tesis.
- c. El estudio del páramo como agroecosistema y empleando el marco de sistemas socioecológicos propuesto en esta tesis.

Se recomienda continuar con el estudio particularizado por cada tipología de fincas propuesto a continuación:

Agroindustrial incipiente: abordar el estudio de mecanismos para su inclusión en procesos de gobernanza local.

Agroecológico próximo: avanzar en estudios relacionados a su participación en las cadenas agroalimentarias preponderantes y acortes como Corabastos.

Campesino tradicional: el estudio de prácticas y estrategias de la agricultura para su análisis y escalamiento en esquemas de transición a la sostenibilidad.

Productor transicional: abordar el estudio sobre el impacto económico y la resiliencia de estas estrategias de aprovechamiento de los recursos naturales del páramo como estrategias de transición a la sostenibilidad-

8. Referencias

- Acevedo, A., & Angarita, A. (2018). Transición agroecológica: una estrategia de producción-conservación para la region alto andina del páramo de Sumapaz. *Flora Capital*, 14, 34–39. https://www.researchgate.net/publication/328744760_Transicion_agroecologica_una_estrategia_de_produccion-conservacion_para_la_region_altoandina_del_paramo_de_Sumapaz
- Altieri, M. A., Koohafkan, P., Gimenez, E. H., & Division, W. (2012). Agricultura verde: Fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. *Agroecología*, 7(1), 7–18. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/170961>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, F., Norgaard, R., & Sikor, T. (1999). *Agroecología Bases científicas para una agricultura sustentable* (2nd ed., Vol. 7, Issue 2). Editorial Nordan-Comunidad. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31778777/agroecologia_primeraparte.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3Dagroecologia_primeraparte.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAJT3MLFAU%2F20200516%2Fus-e

- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. In *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*.
- Alvarez, S., Paas, W., Descheemaeker, K., Tittonell, P., & Groot, J. (2014). *Construcción de tipologías, una forma de manejar la diversidad de las fincas* (1st ed., Vol. 1). <https://edepot.wur.nl/375028>
- Arango, G., & Pérez, J. (2015). Suelo mediante el uso de electrodos selectivos. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(1), 2–3. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000100012&lng=en&tlng=.
- Avellaneda-Torres, L. M., Torres, E., & León-Sicard, T. E. (2014). Agricultura y vida en el páramo: Una mirada desde la vereda El Bosque (Parque Nacional Natural De Los Nevados). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 11(73), 105–128. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.CDR11-73.avpm>
- Baum, S. D., Armstrong, S., Ekenstedt, T., Häggström, O., Hanson, R., Kuhlemann, K., Maas, M. M., Miller, J. D., Salmela, M., Sandberg, A., Sotala, K., Torres, P., Turchin, A., & Yampolskiy, R. V. (2019). Long-term trajectories of human civilization. *Foresight*. <https://doi.org/10.1108/FS-04-2018-0037>
- Biel-Maeso, M., Valdes-Abellan, J., Tamoh, K., Corada-Fernández, C., & Candela, L. (2015). Comparación y validación de las propiedades hidráulicas del suelo mediante diferentes equipos de laboratorio. In *Memorias XII Jornadas de investigación en la Zona No Saturada del Suelo: Vol. XII* (Issue November, pp. 7–13). Universidad de Alcalá. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5336212>
- Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P. W. G., & Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of Frameworks for Analyzing Social-ecological Systems. *Ecology and Society*, 18(4), art26. <https://doi.org/10.5751/ES-05551-180426>
- Boeraeve, F., Dendoncker, N., Cornélis, J.-T., Degruene, F., & Dufrêne, M. (2020). Contribution of agroecological farming systems to the delivery of ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 260(February), 109576. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109576>
- Borlaug, N. (1983). The Green Revolution revisited and The Road Ahead. *Economic Development & Cultural Change*, 31(4), 705–725. <https://doi.org/10.1086/451354>

- Botero, F., & Endara, L. (2000). *MITO, RITO, SIMBOLO Lecturas antropológicas* (1er ed.). Instituto de Antropología aplicada. https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1329&context=abya_yala
- Brundtland, G. H. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común. *Documentos Oficiales de La Asamblea General, Cuadragésimo Segundo Período de Sesiones, Suplemento No. 25 (A/42/25)*, 416. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Informe+de+la+comision+mundial+sobre+el+medio+ambiente+y+el+desarrollo.+nuestro+futuro+comun#5>
- Buitrago, Y., & Acosta, J. (2017). CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA CEBOLLA DE RAMA Y LA ARTICULACIÓN ENTRE PRODUCTORES EN EL MUNICIPIO DE AQUITANIA BOYACÁ (2006-2014). YOJAN. In *Progress in Physical Geography* (Vol. 1). UNIVERSIDAD DE LA SALLE.
- Caballero Perez, A. F., & Romero Peña, F. N. (2016). *Análisis de las estrategias de negocios verdes y de producción más limpia tendientes al encadenamiento productivo y reconocimiento ambiental, adelantadas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – car en su jurisdicción durante el año 2015*. http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3795/1/Trabajo_Grado.pdf
- Caporal, F. R. (2016). Poderá a Agroecologia responder aos cinco axiomas da sustentabilidade? *Revista Brasileira de Agroecologia*, 11(4), 390–402.
- Cardono-Triviño, D. (2016). *Soberanía Alimentaria Y Protección De Semillas Nativas Y Criollas En Colombia. Estudio De Caso: Red Guardianes De Semillas De Vida*. 9–100. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21468/CardonaTrivinoDiegoJose2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- CIAO. (1997). *Tecnologías Apropriadas para nuestra finca* (MADR, Ed.; 1 er). [handle/20.500.12324/34221](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/20.500.12324/34221)
- Coccanouer, J. (1950). *Weeds, guardians of the soil* (D.-A. Co, Ed.; first edit).
- Corpoboyacá. (2016). *Contabilidad Ambiental y Económica para el Agua: Caso Piloto para la Cuenca del Lago de Tota*. <http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/05/Informe-cuenta-del-agua-Lago-Tota-.pdf>
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>

- Coy, V., Jaramillo, F., Álvarez, J., Sabogal, J., Vivas, J., & Santos, S. (2021). El desarrollo agrario en Colombia: Debates y políticas. In A. Cortés & J. Vivas (Eds.), *Campo Elías Romero Fuenmayor* (1er ed.). Uniminuto. <https://doi.org/10.2307/j.ctv287sbqv.115>
- Cruz, M. (2021). Buscando relictos en el fin del mundo. *Antesis*, 1(5), 75–93.
- Dalgaard, T., Hutchings, N. J., & Porter, J. R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(1), 39–51. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00152-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00152-X)
- DANE. (2019). *Evaluaciones Agrícolas y Anuario Estadístico del Sector Agropecuario*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- De León-García, R. H., Thomas, G., & Castillo, O. (2018). Caracterización y tipificación de pequeñas fincas doble propósito de la provincia de Bocas del Toro- Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 29, 13–40. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200003
- de Olde, E. M., Bokkers, E. A. M., & de Boer, I. J. M. (2017). The Choice of the Sustainability Assessment Tool Matters: Differences in Thematic Scope and Assessment Results. *Ecological Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.015>
- Díaz, S., Sánchez, F., Varona, M., Eljach, V., & Muñoz G, Ma. N. (2017). Niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, Totoró, Cauca. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 49(1), 85–92. <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n1-2017008>
- DNP. (2018). Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia. In *Documento Conpes 3918*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3918.pdf>
- Escobar, G., & Berdegué, J. (1990). Tipificación De Sistemas De Producción Agrícola. In *Tipificación de sistemas de producción agrícola* (1er ed.). Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción.
- Espluga, J., López, D., Calvet-Mir, L., Di Masso, M., Pomar, A., & Tendero, G. (2019). Agroecología, conocimiento tradicional e identidades locales para la sostenibilidad y contra el despoblamiento rural. *Revista PH*, 108. <https://doi.org/10.33349/2019.98.4468>
- FAO. (2009). How to Feed the World in 2050. *Insights from an Expert Meeting at FAO*.

- FAO. (2013). Sustainability Assessment of Food and Agricultural System: indicators. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations - Rome 2013*.
- Fao. (2016). *A scheme and training manual on good agricultural practices (GAP) for fruits and vegetables: Volume 1 the scheme - standard and implementation infrastructure*. <http://www.fao.org/3/i6677e/i6677e.pdf>
- FAO. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura Tendencias y desafíos*. <http://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>
- FAO. (2018a). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/3/i8864es/i8864ES.pdf>
- FAO. (2018b). *Los 10 Elementos de la agroecología, guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. <http://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>
- Forero, N., Carmen González, R. |, & González, C. (2020). Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) en Colombia: diagnóstico y retos de política pública. *Coyuntura Económica*, 1, 221–247. https://upra.gov.co/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/
- Fukuoka, M. (1995). *La senda natural del cultivo. Regreso al cultivo natural. Teoría y Práctica de una filosofía verde* (A. Núñez, M. Núñez, & J. Núñez, Eds.; Cuarta ed.).
- García, A. (2019). El nuevo multilateralismo frente al cambio climático: el alcance global y nacional del Acuerdo de París. Bogotá: Editorial Universidad Cooperativa de Colombia. pp. 162. *Revista Estudios de Políticas Públicas*, 5(2), 105. <https://doi.org/10.5354/0719-6296.2019.55357>
- Gastó, J., Leonardo, V., Lorena, V., Montalba, R., León-Sicard, T., Altieri, M. A., Sarandón, S., Rosset, P., Ávila, D., Pengue, W., & Rojas, A. (2009). Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones. In M. A. Altieri & A. Galvis (Eds.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones* (1st ed., Vol. 1). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30823168/vertientes-del-pensamiento-agroecologico-fundamentos-y-aplicaciones.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DCausas_de_la_crisis_global_de_los_precio.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256
- Gauna, D. H. (2020). *Agendas de innovación en la agricultura 4.0*. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/7811>

- Geels, F. W., & Kemp, R. (2007). Dynamics in socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting case studies. *Technology in Society*. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2007.08.009>
- Gerritsen, P., Rist, S., Morales, J., & Tapia, N. (2018). *Multifuncionalidad, sustentabilidad y Buen Vivir: Miradas desde Bolivia y México* (P. Gerritsen, S. Rist, J. Morales, & N. Tapia, Eds.; Primera ed, Issue July).
- Giraldo, O. F., & Rosset, P. M. (2016). La agroecología en una encrucijada: entre la institucionalidad y los movimientos sociales. *Guaju*, 2(1), 14. <https://doi.org/10.5380/guaju.v2i1.48521>
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible* (E. Rodríguez, T. Benjamin, L. Rodríguez, & A. Cortéz, Eds.). CATIE. https://books.google.com.co/books/about/Agroecología_procesos_ecológicos_en_ag.html?id=rnqan8BOVNAC&redir_esc=y
- Gonzalez, M. (2016). El rol de la resiliencia socioecológica en la agricultura campesina sostenible. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 4(1), 61–63. <https://doi.org/10.7770/safer-v4n1-art971>
- Guerrero-Ortiz, P., Quintero-Lizaola, R., Espinoza-Hernández, V., Benedicto-Valdés, G. S., & Sánchez-Colín, M. de J. (2012). Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de *Lupinus*. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 355–362.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Mc Graw Hill*.
- Hofstede, R. (2008). Los Servicios Del Ecosistema Páramo: Una visión desde la evaluación de ecosistemas del milenio. *Páramo y Servicios Ambientales*, 5–18.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., & Cerra, M. (2014). Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. In Karina Palacios, P. Vargas, & V. Moreno (Eds.), *Tiempos de Crisis sistémica* (1st ed.). <https://doi.org/10.2307/j.ctvpv50bh.8>
- Hossne G., A. J. (2008). La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo. *TERRA Latinoamericana*, 26, 195–202.
- Howard, A. (1940). *An Agricultural Testament* (first edit). Oxford University Press.
- IAvH. (2004). Atlas de páramos de Colombia, Distrito páramos de Cundinamarca Complejo Guerrero. In http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Ambienta/Carupa/11_guerrero.pdf.

- IAvH. (2013). *Cartografía de Páramos de Colombia Esc. 1:100.000. Proyecto: Actualización del Atlas de Páramos de Colombia. Convenio Interadministrativo de Asociación 11-103, Instituto Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.* [http://www.humboldt.org.co/images/pdf/CartografiaParamos/1-Mapa General-Horizontal.pdf](http://www.humboldt.org.co/images/pdf/CartografiaParamos/1-Mapa%20General-Horizontal.pdf)
- IAvH. (2014). *Caracterización socioeconómica y cultural del complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha* (Vol. 014, Issue 14).
- Jiménez Quintero, C. A., Pantoja Estrada, A. H., & Leonel, H. F. (2016). Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca “La Pila.” *Universidad y Salud*, 18(3), 417. <https://doi.org/10.22267/rus.161803.48>
- León Duran, M. V., & Acevedo Osorio, Á. (2021). Sostenibilidad del manejo del suelo en procesos productivos de transición agroecológica. *Ecosistemas*, 30(2), 2061–2061. <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2061>
- León-Sicard, T. E. (2009). Agroecología, desafío de una ciencia ambiental en construcción. *Agroecología*, 4, 7–17. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117121>
- León-Sicard, T. E., Sánchez de Prager, M., Johana Rojas, L., Ortiz, J., Bermúdez Alviar, J., Acevedo Osorio, A., & Angarita Leiton, A. (2015). Hacia una historia de la agroecología en Colombia. *Agroecología*, 10(2), 39–53. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300811/216231>
- Ley 1939 de 2018 Por Medio de La Cual Se Dictan Disposiciones Para La Gestión Integral de Los Páramos En Colombia., 14 (2018). http://www.andi.com.co/Uploads/Ley-2018-N0001930_20180727.pdf
- Lobera, J. (2008). Insostenibilidad: aproximación al conflicto socioecológico. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 4(11), 53–80. <https://www.redalyc.org/pdf/924/92441105.pdf>
- Luisetti, T., Jackson, E. L., & Turner, R. K. (2013). Valuing the European “coastal blue carbon” storage benefit. *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.03.029>
- MADS. (2020). *NDC de Colombia* (primera Ed).
- Martínez, C. (2008). *Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: Percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la vereda Verjón Alto, Bogotá D.C.* Pontificia Universidad Javeriana.
- Martínez, R. (2009). Agricultura, alimentación y salud: debate crítico. *Perspect. Nutr. Hum*, 11(1), 73–90. <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v11n1/v11n1a6.pdf>

- Martinez-Centeno, A. L., & Huerta Sobalvarro, K. K. (2018). La revolución verde. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(8), 1040–1052. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6717>
- McGinnis, M. D., & Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: Initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2). <https://doi.org/10.5751/ES-06387-190230>
- Mejia, M. (1995). *Agriculturas para la vida: Un enfoque desde sistemas populares colombianos* (Lizardo Carvajal, Ed.; 1er ed.).
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. Asa.
- Michilena, R., Iruiria, C., Eiza, M., Carfagno, P., & Pirolo, T. (2010). *Manual de Procedimientos de Análisis Físico de Suelos*.
- Mollison, B. (1988). Permaculture a Designer's manual. In *Permaculture - A Designers' Manual*.
- Montañez, C. (2018). *Caracterización y mapeo participativo de servicios ecosistémicos en paisajes socio-ecológicos de producción . Caso de estudio : Aquitania , Boyacá (Colombia)* Catalina Montañez Velásquez TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ECÓLOGA Martín Bermúdez Ur. Pontificia Universidad Javeriana.
- Mooney, P. (2020). *La insostenible agricultura 4.0 Digitalización y poder corporativo en la cadena alimentaria* (2a edición).
- Morales, M., Otero, J., Hammen, T. van der, Torres, A., Cadena, C. E., Pedraza, C. A., Nelly, R., Franco, C. A., Betancourth, J. C., Olaya, É., Posada, E., & Cárdenas, L. (2007). *Atlas de páramos de Colombia* (1er ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Moyer, J., Smith, A., Rui, Y., & Hayden, J. (2020). Regenerative agriculture and the soil carbon solution [white paper]. *Rodale Institute*, September, 21. https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/Rodale-Soil-Carbon-White-Paper_v11-compressed.pdf
- Murcia-Rodríguez, M. A., & Ochoa-Reyes, M. P. (2008). RESPIRACIÓN DEL SUELO EN UNA COMUNIDAD SUCESIONAL DE PASTIZAL DEL BOSQUE ALTOANDINO EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA, COLOMBIA / Soil respiration in a weed successional community in the highandean forest in the Pamplonita river basin, Colombia. *Caldasia*, 30(2), 337–353. <http://www.jstor.org.ezp-prod1.hul.harvard.edu/stable/23641899%5Cnhttp://www.jstor.org.ezp-prod1.hul.harvard.edu/stable/pdfplus/23641899.pdf?acceptTC=true>

- Naciones Unidas. (2017). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y El Caribe. *“PATRIMONIO”: ECONOMÍA CULTURAL Y EDUCACIÓN PARA LA PAZ (MEC-EDUPAZ)*.
- Nicholls, C., Altieri, M., & Vázquez, L. (2015). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61–72.
- Nicholls, C., Ríos, L., & Altieri, M. (2013). Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. In *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*.
- Norton, L. R. (2016). Is it time for a socio-ecological revolution in agriculture? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 235, 13–16. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.007>
- Novoa Usaquén, J. F. (2017). Análisis de la degradación de los paramos debido a las actividades productivas en este ecosistema. *Universidad Militar Nueva Granada*, 1–12. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17229/NovoaUsaqu%EA9nJeffersonFabi%E1n2017.pdf;jsessionid=2796320D77294A619A711308B393EAFc?sequence=3>
- Palomino Leiva, M. L., Victoria Arce, C. A., Vinasco Guzmán, M. C., Montenegro Gómez, S. P., Forero Ausique, V. F., Valderrama López, C. F., & Barrera Berdugo, S. E. (2019). Los servicios ecosistémicos culturales. In *Servicios ecosistémicos: Un enfoque introductorio con experiencias del occidente Colombiano* (pp. 235–250). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. <https://doi.org/10.22490/9789586516358.14>
- Peredo, S., Barrera, C., & Acuña, B. (2019). Complejizando la mirada agroecológica : reflexiones sobre los conceptos de agroecosistema y resiliencia para ampliar las iniciativas. *Sustentabilidad*, 10(19), 137–159. http://www.sustentabilidades.usach.cl/sites/sustentable/files/paginas/6._santiago_peredo_y_parada_claudia_barrera_salas_barbara_acuna_jujihara.pdf
- Por La Cual Se Adoptan Los Lineamientos Para Orientar El Diseño, Capacitación y Puesta En Marcha de Los Programas, Planes y Proyectos de Reconversión y Sustitución de Las Actividades Agropecuarias de Páramos Delimitados y Se Adoptan Otras Disposiciones, Pub. L. No. 249, 32 (2022).
- Por La Cual Se Establecen Los Lineamientos Para El Desarrollo de Actividades Agropecuarias de Bajo Impacto y Ambientalmente Sostenibles En Páramos y Se Adoptan Otras Disposiciones, Pub. L. No. 1294 (2021).
- Porrás Rodríguez, P. D., Espitia Malagón, E. M., Rodríguez Borray, G. A., Polo Murcia, S. M., & Vásquez Urriago, Á. R. (2020). Modelo productivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) de la

- variedad Parda Pastusa para el altiplano cundiboyacense. In *Modelo productivo de la papa (Solanum tuberosum L.) de la variedad Parda Pastusa para el altiplano cundiboyacense*. Corpoica. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403510>
- Quijas, S., Schmid, B., & Balvanera, P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: A new synthesis. *Basic and Applied Ecology*, 11(7), 582–593. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.06.009>
- Rasmussen, L. V., Coolsaet, B., Martin, A., Mertz, O., Pascual, U., Corbera, E., Dawson, N., Fisher, J. A., Franks, P., & Ryan, C. M. (2018). Social-ecological outcomes of agricultural intensification. *Nature Sustainability*, 1(6), 275–282. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0070-8>
- Renaf. (2021). *Mercados Agroecológicos en Bogotá-Cundinamarca*. <http://agriculturafamiliar.co/con-la-agricultura-familiar-y-sus-mercados-llevo-el-campo-colombiano/mercados-locales-agroecologicos/mercados-en-bogota-cundinamarca/>
- Rincón Garavito, L. N. (2015). The paramos in Colombia , an ecosystem at risk. *Ingeniare*, 11(19), 127–136.
- Rincón-Ruiz, A., Echeverry, M., Piñero, A., Tapia-Caicedo, C., Drews, A., Arévalo, P., & Zuluaga, P. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: aspectos conceptuales y metodológicos* (1st ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rodríguez-Robayo, K., Pulido-Blanco, V., Rojas, D., & Martínez, F. (2022). Buenas prácticas agrícolas y sostenibilidad del cultivo de cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia). *Agroalimentaria*, 28(54), 139–169. <https://doi.org/10.53766/agroalim/2022.28.54.09>
- Rojas, J. (2013). El pago por servicios ambientales como alternativa para el uso sostenible de los servicios ecosistémicos de los páramos. *Ambiente y Sostenibilidad*, 1(1), 57. <https://doi.org/10.25100/ayas.v1i1.4339>
- Rojas-Ramírez, D. A. (2023). *Servicios ecosistémicos y sostenibilidad en agroecosistemas: El caso del páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia)*. TEC.
- Rosset, P., & Altieri, M. A. (2018). *AGROECOLOGÍA CIENCIA Y POLÍTICA* (A. Porras, Ed.; 3rd ed., Vol. 1). Fundación TIERRA. <http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2018/12/Rosset-y-Altieri-texto-completo-sin-portada-1.pdf>

- Rubiano Galvis, S. (2015). Protección de páramos y derechos campesinos. Aportes jurídicos y de política. *Reponame: Repositorio Institucional de Documentación Científica Humboldt Digital*.
- Ruiz, D. M., Martínez, J. P., & Figueroa, A. (2015). Agricultura sostenible en ecosistemas de alta montaña. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 129. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(13\)129-138](https://doi.org/10.18684/bsaa(13)129-138)
- Sachs, J. D., & Reid, W. V. (2006). Investments toward sustainable development. In *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1124822>
- Sánchez, J. S. A. (2020). Los Negocios Verdes En Bogotá – Región Y Su Situación Geográfica Actual. In *Universidad Santo Tomás Facultad De Ciencias Económicas Programa De Administración De Empresas Los*. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21673/2020Sebastianacosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sandoval, C., Sanhueza, A., & Williner, A. (2015). Manual para la planificación participativa para lograr un cambio estructural con igualdad. *Manuales de La CEPAL*, 2, 74.
- Sarandón, S., & Flores, C. C. (2014). *Libros de Cátedra Agroecología : bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables Santiago Javier Sarandón* (Issue June).
- Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P., & Zapata, J. (2017). Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad En La Práctica*, 2(1), 122–145.
- Schader, C., Grenz, J., Meier, M. S., & Stolze, M. (2014). Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecology and Society*, 19(3), art42. <https://doi.org/10.5751/ES-06866-190342>
- Soriano, A. M. (2014). Diseño y validación de instrumentos de medición. Design and validation of measurement instruments. *Diá-Logos* 14, 8(13), 19–40. http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2105/1/2diseñovalidación_dialogos14.pdf
- Steiner, R. (1924). *Curso sobre Agricultura Biodinámica* (Tercera ed). Editorial Rudolf Steiner.
- Swinton, S. M., Lupi, F., Robertson, G. P., & Hamilton, S. K. (2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. In *Ecological Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.020>
- Tittonell, P. (2019). Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Rev. FCA UNCUYO*, 51(1), 231–246.

- Todd, Z., Nerlich, B., McKeown, S., & Clarke, D. D. (2004). Mixing methods in psychology: The integration of qualitative and quantitative methods in theory and practice. In *Mixing Methods in Psychology: The Integration of Qualitative and Quantitative Methods in Theory and Practice*. <https://doi.org/10.4324/9780203645727>
- Toledo, V., Alarcón-Cháires, P., & Barón, L. (2002). *La Modernización rural de México: Un análisis socioecológico* (2002 México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, Ed.; primera ed, Issue 1). <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=000039609>
- Torres Carral, G. A. (2021). Acerca Del Concepto De Socioecosistema. Un Análisis Eco-Social. *Textual*, 77, 89–114. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2021.77.03>
- Uribe, H. (2014). De ecosistema a socioecosistema diseñado como territorio del capital agroindustrial y del Estado-nación moderno en el valle geográfico del río Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Sociología*, 37(2), 121–157.
- Vallejo, V., Afanador, L., Coca, D., Vargas, A., Bautista, M., & Mendoza, A. (2020). Evaluación de la calidad de suelos en agroecosistemas de Colombia a través de la selección de un conjunto mínimo de datos. *Colombia Forestal*, 23(1), 35–50.
- Van Der Ploeg, J. D. (2013). Diez cualidades de la agricultura familiar. *LEISA Revista de Agroecología*.
- van der Ploeg, J. D. (2013). Peasants and the Art of Farming. In *Peasants and the Art of Farming*. <https://doi.org/10.3362/9781780448763>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), 503–515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>

9. Anexos

Anexo 1. Listado de organizaciones/entidades contactadas y datos de la persona contactada

Organización	persona entrevistada	cargo	teléfono de contacto	web organización
Alcaldía Municipal de Subachoque	Francy Edith Rueda	Secretaria de Planeación	3102412525	http://www.subachoque-cundinamarca.gov.co/
Federación colombiana de productores de papa-Fedepapa			3123059825	https://fedepapa.com/
Banco Agrario de Colombia			6013821400 2151042097 4222642346 42670	https://www.bancoagrario.gov.co/
Corporación Autónoma Regional - CAR	Milena Quevedo	técnica de campo-CAR	3016499882	https://www.car.gov.co/
Asociación de productores agroecológicos del Pantano de Arce-Asoarce	Margarita Cabal	Representante legal paramo snacks	3155190691	https://connectamericas.com/es/company/asociacion-de-productores-agroecologicos-del-pantano-de-arce-asoarce https://paramosnacks.us/

Asociación Red Agroecológica Campesina de Subachoque y ARAC	Pedro Gonzales	Presidente Asociación	3103382736	https://sembrandoconfianza.com/arac-asociacion-red-agroecologica-campesina/
Organización Cosechando en línea	Graciela Chávez	líder territorial	3107791547	
Fundación Alianza Biocuenca	Irina Narvaez Guerrero	Coordinadora proyectos en territorio	3214376759	https://www.alianzabiocuenca.org/

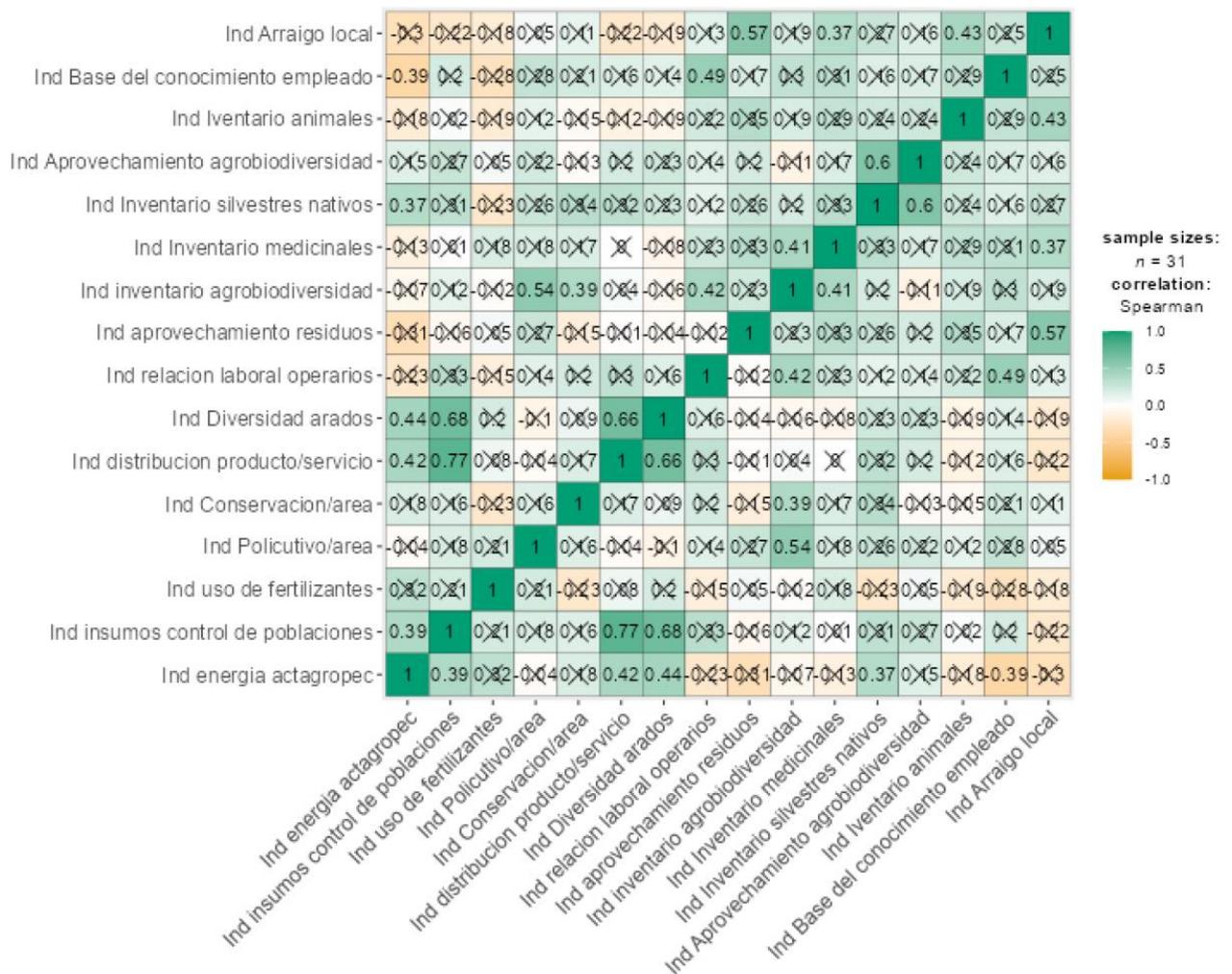
Anexo 2. Base de datos profesionales para validación de herramienta

numero	Nombre	Datos de Contacto	Aportes realizados
1	Jose Hernandez	Correo: jhernandez563@hotmail.com Teléfono: +57 3116694017	Revisión de lenguaje empleado e indicadores
2	Fabian Enrique Martinez	Correo: fmartinez@agrosavia.co Teléfono: +57 310 6965002	Revisión de lenguaje empleado, diseño y validación con productores de otros complejos de páramo
3	Margarita Cabal	Correo: margaritarcabal@gmail.com Teléfono: +1 (617) 318-7501	Identificación de potencial
4	Ingrid Varela	Correo: invarela@itcr.ac.cr Teléfono: +506 8366 6428	Diseño y ajuste metodológico

5	Tomás Guzman	Correo: tiguzman@gmail.com Teléfono: (506) 2475 5310	Diseño y ajuste metodológico
---	--------------	--	------------------------------

Gráficas y tablas de los métodos de clasificación estadístico y método propuesto

Anexo 3. Matriz de correlaciones de Spearman para las variables empleadas en la herramienta de clasificación de productores con datos de 31 productores



Anexo 4. Valores Propios de los componentes principales obtenidos con datos de las variables empleadas en la herramienta de clasificación de productores con datos de 31 productores

Componente	Valor Propio	% de la Varianza	% Acumulado
1	2.8976	24.147	24.1
2	1.9869	16.557	40.7
3	1.6295	13.579	54.3
4	1.4628	12.190	66.5
5	1.0775	8.979	75.5
6	0.8096	6.747	82.2
7	0.6447	5.372	87.6
8	0.6282	5.235	92.8
9	0.3497	2.914	95.7
10	0.2752	2.293	98.0
11	0.1566	1.305	99.3
12	0.0818	0.682	100.0

Otro aspecto importante para tener en cuenta es la correlación de las variables respecto a los factores y si esta correlación es positiva o negativa. En la Tabla 6 se observa que el primer factor tiene una fuerte correlación con los indicadores sobre el inventario de agrobiodiversidad y de plantas medicinales que están asociados al criterio de Diversidad y el indicador de área en policultivo del criterio Escala, para el segundo factor es importante un indicador del criterio Diversidad y un indicador del criterio Productividad. Para el tercer factor es importante dos indicadores del criterio Energía, el cuarto factor presenta una correlación alta con un indicador de Escala y en el último factor un indicador del criterio Fuerza de trabajo.

Anexo 5. Análisis de varianza para los métodos de clasificación estadística y método propuesto

Grupos por clasificación estadística

Tukey Post-Hoc Test – total

		G1	G2	G3	G4
G1	Diferencia de medias	—	-32.0	-18.9	-22.22
	valor p	—	< .001	0.002	< .001
G2	Diferencia de medias		—	13.1	9.78
	valor p		—	< .001	0.009
G3	Diferencia de medias			—	-3.31
	valor p			—	0.614
G4	Diferencia de medias				—
	valor p				—

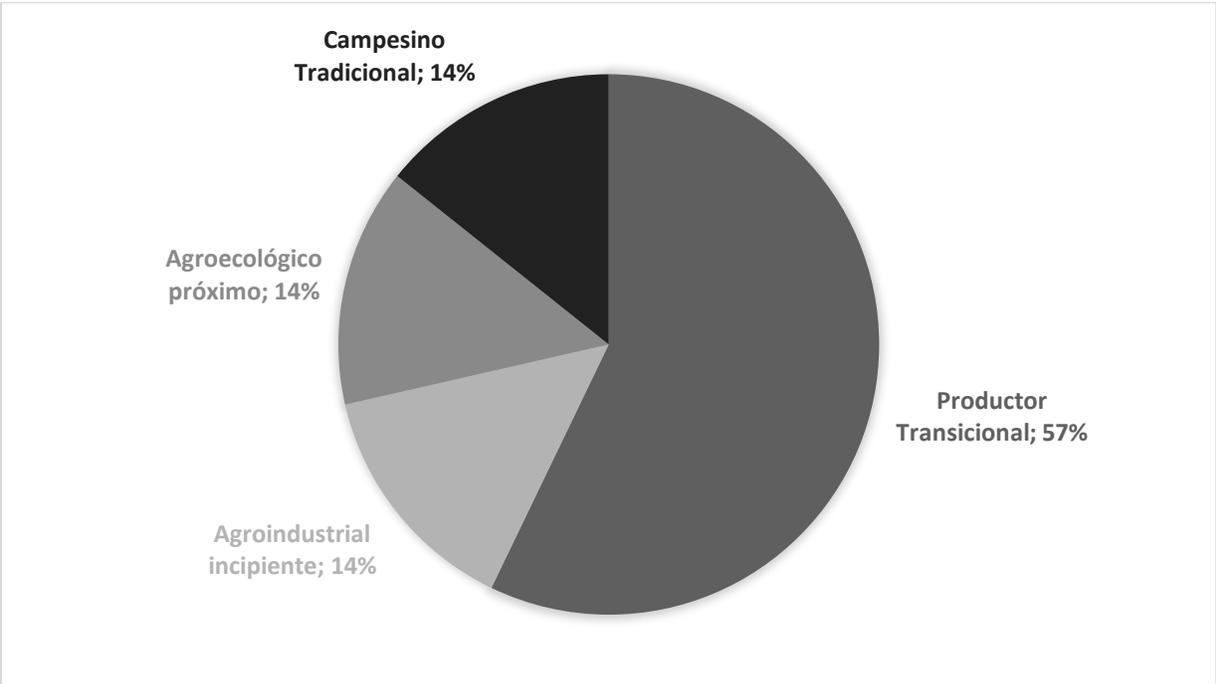
Grupos por clasificación método propuesto

Tukey Post-Hoc Test – total

		Agroecológico próximo	Agroindustrial incipiente	Campesino Tradicional	Productor Transicional
Agroecológico próximo	Diferencia de medias		—	-36.7	-29.00
	valor p		—	< .001	< .001
Agroindustrial incipiente	Diferencia de medias			—	7.67
	valor p			—	0.021
Campesino Tradicional	Diferencia de medias				—
	valor p				—
Productor Transicional	Diferencia de medias				
	valor p				

Estadísticas de las fincas clasificadas en Subachoque

Anexo 6. Proporción de tipologías del grupo de fincas de análisis en Subachoque.



Anexo 7. Frecuencias en el tema de cosmovisión asociado al arraigo con el territorio

Frecuencias de Arraigo con el territorio

Arraigo con el territorio	AN	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Municipio aledaño (5,0%)	Agroecológico próximo	1	7.1 %	7.1 %
	Agroindustrial incipiente	1	7.1 %	14.3 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	14.3 %
	Productor Transicional	0	0.0 %	14.3 %
Ciudades próximas (8,325%)	Agroecológico próximo	0	0.0 %	14.3 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	14.3 %
	Campesino Tradicional	2	14.3 %	28.6 %
	Productor Transicional	2	14.3 %	42.9 %
Local (2,775%)	Agroecológico próximo	1	7.1 %	50.0 %
	Agroindustrial incipiente	1	7.1 %	57.1 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	57.1 %
	Productor Transicional	1	7.1 %	64.3 %
Municipio aledaño (5,55%)	Agroecológico próximo	0	0.0 %	64.3 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	64.3 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	64.3 %
	Productor Transicional	3	21.4 %	85.7 %
Origen Foráneo (11,1%)	Agroecológico próximo	0	0.0 %	85.7 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	85.7 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	85.7 %
	Productor Transicional	2	14.3 %	100.0 %

Anexo 8. Proporciones y destino de la cosecha obtenida por tipologías

Descriptivas

	TIPOLOGIA	Venta_ (%)	Autoconsumo_(%)	Otro_(%)
N	Agroecológico próximo	2	2	2
	Agroindustrial incipiente	2	2	2
	Campesino Tradicional	2	2	2
	Productor Transicional	8	8	8
Perdidos	Agroecológico próximo	0	0	0
	Agroindustrial incipiente	0	0	0
	Campesino Tradicional	0	0	0
	Productor Transicional	0	0	0
Media	Agroecológico próximo	25.0	30.0	45.0
	Agroindustrial incipiente	80.0	0.00	20.0
	Campesino Tradicional	45.0	25.0	30.0
	Productor Transicional	33.1	38.1	27.5
Mínimo	Agroecológico próximo	10	30	30
	Agroindustrial incipiente	80	0	20
	Campesino Tradicional	0	0	10
	Productor Transicional	0	5	0
Máximo	Agroecológico próximo	40	30	60
	Agroindustrial incipiente	80	0	20
	Campesino Tradicional	90	50	50
	Productor Transicional	75	80	50

Anexo 9. Tablas de frecuencia de biodiversidad

Agrobiodiversidad

Descriptivas

	TIPOLOGIA	N	Perdidos	Moda	Suma
acumulado "si"	Agroecológico próximo	2	0	19.00 ^a	46
	Agroindustrial incipiente	2	0	2.00 ^a	5
	Campesino Tradicional	2	0	1.00 ^a	5
	Productor Transicional	8	0	5.00	82
acumulado "no"	Agroecológico próximo	2	0	12.00 ^a	32
	Agroindustrial incipiente	2	0	36.00 ^a	73
	Campesino Tradicional	2	0	35.00 ^a	73
	Productor Transicional	8	0	34.00	230

Plantas medicinales

Descriptivas

	TIPOLOGIA	N	Perdidos	Moda	Suma
acumulado "no" (2)	Agroecológico próximo	2	0	23.00	46
	Agroindustrial incipiente	2	0	25.00 ^a	56
	Campesino Tradicional	2	0	30.00 ^a	61
	Productor Transicional	8	0	26.00 ^a	210
acumulado "si" (2)	Agroecológico próximo	2	0	8.00	16
	Agroindustrial incipiente	2	0	0.00 ^a	6
	Campesino Tradicional	2	0	0.00 ^a	1
	Productor Transicional	8	0	3.00 ^a	38

Especies forestales y nativas

Descriptivas

	TIPOLOGIA	N	Perdidos	Moda	Suma
acumulado "no" (3)	Agroecológico próximo	2	0	26.00 ^m	53
	Agroindustrial incipiente	2	0	25.00 ^a	53
	Campeño Tradicional	2	0	31.00 ^a	63
	Productor Transicional	8	0	32.00	227
acumulado "si" (3)	Agroecológico próximo	2	0	5.00 ^a	11
	Agroindustrial incipiente	2	0	4.00 ^a	11
	Campeño Tradicional	2	0	0.00 ^a	1
	Productor Transicional	8	0	0.00	29

Anexo 10. Fertilizantes y control de poblaciones

Control de poblaciones

Descriptivas

	TIPOLOGIA	Síntesis química_	inorgánico_	orgánico_	biológico_	Insecticida_	Funguicida_	Herbicida_	Acaricida_	Nematicida_	Finca_ (2)	Agrotienda local_	Agrotienda externa_
N	Agroecológico próximo	2	2	2	2	2	2	0	0	1	2	2	1
	Agroindustrial incipiente	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	0
	Campesino Tradicional	2	2	2	2	2	2	0	0	1	1	2	1
	Productor Transicional	8	8	8	8	8	7	0	1	2	6	7	4
Perdidos	Agroecológico próximo	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	1
	Agroindustrial incipiente	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	2
	Campesino Tradicional	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	1
	Productor Transicional	0	0	0	0	0	1	8	7	6	2	1	4
Media	Agroecológico próximo	0.00	0.500	2.00	1.00	1.50	1.50	NaN	NaN	1.00	3.00	0.00	1.00
	Agroindustrial incipiente	9.50	0.00	0.00	0.00	3.00	4.50	1.00	NaN	NaN	NaN	9.50	NaN
	Campesino Tradicional	0.500	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	NaN	NaN	2.00	3.00	0.500	3.00
	Productor Transicional	0.500	0.500	1.75	1.00	1.50	1.71	NaN	1.00	1.00	1.33	0.571	3.75
Mínimo	Agroecológico próximo	0	0	2	0	1	1	NaN	NaN	1	2	0	1
	Agroindustrial incipiente	9	0	0	0	3	4	1	NaN	NaN	NaN	9	NaN
	Campesino Tradicional	0	0	0	0	1	0	NaN	NaN	2	3	0	3
	Productor Transicional	0	0	0	0	1	1	NaN	1	1	1	0	1
Máximo	Agroecológico próximo	0	1	2	2	2	2	NaN	NaN	1	4	0	1
	Agroindustrial incipiente	10	0	0	0	3	5	1	NaN	NaN	NaN	10	NaN
	Campesino Tradicional	1	2	2	2	2	2	NaN	NaN	2	3	1	3
	Productor Transicional	2	1	4	4	3	3	NaN	1	1	2	2	9

Fertilizantes

Descriptivas

	TIPOLOGIA	Síntesis química_ (2)	inorgánico_ (2)	orgánico_ (2)	biológico_ (2)	Finca_ (3)	Agrotienda local_ (2)	Agrotienda externa_ (2)
N	Agroecológico próximo	2	2	2	2	2	2	0
	Agroindustrial incipiente	2	2	2	2	2	2	0
	Campesino Tradicional	2	2	2	2	2	2	1
	Productor Transicional	8	8	8	8	8	8	3
Perdidos	Agroecológico próximo	0	0	0	0	0	0	2
	Agroindustrial incipiente	0	0	0	0	0	0	2
	Campesino Tradicional	0	0	0	0	0	0	1
	Productor Transicional	0	0	0	0	0	0	5
Media	Agroecológico próximo	0.00	0.500	1.00	0.500	2.00	0.00	NaN
	Agroindustrial incipiente	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	NaN
	Campesino Tradicional	0.500	0.500	1.00	0.500	2.00	0.00	1.00
	Productor Transicional	0.625	1.25	1.50	0.625	0.875	0.500	6.67
Desviación estándar	Agroecológico próximo	0.00	0.707	0.00	0.707	1.41	0.00	NaN
	Agroindustrial incipiente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NaN
	Campesino Tradicional	0.707	0.707	0.00	0.707	1.41	0.00	NaN
	Productor Transicional	0.744	2.19	1.31	1.41	0.641	0.756	5.51
Mínimo	Agroecológico próximo	0	0	1	0	1	0	NaN
	Agroindustrial incipiente	2	0	0	0	0	2	NaN
	Campesino Tradicional	0	0	1	0	1	0	1
	Productor Transicional	0	0	0	0	0	0	1
Máximo	Agroecológico próximo	0	1	1	1	3	0	NaN
	Agroindustrial incipiente	2	0	0	0	0	2	NaN
	Campesino Tradicional	1	1	1	1	3	0	1
	Productor Transicional	2	6	4	4	2	2	12

Anexo 11. Estadísticas descriptivas áreas

Descriptivas

	TIPOLOGIA	N	Perdidos	Media	Mediana	DE	Mínimo	Máximo
% area destinada agricultura	Agroecológico próximo	2	0	0.1633	0.1633	0.1461	0.06000	0.2667
	Agroindustrial incipiente	2	0	0.3954	0.3954	0.2265	0.23529	0.5556
	Campesino Tradicional	2	0	0.2533	0.2533	0.3488	0.00667	0.5000
	Productor Transicional	8	0	0.2144	0.0525	0.3208	0.00227	0.9167
area destinada en Ha	Agroecológico próximo	2	0	0.4150	0.4150	0.5445	0.03000	0.8000
	Agroindustrial incipiente	2	0	5.6000	5.6000	6.2225	1.20000	10.0000
	Campesino Tradicional	2	0	0.5250	0.5250	0.6718	0.05000	1.0000
	Productor Transicional	8	0	1.4225	0.1250	2.3744	0.01000	5.5000
area en policutivo	Agroecológico próximo	2	0	0.4150	0.4150	0.5445	0.03000	0.8000
	Agroindustrial incipiente	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	0.0000
	Campesino Tradicional	2	0	0.1750	0.1750	0.1768	0.05000	0.3000
	Productor Transicional	8	0	0.7100	0.1250	1.5450	0.01000	4.5000
% Area en policultivo	Agroecológico próximo	2	0	0.1633	0.1633	0.1461	0.06000	0.2667
	Agroindustrial incipiente	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	0.0000
	Campesino Tradicional	2	0	0.0783	0.0783	0.1014	0.00667	0.1500
	Productor Transicional	8	0	0.1484	0.0140	0.2638	0.00227	0.7500
Área destinada VAL Ag	Agroecológico próximo	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
	Agroindustrial incipiente	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
	Campesino Tradicional	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
	Productor Transicional	8	0	25.0000	0.0000	70.7107	0	200
Área destinada otro	Agroecológico próximo	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
	Agroindustrial incipiente	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
	Campesino Tradicional	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
	Productor Transicional	8	0	12.5000	0.0000	35.3553	0	100
area finca (Ha)	Agroecológico próximo	2	0	1.7500	1.7500	1.7678	0.50000	3.0000
	Agroindustrial incipiente	2	0	11.5500	11.5500	9.1217	5.10000	18.0000
	Campesino Tradicional	2	0	4.7500	4.7500	3.8891	2.00000	7.5000
	Productor Transicional	8	0	6.6375	3.0500	7.2427	2.00000	22.0000
Área destinada conservación	Agroecológico próximo	2	0	500.0000	500.0000	707.1068	0	1000
	Agroindustrial incipiente	2	0	5000.0000	5000.0000	7071.0678	0	10000
	Campesino Tradicional	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
	Productor Transicional	8	0	1625.0000	500.0000	2183.5423	0	5000
% area conservación	Agroecológico próximo	2	0	0.0167	0.0167	0.0236	0.00000	0.0333
	Agroindustrial incipiente	2	0	0.0980	0.0980	0.1386	0.00000	0.1961
	Campesino Tradicional	2	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	0.0000
	Productor Transicional	8	0	0.0356	0.0203	0.0574	0.00000	0.1724

Anexo 12. Transformación de productos para comercialización

Frecuencias de Transformación para venta

Transformación para venta	TIPOLOGIA	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
no	Agroecológico próximo	2	14.3 %	14.3 %
	Agroindustrial incipiente	2	14.3 %	28.6 %
	Campesino Tradicional	2	14.3 %	42.9 %
	Productor Transicional	6	42.9 %	85.7 %
si	Agroecológico próximo	0	0.0 %	85.7 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	85.7 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	85.7 %
	Productor Transicional	2	14.3 %	100.0 %

Anexo 13: frecuencia actividades económicas alternativas

Frecuencias de descripción otro

descripcion otro	TIPOLOGIA	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
capacitación en agricultura ecológica	Agroecológico próximo	0	0.0 %	0.0 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	0.0 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	0.0 %
	Productor Transicional	1	25.0 %	25.0 %
finca de veraneo	Agroecológico próximo	0	0.0 %	25.0 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	25.0 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	25.0 %
	Productor Transicional	1	25.0 %	50.0 %
terapias psicológica	Agroecológico próximo	0	0.0 %	50.0 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	50.0 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	50.0 %
	Productor Transicional	1	25.0 %	75.0 %
viviero forestal	Agroecológico próximo	0	0.0 %	75.0 %
	Agroindustrial incipiente	0	0.0 %	75.0 %
	Campesino Tradicional	0	0.0 %	75.0 %
	Productor Transicional	1	25.0 %	100.0 %

Anexo 14. Fotografías de las tipologías de productores.

Tipología	Imagen de cultivos
Agroindustrial incipiente	
Campesino Tradicional	
Productor Transicional	



Anexo 15. Evaluación de sostenibilidad por indicadores

DIMENSION	THEME	INDICATOR	Agroecológico próximo	Agroindustrial incipiente	Campeño Tradicional	Productor Transicional
GOOD GOVERNANCE	Corporate Ethics	Mission Explicitness	5	2,5	5	4,3
GOOD GOVERNANCE	Corporate Ethics	Mission Driven	5	3,5	4,5	4,1
GOOD GOVERNANCE	Corporate Ethics	Due Diligence	4,5	3	4	3,7
GOOD GOVERNANCE	Accountability	Holistic Audits	4,5	1	4	2,9
GOOD GOVERNANCE	Accountability	Responsibility	5	2	4	3,9
GOOD GOVERNANCE	Accountability	Transparency	4	2	4,5	3,7
GOOD GOVERNANCE	Participation	Stakeholder Identification	4	3,5	4	4,2
GOOD GOVERNANCE	Participation	Stakeholder Engagement	2,5	2,5	4	3,5
GOOD GOVERNANCE	Participation	Engagement Barriers	3,5	2	3	3,1

GOOD GOVERNANCE	Participation	Effective Participation	3	1,5	3	3,0
GOOD GOVERNANCE	Participation	Grievance Procedures	3	1,5	3,5	3,0
GOOD GOVERNANCE	Participation	Conflict Resolution	4,5	3,5	4	3,8
GOOD GOVERNANCE	Rule of Law	Legitimacy	4	3	5	3,8
GOOD GOVERNANCE	Rule of Law	Remedy, Restoration and Prevention	4	4	3,5	3,7
GOOD GOVERNANCE	Rule of Law	Civic Responsibility	1	1	1	1,0
GOOD GOVERNANCE	Rule of Law	Free, Prior and Informed Consent	4,5	4	4,5	4,3
GOOD GOVERNANCE	Rule of Law	Tenure Rights	4	1,5	4,5	3,5
GOOD GOVERNANCE	Holistic Management	Sustainability Management Plan	4,5	1,5	4	3,3
GOOD GOVERNANCE	Holistic Management	Full-Cost Accounting	3,5	2,5	4	3,1
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Atmosphere	GHG Reduction Target	2,5	1	2	1,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Atmosphere	GHG Mitigation Practices	3	1	4	2,9
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Atmosphere	Air Pollution Reduction Target	2,5	2	2	2,2
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Atmosphere	Air Pollution Prevention Practices	5	2,5	5	4,3

ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Water	Water Conservation Target	4,5	3	2	2,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Water	Water Conservation Practices	4,5	3	4,5	4,2
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Water	Clean Water Target	3	3	2	2,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Water	Water Pollution Prevention Practices	5	2,5	4,5	4,2
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Water	Wastewater Quality (Performance Indicator)	4,5	3,5	4	4,2
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Land	Soil Improvement Practices	4,5	2	5	4,2
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Land	Soil Physical Structure (Performance Indicator)	4,5	4	5	4,5
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Land	Soil Biological Quality (Performance Indicator)	5	3,5	4,5	4,2
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Land	Soil Organic Matter (Performance Indicator)	5	3	5	4,5
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Land	Land Conservation and Rehabilitation Plan	5	2	3	3,5

ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Land	Land Conservation and Rehabilitation Practices	4,5	2,5	4	3,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Landscape/ Marine Habitat Conservation Plan	4,5	2,5	3	3,6
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Ecosystem Enhancing Practices	4,5	1	4	3,6
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Species Conservation Target	4	2	2,5	2,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Species Conservation Practices (Performance Indicator)	4	3	3,5	3,2
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Diversity of Production (Performance Indicator)	5	1	3,5	3,6
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Wild Genetic Diversity Enhancing Practices	4,5	2	3	3,3
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Agro-biodiversity in-situ Conservation (Performance Indicator)	4	1,5	3,5	3,2

ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Biodiversity	Genetic Diversity in Wild Species (Performance Indicator)	3	2	3,5	2,9
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Materials and Energy	Material Consumption Practices	4	4	4,5	4,4
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Materials and Energy	Renewable Energy Use Target	1,5	1	2,5	1,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Materials and Energy	Energy Saving Practices	3,5	2	3	3
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Materials and Energy	Waste Reduction Target	4	2	3	2,6
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Materials and Energy	Waste Reduction Practices	4,5	2	4,5	3,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Materials and Energy	Waste Disposal (Performance Indicator)	3,5	3	4,5	3,8
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Materials and Energy	Food Loss and Waste Reduction (Performance Indicator)	3,5	4	5	3,7
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Animal Welfare	Animal Health Practices	5	4	4,5	4,4
ENVIRONMENTAL INTEGRITY	Animal Welfare	Humane Animal Handling Practices	5	4	5	4,5
ECONOMIC RESILIENCE	Investment	Internal Investment	3	1,5	4,5	3,4

ECONOMIC RESILIENCE	Investment	Community Investment	3	3	3	3,4
ECONOMIC RESILIENCE	Investment	Cost of Production	2	4,5	4	3,4
ECONOMIC RESILIENCE	Investment	Price Determination	2,5	4,5	3,5	3,3
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Guarantee of Production Levels	3,5	4,5	4	3,5
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Product Diversification	5	1	4	3,5
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Procurement Channels	3,5	4	4	3,2
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Stability of Supplier Relationships	3	4,5	3,5	3,1
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Dependence on the Leading Supplier	4,5	3,5	4	3,5
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Stability of Market	2,5	3,5	4	3,2
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Net Cash Flow	3	4,5	3,5	3,5
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Safety Nets	3	4	3,5	3,5
ECONOMIC RESILIENCE	Vulnerability	Risk Management	3	3,5	4	3,5
ECONOMIC RESILIENCE	Product Quality and Information	Control Measures	5	2,5	5	4,6
ECONOMIC RESILIENCE	Product Quality and Information	Hazardous Pesticides	5	3	5	4,6
ECONOMIC RESILIENCE	Product Quality and Information	Food Contamination	5	3	5	4,5
ECONOMIC RESILIENCE	Product Quality and Information	Food Quality	5	3,5	4,5	4,5

ECONOMIC RESILIENCE	Product Quality and Information	Product Labeling	1,5	1	3	1,8
ECONOMIC RESILIENCE	Product Quality and Information	Traceability System	1	1	3	1,6
ECONOMIC RESILIENCE	Product Quality and Information	Certified Production	2,5	1	2	1,5
ECONOMIC RESILIENCE	Local Economy	Regional Workforce	5	4	5	4,8
ECONOMIC RESILIENCE	Local Economy	Local Procurement	5	2	4	4,3
SOCIAL WELL-BEING	Decent Livelihood	Right to Quality of Life	5	5	5	4,5
SOCIAL WELL-BEING	Decent Livelihood	Wage Level	5	5	5	4,7
SOCIAL WELL-BEING	Decent Livelihood	Fair Access to Means of Production	3,5	5	4,5	4,3
SOCIAL WELL-BEING	Fair Trading Practices	Fair pricing and transparent contracts	3	4	4	3,5
SOCIAL WELL-BEING	Fair Trading Practices	Rights of Suppliers	5	5	4,5	4,5
SOCIAL WELL-BEING	Labour Rights	Employment Relations	4,5	4	5	4,2
SOCIAL WELL-BEING	Labour Rights	Freedom of Association and Right to Bargaining	5	5	5	4,8
SOCIAL WELL-BEING	Equity	Non Discrimination	5	5	5	4,7
SOCIAL WELL-BEING	Equity	Gender Equality	5	5	5	5,0
SOCIAL WELL-BEING	Equity	Support to Vulnerable People	5	4	4	3,9

SOCIAL WELL-BEING	Human Safety and Health	Safety of Workplace, Operations and Facilities	4,5	3,5	5	4,5
SOCIAL WELL-BEING	Cultural Diversity	Food Sovereignty	5	3	5	4,2

Anexo 16. Estadísticos variables biofísicas del suelo

Descriptivas							
	tipología	densidad real (g/cm ³)	carbono (%)	nitrogeno (%)	relacion C/N	nitratos	CO2 producido (mmol/20 gr suelo)
N	Agroecológico próximo	6	6	6	6	6	6
	Agroindustrial incipiente	6	6	6	6	6	6
	Campesino Tradicional	6	6	6	6	6	6
	Productor Transicional	24	24	24	24	24	24
Perdidos	Agroecológico próximo	0	0	0	0	0	0
	Agroindustrial incipiente	0	0	0	0	0	0
	Campesino Tradicional	0	0	0	0	0	0
	Productor Transicional	0	0	0	0	0	0
Media	Agroecológico próximo	0.603	17.7	1.07	16.0	6.87	0.266
	Agroindustrial incipiente	0.562	16.1	0.948	17.0	7.27	0.244
	Campesino Tradicional	0.532	16.5	0.972	17.0	9.41	0.252
	Productor Transicional	0.612	14.5	0.960	15.0	5.67	0.290
Mediana	Agroecológico próximo	0.603	17.6	1.07	16.0	6.93	0.269
	Agroindustrial incipiente	0.562	16.0	0.955	17.0	7.30	0.237
	Campesino Tradicional	0.532	16.4	0.965	17.0	9.30	0.253
	Productor Transicional	0.648	13.6	0.900	15.0	6.49	0.280
Desviación estándar	Agroecológico próximo	0.0581	5.28	0.189	2.19	3.98	0.00692
	Agroindustrial incipiente	0.0492	2.05	0.0585	3.29	5.65	0.0179
	Campesino Tradicional	0.0798	4.90	0.106	3.29	2.56	0.00963
	Productor Transicional	0.0984	3.08	0.191	0.722	3.18	0.0451
Mínimo	Agroecológico próximo	0.550	12.8	0.890	14	2.90	0.253
	Agroindustrial incipiente	0.517	14.2	0.880	14	2.06	0.230
	Campesino Tradicional	0.459	11.8	0.860	14	6.87	0.238
	Productor Transicional	0.439	10.7	0.740	14	0.424	0.228
Máximo	Agroecológico próximo	0.656	22.9	1.26	18	10.8	0.271
	Agroindustrial incipiente	0.607	18.4	1.01	20	12.5	0.275
	Campesino Tradicional	0.605	21.6	1.10	20	12.1	0.261
	Productor Transicional	0.727	20.4	1.25	16	9.75	0.388
W de Shapiro-Wilk	Agroecológico próximo	0.683	0.723	0.749	0.683	0.743	0.754
	Agroindustrial incipiente	0.683	0.777	0.852	0.683	0.692	0.837
	Campesino Tradicional	0.683	0.748	0.842	0.683	0.765	0.868
	Productor Transicional	0.873	0.894	0.856	0.813	0.903	0.863
Valor p de Shapiro-Wilk	Agroecológico próximo	0.004	0.011	0.019	0.004	0.017	0.022
	Agroindustrial incipiente	0.004	0.036	0.163	0.004	0.005	0.123
	Campesino Tradicional	0.004	0.019	0.135	0.004	0.028	0.220
	Productor Transicional	0.006	0.016	0.003	< .001	0.025	0.004

Kruskal-Wallis

	χ^2	gl	p
densidad real (g/cm ³)	5.519	3	0.137
carbono (%)	4.591	3	0.204
nitrogeno (%)	2.234	3	0.525
relacion C/N	0.654	3	0.884
nitratos	5.295	3	0.151
CO ₂ producido (mmol/20 gr suelo)	13.716	3	0.003

Descriptivas

	tipología	Saturada	0,1	0,3	1	3	15	densidad real (g/cm3)	porosidad (%)
N	agroecológico próximo	2	2	2	2	2	2	2	2
	agroindustrial incipiente	2	2	2	2	2	2	2	2
	campesino tradicional	2	2	2	2	2	2	2	2
	productor transicional	8	8	8	8	8	8	8	8
Media	agroecológico próximo	226	217	214	212	209	209	0.605	77.0
	agroindustrial incipiente	222	199	194	193	191	190	0.565	78.5
	campesino tradicional	220	196	193	192	190	189	0.530	80.0
	productor transicional	222	200	197	196	193	192	0.613	76.8
Desviación estándar	agroecológico próximo	2.53	1.83	1.07	0.573	0.417	0.396	0.0778	2.83
	agroindustrial incipiente	0.820	15.2	14.0	13.9	13.6	13.4	0.0636	2.12
	campesino tradicional	5.11	8.40	8.17	8.52	8.40	8.47	0.0990	4.24
	productor transicional	11.0	13.6	13.5	13.5	13.5	13.5	0.104	3.81
Mínimo	agroecológico próximo	225	215	213	212	209	208	0.550	75
	agroindustrial incipiente	221	188	184	184	181	181	0.520	77
	campesino tradicional	216	190	187	186	184	183	0.460	77
	productor transicional	199	181	179	178	175	174	0.440	73
Máximo	agroecológico próximo	228	218	215	213	210	209	0.660	79
	agroindustrial incipiente	223	209	204	203	200	199	0.610	80
	campesino tradicional	223	202	199	198	196	195	0.600	83
	productor transicional	233	217	213	212	208	207	0.730	83
W de Shapiro-Wilk	agroecológico próximo	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	agroindustrial incipiente	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	campesino tradicional	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	productor transicional	0.847	0.879	0.865	0.857	0.854	0.855	0.921	0.892

Descriptivas

	tipologia	Saturada	0,1	0,3	1	3	15	densidad real (g/cm3)	porosidad (%)
Valor p de Shapiro-Wilk	agroecológico próximo	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	agroindustrial incipiente	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	campesino tradicional	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	productor transicional	0.088	0.186	0.136	0.113	0.104	0.108	0.439	0.242

Anexo 17. Análisis de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner para comparación de grupos por parejas.

Comparaciones entre parejas - CO2 producido (mmol/20 gr suelo)

		W	p
Agroecológico próximo	Agroindustrial incipiente	-2.50	0.291
Agroecológico próximo	Campesino Tradicional	-3.40	0.076
Agroecológico próximo	Productor Transicional	2.24	0.389
Agroindustrial incipiente	Campesino Tradicional	1.81	0.575
Agroindustrial incipiente	Productor Transicional	3.89	0.030
Campesino Tradicional	Productor Transicional	3.45	0.070