

Evaluación de la Sustentabilidad de los Sistemas Productivos Agropecuarios
Presentes en el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán.

Norberto Díaz Díaz

Trabajo de investigación para optar al título de Magister en Economía y Desarrollo

Director

Dr. Amado Antonio Guerrero Rincón

Codirectora

Dra. Eddy Johanna Fajardo Ortiz

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Maestría en Economía y Desarrollo

2020

Dedicatoria

Este trabajo de investigación está dedicado a todas aquellas personas que han buscado revertir la lógica extractiva (insustentable) de la megaminería en el Páramo de Santurbán; y trabajan por la construcción de un proyecto de vida sustentable para aquellas personas que han convivido con el ecosistema de Páramo toda su vida desde un trabajo articulado entre sociedad, academia y Estado. A mi familia, especialmente a mi mamá ANA que nunca ha dejado de creer en mis capacidades y siempre he contado con su apoyo incondicional, a mi papá, por su pasión por la lectura y su trabajo por la comunidad que me transmitió desde pequeño, a mis hermanos Néstor, Nelson y Julio Cesar que siempre han estado pendientes y prestos a servir de apoyo dentro de este proceso de formación académica. A mis amigos, colegas y conocidos.

Agradecimientos

Al Grupo de investigación GIDROT, por respaldar mi trabajo de investigación, a mi director Amado Antonio Guerrero Rincón y a mi codirectora Eddy Johana Fajardo.

A la Maestría en Economía y Desarrollo por apoyar durante tres semestres con los créditos condonables, apoyo que fue bastante fundamental para poder desarrollar y culminar este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de Colombia sede de Bogotá, en especial a la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo donde me recibieron en el año 2019 para realizar intercambio académico y pude profundizar en varias de las temáticas que se abordaron en esta tesis de investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme realizar mi estancia de investigación en dicha Universidad y a mi Tutor Maestro Eduardo López Vega que estuvo cerca en el proceso de investigación.

Entidades y personas que se vincularon con esta investigación e hicieron parte del grupo de trabajo con expertos: Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación Autónoma de Santander (CAS), Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR), Secretaria de Vivienda y Medio Ambiente de Norte de Santander, FUNZIZUA.

Resumen

Título: Evaluación de la Sustentabilidad de los Sistemas Productivos Agropecuarios Presentes en el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán

Autor: Norberto Diaz Diaz

Palabras clave: Sustentabilidad, Páramo de Santurbán, Análisis Espacial Multicriterio, Economía ecológica, Evaluación de sustentabilidad.

Descripción

Este trabajo de investigación evalúa de manera integral el problema ambiental que está causando la expansión de la frontera agropecuaria y el uso de agroquímicos en el complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán, Colombia. Asimismo, este trabajo comprende al páramo de Santurbán como un ecosistema estratégico clave para el cambio climático y, por tanto, aborda de forma transversal varios Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) para Santander y Norte de Santander. Este trabajo de investigación buscó abarcar la totalidad del páramo, es decir, veintinueve (29) municipios. Además, buscó realizar un primer aporte para revertir la lógica extractiva, con una evaluación de la sustentabilidad productiva, que deja a disposición una herramienta para la planificación de actividades agropecuarias sustentables y la toma de decisiones. Para abordar el problema de investigación se desarrolló un Análisis Espacial Multicriterio (AEMC) que buscó evaluar la sustentabilidad productiva agropecuaria para este complejo de páramo ubicado entre los departamentos de Santander y Norte de Santander en Colombia. Para evaluar la sustentabilidad de los sistemas productivos se hizo uso de cuatro (4) criterios de análisis establecidos en la literatura académica para evaluarlo: económico, social, ambiental e institucional. Se integró la evaluación de la sustentabilidad desde un análisis espacial, apoyado en herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Producto de desarrollar el modelo espacial o evaluación de sustentabilidad se obtuvieron resultados para los dos diferentes métodos con los que se determinó los pesos para los criterios, factores e indicadores, para el método directo se encontró una sustentabilidad media (96%) y sustentabilidad fuerte (4%). Mientras que para el método Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) se determinó una sustentabilidad media (48%) y una sustentabilidad fuerte (52%).

Abstract

Title: Assessment of the Sustainability of Agricultural Production Systems in the High Mountain Complex of Páramo de Santurbán

Author: Norberto Diaz Diaz

Keywords: Sustainability, Santurban Moor, Multicriteria Spatial Analysis, Ecological economics, Sustainability assessment.

Description

This research work evaluates in a comprehensive way the environmental problem that is causing the expansion of the agricultural frontier and the use of agrochemicals in the high mountain complex of Páramo de Santurbán, Colombia. Likewise, this work includes the Santurbán moor as a key strategic ecosystem for climate change and, therefore, addresses several Sustainable Development Objectives (SDIs) for Santander and Norte de Santander in a transversal way. This research work sought to cover the whole of the paramo, twenty-nine (29) towns. In addition, it sought to make a first contribution to reversing the extraction logic, with an evaluation of productive sustainability, which leaves available a tool for planning sustainable agricultural activities and decision making. To address the research problem, a Multi-criteria Spatial Analysis (MSA) was developed to assess the sustainability of agricultural production in this paramo complex located between the departments of Santander and Norte de Santander in Colombia. To evaluate the sustainability of the productive systems, four (4) analysis criteria established in the academic literature were used to assess it: economic, social, environmental, and institutional. The evaluation of sustainability was integrated from a spatial analysis, supported by Geographic Information Systems (GIS) tools. As a result of the development of the spatial model or sustainability evaluation, results were obtained for the two different methods with which the weights for the criteria, factors and indicators were determined. For the direct method, average sustainability (96%) and strong sustainability (4%) were found. For the Hierarchical Analytical Process (HAP) method, the results were average (48%) and strong (52%).

Keywords: Sustainability, Santurban, Multicriteria Spatial Analysis, Ecological Economics, Sustainability Assessment.

Tabla de Contenido

1. Introducción	16
2. Alcance y definición del problema de investigación.....	19
2.1. Problema de investigación.....	19
2.2. Justificación	21
2.3. Objetivos de la investigación.....	25
2.3.1. Objetivo general	25
2.3.2. Objetivos específicos	25
3. Marco teórico	25
3.1. Desarrollo sustentable.....	25
3.2. De sustentabilidad a la sustentabilidad productiva.....	28
4. Antecedentes	33
4.1. Análisis Multicriterio (AMC)	33
4.2. Análisis Espacial Multicriterio (AEMC)	36
4.3. Determinación de Ponderadores	36
5. Metodología	38
5.1. Materiales y métodos.....	39
5.2. Modelamiento	42
5.2.1. Definición del problema	44
5.2.2. Submodelos o criterios.....	44
5.2.3. Determinación las capas significativas	46
5.2.4. Reclasificación y transformación	47

5.2.5. Definición de pesos	48
5.2.6. Herramienta superposición ponderada (modelo)	52
6. Descripción de indicadores	55
6.1. Económico	57
6.1.1. Ingresos	58
6.1.2. Tecnología.....	60
6.1.3. Condición económica	61
6.2. Ambiental.....	63
6.2.1. Manejo Agropecuario	63
6.2.2. Desarrollo de actividades agropecuarias.....	65
6.2.3. Conservación.....	66
6.2.4. Intervención sobre el ecosistema.....	67
6.2.5. Manejo de desechos	68
6.3. Institucional.....	70
6.4. Social	73
7. Resultados	76
7.1. Método directo	76
7.1.1. Criterio económico	77
7.1.2. Criterio ambiental.....	80
7.1.3. Criterio institucional	82
7.1.4. Criterio social	85
7.1.5. Sustentabilidad para el Complejo del Páramo de Santurbán	87

7.2. Método PAJ.....	88
7.2.1. Criterio económico	90
7.2.2. Criterio Ambiental.....	93
7.2.3. Criterio Institucional.....	95
7.2.4. Criterio Social	98
7.2.5. AEMC por el método PAJ	100
8. Conclusiones	102
9. Discusión	106
Referencias	109

Lista de tablas

Tabla 1 Tres corrientes ligadas al debate ambiental previo y posterior al informe de Brundtland	26
Tabla 2. Principios para que el desarrollo sustentable incida en la toma de decisiones	29
Tabla 3. Métodos de ponderación.....	37
Tabla 4. Valores de ponderación para criterios e indicadores de sustentabilidad productiva definidos mediante método directo	41
Tabla 5. Caracterización de variables utilizadas en el estudio	45
Tabla 6. Escala numérica para el método PAJ	49
Tabla 7. Tabla de consistencia aleatoria para el método PAJ por tamaño de la matriz.....	51
Tabla 8. Condiciones para considerarse como Unidad Productora Agropecuaria (UPA)	56
Tabla 9. Indicadores que integran el criterio económico	57
Tabla 10. Indicadores que integran el criterio ambiental	63
Tabla 11. Indicadores que integran el criterio institucional	70
Tabla 12. Indicadores que integran el criterio Social.....	73
Tabla 13. Resultados por indicador para el criterio económico método directo	78
Tabla 14. Resultados por indicador para el criterio ambiental método directo.....	80
Tabla 15. Resultados por indicador para el criterio Institucional por el método directo	83
Tabla 16. Resultados por indicador para el criterio social por el método directo	85
Tabla 17. Resultados por indicador para el criterio económico método PAJ	90
Tabla 18. Resultados por indicador para el criterio económico método PAJ	93
Tabla 19. Resultados por indicador para el criterio Institucional por el método PAJ	96

Tabla 20. Resultados por indicador para el criterio social por el método PAJ	98
Tabla 21. Contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán.....	117
Tabla 22. Contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán por departamento.....	118
Tabla 23. Contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán por departamento.....	119
Tabla 24. Equipo de expertos evaluación de la sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán por el método PAJ	120
Tabla 25. Método por pares para evaluar los criterios – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán	121
Tabla 26. Método por pares para evaluar los factores para el criterio económico – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán.....	122
Tabla 27. Método por pares para evaluar los factores para el criterio Ambiental – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán.....	123
Tabla 28. Método por pares para evaluar los factores para el criterio Institucional – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán.....	124
Tabla 29. Método por pares para evaluar los factores para el criterio Social – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán.....	125
Tabla 30. Ponderaciones por criterios.....	126
Tabla 31. Ponderaciones para el criterio económico	126
Tabla 32. Ponderaciones para el criterio ambiental	126

Tabla 33. Ponderaciones para el criterio Institucional	127
Tabla 34. Ponderaciones para el criterio Social.....	127
Tabla 35. Experto 5 - criterios	128
Tabla 36. Experto 7 - criterios	128
Tabla 37. Experto 9 - criterios	128
Tabla 38. Experto 6 – criterio económico	129
Tabla 39. Experto 7 – criterio económico	129
Tabla 40. Experto 8 – criterio económico	129
Tabla 41. Experto 9 – criterio económico	129
Tabla 42. Experto 2 – criterio ambiental.....	130
Tabla 43. Experto 3 – criterio ambiental.....	130
Tabla 44. Experto 7 – criterio ambiental.....	131
Tabla 45. Experto 8 – criterio ambiental.....	131
Tabla 46. Experto 9 – criterio ambiental.....	131
Tabla 47. Experto 4 – criterio institucional	133
Tabla 48. Experto 7 – criterio institucional.....	133
Tabla 49. Experto 8 – criterio institucional.....	133
Tabla 50. Experto 9 – criterio institucional.....	134
Tabla 51. Experto 2 – criterio social.....	135
Tabla 52. Experto 5 – criterio social.....	135
Tabla 53. Experto 6 – criterio social.....	135
Tabla 54. Experto 9 – criterio social.....	136

Lista de figuras

Figura 1. Imperativos de la sustentabilidad.....	30
Figura 2. Diagrama de los procesos desarrollados AEMC	43
Figura 5. <i>Matriz W de pesos de criterios</i>	54
Figura 6. Matriz W de pesos de criterios.....	55
Figura 7. Diagrama de árbol de la sustentabilidad para las actividades productivas agropecuarias en el páramo de Santurban	56
Figura 8. Árbol de jerarquía para determinar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Páramo de Santurbán por el método directo.....	76
Figura 9. Árbol de jerarquía para determinar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Páramo de Santurbán por el método PAJ	89

Lista de Mapas

Mapa 1. Ubicación Páramo de Santurbán en Colombia.....	40
Mapa 2. Ráster para el criterio C1.1	46
Mapa 3. Proceso de reclasificación del indicador C1_1	47
Mapa 4. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio económico para el Páramo de Santurbán por el método directo.....	79
Mapa 5. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Ambiental para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método directo	82
Mapa 6. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio institucional para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método directo	84
Mapa 7. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Social para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método directo	86
Mapa 8. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por método directo	87
Mapa 9. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio económico para el Páramo de Santurbán por el método PAJ.....	91
Mapa 10. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Ambiental para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método PAJ.....	95
Mapa 11. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio institucional para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método PAJ.....	97
Mapa 12. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Social para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método PAJ.....	99

Mapa 13. Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por método PAJ. 100

Listado de Apéndices

Apéndice A. Contribución de actividades económica para el Páramo de Santurbán, por departamentos y para el distrito minero (Vetas, California y Suratá)..... 117

Apéndice B. Equipo de expertos evaluación de la sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán..... 120

Apéndice C. Matriz de evaluación de criterios, factores e indicadores para evaluar la sustentabilidad de las actividades productivas agropecuarias para el Páramo de Santurbán.... 121

Apéndice D. Ponderaciones finales evaluación de sustentabilidad para el Páramo de Santurbán por el método PAJ..... 126

Apéndice E. Matriz de calificación por pares por criterios de evaluación de sustentabilidad para el Páramo de Santurbán por el método PAJ para los expertos con calificación consistente. 128

Apéndice F. Matriz de calificación por pares para el criterio económico evaluación de sustentabilidad por el método PAJ para el Páramo de Santurbán..... 129

Apéndice G. Matriz de calificación por pares para el criterio ambiental evaluación de sustentabilidad por el método PAJ para el Páramo de Santurbán..... 130

Apéndice H. Matriz de calificación por pares para el criterio institucional evaluación de sustentabilidad por el método PAJ para el Páramo de Santurbán..... 133

Apéndice I. Matriz de calificación por pares para el criterio social evaluación de sustentabilidad por el método PAJ..... 135

Introducción

Este trabajo de investigación evalúa de manera integral el problema ambiental que causa la expansión de la frontera agropecuaria y el uso de insumos agroquímicos dentro del complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán.

Cabe agregar que esta investigación se encuentra enmarcada dentro de las agendas de cambio climático, conservación de ecosistemas y seguridad alimentaria para los departamentos de Santander y Norte de Santander. Por lo tanto, aborda de forma transversal cuatro ODS¹ vinculados con la nueva agenda multidimensional para combatir el cambio climático.

La Agenda 2030 es un nuevo acuerdo ético y programático entre las naciones y las personas para hacerle frente a los desafíos de la sociedad contemporánea. Las preocupaciones globales aún están enfocadas en el lento crecimiento económico, las desigualdades sociales, las preocupaciones ambientales y el anhelo de la paz en todas sus dimensiones. [...] Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que son la base de esa nueva agenda, representan una visión común del futuro y trazan compromisos claros para hacerle frente a esos desafíos pendientes. Reconocen, por primera vez, la importancia de la paz, la justicia y el rol fundamental que desempeñan los gobiernos y las instituciones democráticas sólidas para lograr el desarrollo. Además, traza la ruta para alcanzar un equilibrio entre las variables económicas y ambientales, incorporando temas que no figuraban en los ODM,

¹ Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible[2], Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todo [6], Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos [8], Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica [15].

como el cambio climático y el consumo sostenible. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD, 2018, pag. 8)

El concepto de concepto de Desarrollo Sustentable (DS) es un concepto fundamental para esta investigación. El DS ha sido definido desde el informe de Brundtland como “un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987, pág. 23). En el apartado de marco teórico se profundizará en el origen de este concepto y una aplicación en la praxis de la sustentabilidad productiva y construcción de indicadores.

Producto del informe de Brundland “Nuestro Futuro Común” se logró consolidar una propuesta que permite articular el desarrollo y el medio ambiente, en su momento estos conceptos se habían analizado por separado o no se veía alguna conexión entre ellos; ese había sido el punto de ruptura en un contexto pobreza, hambruna y degradación del medio ambiente en la que se convocó a la cumbre, de esta forma este informe permitió llevar elementos del desarrollo sustentable al contexto económico y en la agenda política mundial.

El presente trabajo de investigación se encuentra dividido de la siguiente manera, en el primer capítulo se presenta el alcance y definición del problema de investigación, justificación y objetivos; en el segundo capítulo se presenta el marco teórico donde se realiza una revisión desde el desarrollo sustentable a la sustentabilidad productiva, en el tercer capítulo se presenta los antecedentes de las diversas metodologías AMC, AEMC y determinación de pesos; en el cuarto capítulo se presenta la metodología, donde se abordan los materiales y métodos y modelamiento además, se aborda la definición del problema, submodelos o criterios, determinación de las capas significativas, reclasificación y transformación, definición de pesos y desarrollo de la herramienta

de superposición ponderada; en el quinto capítulo se presenta la descripción de los indicadores, en el sexto capítulo se presentan los resultados para el método directo y PAJ, finalmente el documento termina con la presentación de la respectiva discusión y sus conclusiones.

Alcance y definición del problema de investigación

2.1. Problema de investigación

El páramo de Santurbán se encuentra conformado por veinte y nueve municipios² ubicados entre los departamentos de Santander y Norte de Santander³, en los últimos años la discusión sobre este complejo de Alta montaña se ha centrado en la tensión generada por dos visiones contradictorias frente al paramo, por una parte, la delimitación del espacio en conservación y en la otra, el apalancamiento de un proyecto extractivo de megaminería de oro que se desarrollaría en tres municipios que tienen influencia en el páramo: Vetas, California y Suratá.

En relación, con las implicaciones ecológicas, ambientales y sociales de dicho proyecto, recientemente varios científicos han dado una negativa rotunda para la puesta en marcha del proyecto extractivo: *la minería amenaza los ecosistemas Colombianos* (Pérez-Escobar et al., 2018); donde destacan la importancia del páramo en la provisión de servicios ecosistémicos para millones de personas. Y señalan que de ponerse en marcha uno de los proyectos extractivos de oro más grandes en América Latina, se generarían una serie de pasivos ambientales como la amenaza y extinción de flora y fauna, calidad y provisión del agua y sociales, tales como el desplazamiento

² El Páramo de Santurbán está ubicado en el extremo nororiental de la cordillera oriental, tiene jurisdicción directa en los departamentos de Santander y Norte de Santander. En el departamento de Norte de Santander se extiende directamente sobre diecinueve (19) municipios (Abrego, Arboledas, Bochalema, Bucarasica, Cáchira, Cécota, Chinácota, Chitagá, Gramalote, La Esperanza, Labateca, Lourdes, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita, Salazar, Silos, Toledo y Villacaro) y en el departamento de Santander sobre diez (10) municipios (Suratá, California, Vetas, Charta, El Playón, Guaca, Matanza, Piedecuesta, Santa Bárbara y Tona). El Páramo de Páramo abastece de agua a 29 municipios de los dos departamentos y a una población de más de 2.200.000 habitantes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

³ Es pertinente tener presente la resolución 0886 de mayo de 2018 (Corte Constitucional, 2017) fallo de la corte constitucional que obliga a realizar de nuevo la delimitación del Páramo, dado que no existió un proceso de socialización a la hora de realizar la delimitación, por tanto para esta propuesta se va a traDébil r con información que hace referencia a todos los municipios que tienen influencia en el área del Páramo de Santurbán (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014b) dado que aún no se sabe cuál va a ser la nueva delimitación del páramo.

involuntario de asentamientos humanos, afectación a la salud con impactos negativos muchos de ellos irreversibles sobre las comunidades y posibles conflictos violentos.

En ese sentido, para Preston (1997) la problemática principal de las economías de los territorios de Alta montaña se centra en la dinámica extractivista como apalancamiento de los sistemas productivos, que excluye la preservación de ecosistemas configurados para la dotación de servicios ambientales, sean ellos de provisión, regulación, de cultura o soporte. El páramo de Santurbán no es ajeno a esta dinámica extractiva a consecuencia de las actividades agropecuarias intensivas y en expansión que allí se desarrollan, las cuales están generando una transformación y alteración de la regulación hídrica para aproximadamente más de dos millones de habitantes, incluyendo dos ciudades capitales, Bucaramanga (capital de Santander) y Cúcuta (capital de Norte de Santander). Por tanto, esta investigación busca pensar un cambio en el lenguaje que implique hacer un tránsito del extractivismo hacia la gestión sustentable de la tierra, lo que implica, el desarrollo de actividades económicas sustentables que no pongan en peligro el ecosistema de Santurbán.

Para avanzar en este cambio de lenguaje se debe primero preguntar cómo está la sustentabilidad de las actividades agropecuarias en el Páramo de Santurbán, por tanto, la pregunta que guía esta investigación es ¿qué tan sustentable es el desarrollo de los sistemas productivos agropecuarios en el complejo de Alta montaña del páramo de Santurbán? En este sentido, la presente investigación no desconoce el conflicto socioambiental de Vetas, California y Suratá, sino que incluye la totalidad de los municipios que hacen parte del área de limitación del Páramo y determina la sustentabilidad de las actividades agropecuarias, para los municipios del Complejo de Páramo.

Dada la fragilidad del ecosistema de páramo producto de actividades antrópicas de minería, ganadería y agricultura en términos de sustentabilidad, es de suma importancia tener una estimación sobre las dos principales actividades productivas agropecuarias que se desarrolla en el espacio de conservación, por tanto, este trabajo evalúa la sustentabilidad de la actividad agropecuaria en los ecosistemas del páramo.

2.2. Justificación

El desarrolló la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios asentados en el Complejo del páramo de Santurbán mediante un ejercicio empírico para evaluar la sustentabilidad en espacios de conservación y aportar una herramienta espacial para la interpretación de un fenómeno que viene en aumento (expansión de la frontera agrícola y el uso intensivo de agroquímicos) en uno de los espacios de conservación más importante para los departamentos de Santander y Norte de Santander.

La importancia de evaluar la sustentabilidad del sistema productivo agropecuario radica en la necesidad de obtener una radiografía que permita observar cómo se desarrollan las actividades agropecuarias. Además de identificar la agricultura familiar como un actor clave en producción de alimentos, diversificación y conservación de la biodiversidad en concordancia con lo que propone la FAO en su documento *sobre Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de Política*.

“La agricultura familiar es un sector clave para lograr la erradicación del hambre y el cambio hacia sistemas agrícolas sustentables en América Latina y el Caribe y el mundo. [...] Los pequeños agricultores son aliados de la seguridad alimentaria y actores protagónicos en el esfuerzo de los países por lograr un futuro sin hambre. [...] No sólo

producen la mayor parte de los alimentos para el consumo interno de los países de la región, sino que habitualmente desarrollan actividades agrícolas diversificadas, que les otorgan un papel fundamental a la hora de garantizar la sustentabilidad del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad” (Salcedo & Guzmán, 2014, pág. 4)

De esta forma a partir del AEMC se evaluó integralmente el problema ambiental que está causando la expansión de la frontera agropecuaria y el uso de agroquímicos. La evaluación de sustentabilidad permite pensar trabajos a más largo plazo como el de Pago por Servicios Ambientales (PSA) como fuente que puede empoderar dichos ecosistemas y sus comunidades, como menciona Porras, Aylward y Dengel (2013).

La gestión sustentable de la tierra y el agua puede proporcionar múltiples beneficios. servicios ambientales (incluidos los servicios de las cuencas hidrográficas) mediante la conservación de los ecosistemas naturales existentes, la gestión de la agricultura y tierras agroforestales, y la restauración de ecosistemas degradados. [...] El uso del pago por los servicios de los ecosistemas (PSA) para promover la gestión racional de los ecosistemas y de las cuencas hidrográficas es una idea que ha pasado de la teoría económica a la política debate y finalmente en la práctica durante los últimos 30 años más o menos (Porras et al., 2013, pág. 7)

Por tanto, la apuesta en dichos territorios es fortalecerlos con herramientas técnicas que permitan la provisión de servicios ecosistémicos sobre la lógica extractiva insustentable como la megaminería. Como reto a largo plazo implica desarrollar una estrategia que permita la implementación del Pago por Servicios Ambientales (PSA) para el Páramo de Santurbán, que para Colombia se encuentra establecido mediante el CONPES 3886 *Lineamientos de política y*

programa nacional de pago por servicios ambientales para la construcción de paz (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2017).

Así mismo, se comprende que no es deseable generar el desplazamiento de comunidades por conservar ecosistemas naturales como menciona Chaves (2011), ya que esto no responde a lógicas de sensibilización y mucho menos de respeto por estos espacios naturales. Se parte del reconocimiento de una solución de fondo, donde el respeto a la vida en todas sus expresiones debe constituirse como un pilar de investigación transversal.

Para finalizar este apartado se presentan un análisis de sectores económicos para los municipios que tienen influencia dentro del Páramo de Santurbán.

El análisis de datos presentados a continuación hace referencia a la contribución económica de las principales actividades para los municipios que tienen influencia dentro del Complejo de Páramo de Santurbán para los departamentos de Santander y Norte de Santander de acuerdo con la información consultada en el portal de información del Departamento Nacional de Planeación (DNP) -Terridata-.

Las principales actividades para los cinco años consultados 2011-2015 clasificadas en seis actividades y organizadas de mayor a menor contribución respectivamente la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca (25.85%), actividades de servicios sociales y personales (19.33%), construcción (12.23), establecimientos financieros, seguros y otros servicios (11.27%), Comercio-reparación, restaurantes y hoteles (11.16%) y explotación de minas y canteras (2.79%) Como se muestra en la tabla 21 (anexo 1) contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán.

Al describir la información se observa que para el departamento de Norte de Santander las tres principales actividades que tienen en Páramo son; la actividad agropecuaria representa una (31%), actividades de servicios sociales y personales (21%) y Comercio, reparación. Restaurante y hoteles (11%). Para los municipios de Santander respectivamente; Construcción (17.24), Establecimientos financieros, seguros y otros servicios (16.48%), Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca (16.27%) como se muestra en la tabla 22 (anexo 1) contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán por departamento.

Mientras que para los municipios de se considera como distrito minero (Vetas, California y Suratá) se observa que la contribución de las actividades de explotación de minas y canteras representan el (5%); las tres actividades más importantes se presentan a continuación: establecimientos financieros, seguros y otros servicios (20%), actividades de servicios sociales y personales (18%) y construcción (17%) como se muestra en la tabla 23. Contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán por departamento.

Para finalizar, es importante agregar que la actividad agropecuaria representa un importante sector para los municipios que tienen influencia en el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán (26%). Además, si se comparan los departamentos Norte de Santander desarrolla un mayor porcentaje de actividades relacionadas con actividades agropecuarias (31%); mientras que para los municipios de Vetas, california y Suratá se observa que las actividades de explotación minas y canteras no representa un nivel considerable solo el (5.13%) y la actividad pecuaria (4.71%).

2.3. Objetivos de la investigación

2.3.1. Objetivo general

Evaluar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Complejo de Alta montaña en el páramo de Santurbán.

2.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las variables municipales que son consideradas en la construcción de los criterios de sustentabilidad y permiten caracterizar los municipios de acuerdo con los criterios definidos para el páramo de Santurbán.
- Analizar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el complejo de Alta montaña como es el Páramo de Santurbán.
- Generar elementos de juicio para los decisores en los sistemas de producción en el Páramo de Santurbán.

Marco teórico

1.1.Desarrollo sustentable

“aquél que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”(Brundtland, 1987).

El origen del concepto de Desarrollo sustentable se debe ubicar dentro de las décadas de los años sesenta y setenta donde se hacía más evidente la preocupación por el deterioro ambiental; la contaminación del aire, ríos y mares, la desaparición de especies, la deforestación, las hambrunas y la pobreza. Dada la inquietud por la presión que se ejercen sobre esos ecosistemas que pasaron

a ser de uso global, la ONU convocó a la primera ministra Noruega Gro Harlem Brundtland a presidir la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

El debate ambiental que se dio años anteriores y posteriores al informe de Brundtland estuvo enmarcado por la discusión entre tres grandes corrientes: la ecologista conservacionista o sustentabilidad fuerte con aporte de Leopold (1989) Naess (1973) y Daly (2007), el ambientalismo moderado o sustentabilidad débil con contribuciones de Pearce y Turner (1990), Perce y Pretty (1993) y el ecodesarrollo con fundamentos desde el anarquismo y el marxismo, desde el anarquismo con la ecología Bookchin (1994), Bookchin (1992) y desde el Marxismo de O'Connor (1991), Foster (1999) y Enzensberge (1979) desde el marxismo. Como se muestra en tabla 1 en donde se presentan sus principales aportes.

Tabla 1

Tres corrientes ligadas al debate ambiental previo y posterior al informe de Brundtland

Teoría	Aporte	Teóricos exponentes
Ecologista conservacionista o sustentabilidad fuerte	Tiene su origen en el conservacionismo naturalista del siglo XIX, en las ideas ecocéntricas promovidas por Leopold y la ética de la tierra o bioética promovida por Naess.	Leopold (1989) Naess (1973) Daly (2007)
Ambientalismo moderado o sustentabilidad débil	Es antropocéntrico y desarrollista, acepta la existencia de ciertos límites que impone la naturaleza a la economía, su origen teórico tiene raíces de economía neoclásica y economía Keynesiana.	(Pearce & Turner, 1990) Perce & Pretty 1993
Humanista crítica	Esta propuesta se encuentra expresada en la propuesta sobre ecodesarrollo. Existen dos corrientes importantes.	Anarquismo: Pertenece a la tradición comunitaria de esta ideología tiene por base las elaboraciones teóricas de la llamada ecología social. (Bookchin, 1994) (Bookchin, 1992)
		Marxista: Entiende que el problema ambiental no está dado por los límites físicos sino por la forma de organización social. (O'Connor, 1991) (Foster, 1994) (Enzensberge, 1979)

Nota: Elaboración propia.

El discurso ambiental trascendió de los movimientos sociales, a la academia y de ahí a la agenda económica mundial, buscando dar una lucha por el hambre, la pobreza y el medio ambiente.

De esta forma en 1987, la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo propuso la integración de la conservación del medio ambiente a los objetivos del desarrollo social y económico bajo la etiqueta de desarrollo sustentable a través del informe Brundtland Nuestro futuro común, imponiéndose así el discurso planteado desde el ambientalismo moderado o de sustentabilidad débil

Se introducen los tres pilares del desarrollo sustentable: crecimiento económico, administración del medio ambiente e inclusión social. El diagrama de los tres círculos (económico, social y ambiental) fue presentado por primera vez por Barbier (1987). En trabajos recientes, Krishna et al (2017, pág. 5-6), agrega que “el crecimiento debe ser respetuoso con el medio ambiente, reducir la pobreza y crear prosperidad para la población actual y seguir satisfaciendo las necesidades del futuro”.

El documento Nuestro Futuro Común reconoce que la problemática ambiental es un tema global surgido de la falta de desarrollo, a consecuencia de la búsqueda de ganancia a costa de la naturaleza y el bienestar de algunos grupos sociales donde la degradación ambiental ha reducido el bienestar de las personas. El informe considera que para resolver y prevenir problemas sociales y ambientales es necesario avanzar en la superación de la inequidad social y pone a la tecnología como herramienta central para evitar el deterioro ambiental. El informe es una herramienta que permite ver la relación entre problemas ambientales y el desarrollo, entendido este último desde un contexto económico, social y medio ambiental.

Aunque la implementación de DS dentro de los países estuvo ligado al paradigma del crecimiento económico sobre la conservación de los ecosistemas, la construcción del concepto de sustentabilidad que se remonta al informe de Brundtland parece seguir vigente y en continua

construcción; como agrega Bell & Annie-Cheung (2009) el concepto de desarrollo sustentable surge a partir de una nueva visión de mundo:

“El concepto de desarrollo sustentable surge de una nueva visión del mundo, que considera que la supervivencia, el progreso continuo y el mantenimiento de la comunidad humana dependen de la salud y la viabilidad de los sistemas de soporte vital de la Tierra. El término "sustentabilidad" deriva de la raíz latina *sus-tinere*, que significa "sujetar" o sujetar desde abajo, lo que implica robustez y durabilidad en el tiempo. Por consiguiente, la sustentabilidad representa un paradigma que busca proteger los sistemas de soporte de vida del planeta para asegurar la longevidad de los seres humanos y otras especies” (pág. 4).

El desarrollo sustentable surge como una solución al problema que se hacía evidente sobre el medio ambiente para la época; la degradación de ecosistemas, pérdida de especies, la hambruna y la pobreza. Esta construcción permite integrar factores económicos, sociales, ambientales e institucionales para interpretar fenómenos que permitan generar desarrollo económico sustentable.

La preocupación de la academia posterior al informe de Brundtland pasaba por cómo llevar a la praxis de las actividades económicas productiva los conceptos de desarrollo sustentable, por tanto, los desarrollos posteriores a esta cumbre se centraron en como evaluar la sustentabilidad en diversos espacios geográficos.

1.2. De sustentabilidad a la sustentabilidad productiva

De acuerdo con Waas et al. (2014) la importancia de la evaluación de la sustentabilidad y de los indicadores de sustentabilidad son herramientas de apoyo a la toma de decisiones que pueden desempeñar un papel importante en dicha estrategia al abordar tres desafíos: la interpretación, la estructuración de la información y la influencia. Sin embargo, la naturaleza

holística intrínseca y multidimensional del desarrollo sustentable, con sus incertidumbres y riesgos, hace que su evaluación y medición sea compleja.

Finalmente, para lograr conceptualizar el desarrollo sustentable como una estrategia de toma de decisiones que permita realmente "utilizarlo", superando así la retórica y convirtiendo la sustentabilidad y su poder "orientador de la acción" en un concepto "generador de acción". Para comprender los vínculos entre la sustentabilidad y la toma de decisiones, y la realización del desarrollo sustentable como una estrategia de toma de decisiones, se deben considerar al menos los siguientes tres desafíos: interpretación, estructura de la información e influencia que se describen en la tabla 2.

Tabla 2

Principios para que el desarrollo sustentable incida en la toma de decisiones.

<i>Principios organizativos</i>	Descripción
Interpretación	La sustentabilidad debe interpretarse teniendo en cuenta sus principios organizativos, aplicados en un contexto socioambiental determinado.
Estructuración de la información	La complejidad multidimensional inherente a la sustentabilidad debería estructurarse en unidades de información operativas (por ejemplo, indicadores) y comunicarse adecuadamente para alimentar el proceso de toma de decisiones).
Influencia	La información sobre sustentabilidad debe ejercer una influencia real en la toma de decisiones y en la implementación real del desarrollo sustentable.

Nota. (Waas et al., 2014), tabla elaboración propia.

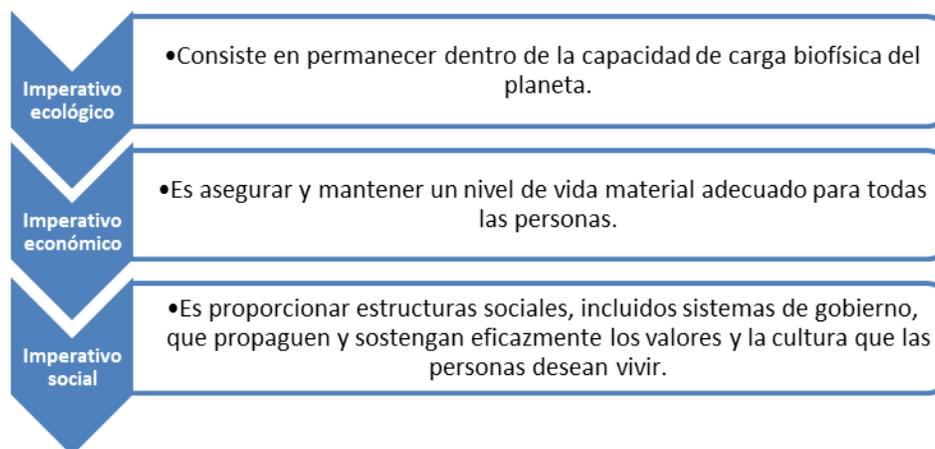
Los trabajos posteriores a informe de Brundtland buscaron dar complejidad al concepto de Desarrollo Sustentable que durante varios periodos continuo en construcción y expansión; se

identificó la necesidad de poder ubicar estos análisis en espacios geográficos para actividades productivas específicas, surgieron indicadores medibles y modelos para analizar fenómenos acumulativos y de largo plazo.

Robinson y Tinker (1997) desarrollaron una útil definición de sustentabilidad basada en sistemas como una respuesta creativa e integrada a tres "imperativos": ecológico, económico y social, como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Imperativos de la sustentabilidad



Nota. Basado en Robinson y Tinker (1997). Elaboración propia.

La mayoría de los teóricos y profesionales de la sustentabilidad ampliarían las dimensiones del imperativo social para incluir un compromiso fundamental con la equidad intergeneracional e intrageneracional. “Un mundo sustentable debe satisfacer las necesidades básicas de todas las personas que viven en la actualidad ("equidad intrageneracional") sin impedir que las generaciones futuras puedan satisfacer sus necesidades ("equidad intergeneracional)” (Bell & Cheung, 2009, pág. 5).

Bell & Annie (2009) plantean la necesidad de un nuevo enfoque de conocimiento que amplíe la capacidad de resolver problemas mediante el examen y la observación de los efectos acumulativos y a largo plazo de diversos fenómenos. El desafío es complejo y multifacético.

La importancia de la evaluación de la sustentabilidad es que ésta puede incidir en la toma de decisiones y comprender el impacto del desarrollo sobre los ecosistemas como agrega Devuyt tomado de Sala et al. (2015).

La evaluación de la sustentabilidad es una metodología "que puede ayudar a los responsables de la toma de decisiones y a los responsables políticos a decidir qué acciones deben tomar y cuáles no en un intento de hacer que la sociedad sea más sustentable" [...] la evaluación de la sustentabilidad debe apuntar a comprender si el impacto sobre el desarrollo del ecosistema en el que vivimos está relacionado con un determinado elemento que se encuentra en el propio ecosistema, sujeto a nuestra capacidad para prever dicho impacto (Sala et al., 2015, pág. 314).

Recientemente, a fin de abordar la sustentabilidad se han desarrollados trabajos pioneros de gran escala como el modelo de colapso de la capacidad de carga del planeta planteado por Motesharrei et al. (2014) que analiza el estiramiento de los recursos debido a la presión ejercida sobre la capacidad de carga ecológica. para explorar las dinámicas esenciales de la interacción entre la población y los recursos naturales.

Donde los resultados indican que cualquiera de las dos características aparentes en los colapsos sociales históricos -sobreexplotación de los recursos naturales y fuerte crecimiento económico- pueden resultar independientemente en un colapso total y el colapso puede ocurrir si el agotamiento per cápita es demasiado alto. Sin embargo, el

colapso puede evitarse y la población puede alcanzar el equilibrio si la tasa per cápita de agotamiento de la naturaleza se reduce a un nivel sustentable, y si las refuentes se distribuyen de manera razonablemente equitativa (Motesharrei et al., 2014)

Esta investigación, toma el concepto de sustentabilidad productiva, que se enmarca en el concepto de desarrollo sustentable, el cual es entendido desde un enfoque multidimensional y multinivel para crear formas de vida orientadas al futuro que equilibren la actividad humana y los procesos de la vida silvestre a largo plazo como puntualiza Carr (2018).

La sustentabilidad productiva ha tenido diversas definiciones desde los agrosistemas con la propuesta de (Conway, 1994; citado por Bocero (2002) “sustentabilidad se puede definir como la habilidad de un sistema de mantener la productividad aun cuando se vea sometido a stress o perturbaciones” también una propuesta más general de la sociedad Americana de Agronomía (Masera et al., 1999) “una agricultura sustentable es aquella que, en el largo plazo, promueve la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura, provee las fibras y alimentos necesarios para el ser humano, es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto”

De acuerdo con Astier, Masera y Galván (2008) varios trabajos han sido pioneros en la construcción de indicadores para realizar evaluaciones de sustentabilidad, entre ellos los trabajos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (1998); Sistema de Indicadores sobre Desarrollo Sostenible (SIDES) (Fallas-Calderón, 1998), *Indicators of Sustainable Development* propuesto por la United Nations Division on Sustainable Development (UNSD) (2001), *Indicators for Sustainable Development propuestos por* (Bossel, 1999) y Spangenberg *et al.* (2002)

la mayoría de éstos indicadores se han centrado en la generación de indicadores de sustentabilidad, enfocados principalmente en aspectos ambientales, económicos, sociales e institucionales.

De esta manera los nuevos enfoques de la sustentabilidad productiva no solo hacen referencia a espacio que tiene interacción con la actividad agropecuaria y va a estar sujeta a las perturbaciones, sino que busca tener una mayor incidencia y generar en el largo plazo mejorar la calidad de vida de las personas que desarrollan la actividad agropecuaria, la calidad del medio ambiente y mantiene vivo el ecosistema donde estas actividades se desarrollan.

Por tanto, la apuesta por la sustentabilidad productiva busca un equilibrio entre el uso de los recursos naturales y de producción, el factor tecnológico se convierte en factor clave para que se puedan dar éstas transiciones. Lograr una articulación entre tecnología de insumos, uso de agroquímicos y maquinarias de procesos de bajo costo y amigable con el medio ambiente. Solo de esta forma una actividad productiva podrá llegar a considerarse sustentable, en la medida en que permita preservar el medio ambiente, lograr una producción de calidad y responder a requerimientos sociales y económicos que sean competitivos y rentables.

Antecedentes

Para la evaluación de la sustentabilidad productiva en el complejo de Alta montaña del páramo de Santurbán se usaron dos metodologías que trabajan en conjunto y de forma complementaria en el AEMC; el Análisis Multicriterio (AMC) y el análisis espacial con herramientas SIGS. A continuación, se presenta una revisión de trabajos que han abordado el AMC y el AEMC, y las opciones que se pueden tomar para la determinación de los ponderadores.

1.3. Análisis Multicriterio (AMC)

La metodología Análisis Multicriterio (AMC) utilizada en esta propuesta ha sido ampliamente desarrollada por la Economía Ecológica (EE) y hoy es aplicada en diferentes disciplinas. De acuerdo, con Nijkamp (2013) “El AMC puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. La finalidad de estas técnicas es investigar un número de alternativas a partir de múltiples puntos de vista, criterios y objetivos en conflicto”

La ventaja de aplicar el AMC es que permite realizar una combinación de análisis de datos cuantitativos y cualitativos donde se utiliza el método de suma ponderadas⁴ de acuerdo con (Riascos-Arbeláez, 2010). Además, en concordancia con Munda (1995) esta metodología permite interactuar con diversos intereses en conflicto:

[...] se convierte en la estructura para los diversos intereses en conflicto en alternativas posibles que se evalúan bajo diferentes criterios de tipo cuantitativo, cualitativo o ambos. [...] Los distintos métodos permiten adecuar el AMC al tratamiento de problemas específicos y los instrumentos económicos para la gestión ambiental, pueden ser incluidos en un AMC como un criterio más de evaluación. De hecho, las distintas dimensiones de un problema: económicas, sociales, ambientales, etc. Pueden ser tomadas en cuenta en el análisis multicriterio (Munda, 1995, pág. 57).

La metodología de AMC ha sido ampliamente desarrollada desde diversas disciplinas y con extensas aplicaciones; a modo de antecedentes se presentan a continuación, artículos de

⁴ Si la medición del criterio se encuentra en diferentes escalas, deben ser estandarizadas para aplicar el método.

investigación y trabajos académicos que han abordado esta metodología en el campo ambiental y la sustentabilidad.

El AMC ha sido utilizado para integrar la toma de decisiones respecto a las preferencias sociales que determinan el desarrollo de un proyecto para un territorio; como los trabajos desarrollados por Gamboa & Munda (2007), Mesa (2008), y Garmendia (2010). Esta metodología también ha sido utilizada para valorar activos ambientales de espacios de conservación como el trabajo desarrollado por Bellver y Guitart (2007); además de evaluar la sustentabilidad ambiental como el trabajo de Chaves (2011) y evaluar la sustentabilidad de sistemas productivos agrícolas desarrollado por Kamali (2017) y Talukder (2018). Se han desarrollado trabajos que permiten determinar la metodología apropiada respecto al AMC como el trabajo de Cinelli et al. (2014) donde analiza cinco métodos de AMC a partir de diez criterios de comparación agrupados en tres enfoques: solidez científica, viabilidad y utilidad donde el uso de determinada metodología va a estar condicionada de acuerdo con el tipo de proyecto que se esté llevando a cabo.

Por su parte, Kobryń (2017) compara el método DEMATEL con el PAJ e identifica que el DEMATEL permite realizar relaciones de causa y efecto, revisa la potencia en la determinación de la ponderación de los criterios y presenta una Fuerte compatibilidad con los pesos utilizando PAJ. Mientras que el trabajo desarrollado por Keršuliene et al. (2010) que desarrolla la metodología SWARA podría aplicarse en la práctica de sistemas especializados de apoyo a las decisiones y en la resolución alternativa de controversias en un entorno virtual. Esta metodología permite evaluar las diferencias de significado de los atributos que caracterizan las alternativas de decisión.

1.4. Análisis Espacial Multicriterio (AEMC)

La base central del AEMC es el concepto de reglas de decisión o algoritmos de evaluación de Boroushaki & Malczewski (2008). El análisis de decisión multicriterio basado en Sistemas de Información Geográfica puede ser definido como un proceso que integra y transforma datos geográficos (mapa de criterio) y juicios de valor (las preferencias del tomador de decisiones e incertidumbres) para obtener la evaluación total de las alternativas de decisión (Boroushaki & Malczewski, 2008).

Recientemente se ha usado el AMC con sistemas de información geográfico (SIG) que han permitido realizar Análisis Espaciales Multicriterio como se puede revisar los trabajos realizados recientemente por Prieto & Andrés (2011), Esse (2014) y Garcés (2015). Estos trabajos destacan la capacidad de SIG para adquisición de datos, almacenamiento, manejo y análisis, además de la capacidad de entrelazar información geográfica y la visión de expertos para el tema analizado, que permite integrar la percepción de residentes de los espacios investigados.

En esta metodología convergen las bondades de la suma ponderada del AMC y el factor espacial que permite trabajar con diferentes unidades espaciales en apartado que se presenta posterior denominado modelamiento se explica en detalle el desarrollo del AEMC para este trabajo, respecto a la variación de los pesos de los criterios esta puede variar de acuerdo con las metodologías que se determine elegir por ello la importancia de siguiente apartado.

1.5. Determinación de Ponderadores

El trabajo desarrollado por Németh (2019a) aborda las diferentes metodologías de evaluación (tabla 3) Este trabajo, permite comparar los métodos de ponderación de criterios más

utilizados, describir las ventajas y desventajas de los diversos métodos y proporciona una orientación para selección de la metodología más apropiada para un determinado problema.

Tabla 3

Métodos de ponderación

Nombre del método	Necesidades del recurso	Requerimiento de Software	Posibilidad de sesgo	Complejidad general
Ponderación directa	Bajo	No	Alto	Muy bajo
SMART combinado con la ponderación Swing	Bajo	No	Moderado-alto	Bajo
PAJ	Moderado	No necesariamente	Moderado	Moderado
MACBETH	Moderado	Si	Moderado-bajo	Moderado
DCE	Alto	Si	Bajo	Alto
PAPRIKA	Alto	Si	Bajo	Alto
CA	Alto	Si	Bajo	Alto

PAJ: Proceso de Jerarquía Analítica, CA: Análisis conjunto, DCE: Experimentos de elección discreta, MACBETH: Medición del atractivo mediante una técnica de evaluación basada en categorías, PAPRIKA: Potencialmente todas las clasificaciones por pares de todas las alternativas posibles, SMART: Técnica de clasificación multiatributo simple.

Nota. Németh et al.(2019b)

Cabe aclarar que la selección del método más apropiado depende del contexto en el que se desarrolle el análisis y de acuerdo con la disponibilidad de recursos. Resalta que los métodos del proceso de jerarquía analítica (PAJ) pueden ser el más factible. Para comprender el procedimiento para el desarrollo de los métodos para determinar los pesos o ponderaciones se recomienda revisar el trabajo de Odu (2019) el cual ofrece un panorama general de los diferentes ponderaciones aplicables a las técnicas de optimización de criterios múltiples. Los métodos los clasifica en tres criterios: ponderación subjetiva, el método de ponderación objetiva y el enfoque de ponderación integrada.

Finalmente, es importante resaltar que este trabajo agrega un factor espacial a partir de herramientas SIGS al AMC, lo cual permitió hacer una captura de la sustentabilidad por vereda, para la determinación de las ponderaciones se determinó apropiado trabajar con el método directo y el método PAJ que es ampliamente sugerido para la determinación de las ponderaciones, además que permite incluir la opinión de expertos.

Metodología

Este trabajo de investigación utiliza herramientas de Sistemas de información geográficas para abordar el problema de investigación a través de la herramienta superposición ponderada aplicada al Paramo de Santurbán. La Fuente de la información para este trabajo parte de la base de datos abiertos del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y microdatos del Censo Nacional Agropecuario del Dane.

Dada la limitación de la información el alcance de esta propuesta de investigación está limitada a un corte de un solo año fecha del último censo agropecuario en el país, la unidad de análisis más pequeña fue veredal para un total de 202 veredas, para la determinación de los pesos dentro del modelo se utilizaron dos técnicas dentro del modelo; método directo y (PAJ) proceso que se explicara en detalle en el apartado 5.2.5. A continuación, se presenta a mayor detalle los procesos de desarrollo metodológico dentro de esta tesis de investigación, así como los materiales, métodos y su modelamiento.

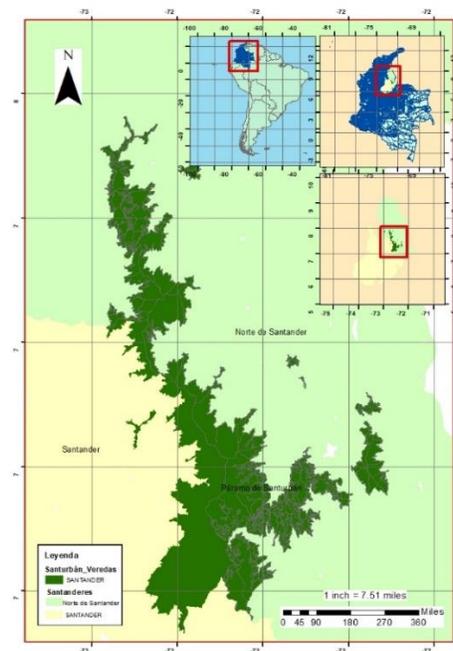
1.6. Materiales y métodos

El páramo de Santurbán está ubicado en el extremo nororiental de la cordillera oriental, tiene jurisdicción directa en los departamentos de Santander y Norte de Santander⁵ (ver mapa 1). Él Páramo se encuentra conformado por veintinueve municipios entre los departamentos de Santander y Norte de Santander⁶, abastece de agua a estos municipios y a una población de más de 2.200.000 habitantes

El páramo de Santurbán cuenta con doscientas dos (202) veredas, de ellas, cincuenta y tres (53) en el departamento de Santander y ciento cuarenta y nueve (149) para el departamento de Norte de Santander para un total de 98000 hectáreas, este trabajo va a trabajar a un nivel de detalle de 1: 25.000.

⁵ La concentración de trabajos que vinculan el Páramo de Santurbán ha estado relacionada con el proyecto de megaminería entre los municipios donde se concentran los títulos esta: California, Vetas y Surata se sugiere revisar (Díaz-Díaz, 2017).

⁶ En el departamento de Norte de Santander se extiende directamente sobre diecinueve (19) municipios (Abrego, Arboledas, Bochalema, Bucarasica, Cáchira, Cócota, Chinácota, Chitagá, Gramalote, La Esperanza, Labateca, Lourdes, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita, Salazar, Silos, Toledo y Villacaro) y en el departamento de Santander sobre diez (10) municipios (Suratá, California, Vetas, Charta, El Playón, Guaca, Matanza, Piedecuesta, Santa Bárbara y Tona). El Páramo de Páramo abastece de agua a 29 municipios de los dos departamentos y a una población de más de 2.200.000 habitantes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014a).

*Mapa 1**Ubicación Páramo de Santurbán en Colombia*

Nota. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo (2014), elaboración propia.

La fuente de los datos para el desarrollo de esta investigación fue obtenida a través de datos abiertos del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y microdatos del Tercer Censo Nacional Agropecuario 2014 Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Para la selección de los indicadores utilizados se tuvieron en cuenta los siguientes factores: primero, datos actualizados o última versión, segundo; datos espaciales, tercero, evaluables y representativos y cuarto, seleccionar el menor número de variables.

Como se mencionó en el apartado teórico, recientes trabajos sobre evaluación de la sustentabilidad han analizado la sustentabilidad a partir de cuatro criterios; estos criterios se

encuentran conformados por indicadores que se elaboraron de acuerdo con la base de datos mencionada anteriormente; ambiental (11), social (4), económica (10) e institucional (5) como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Valores de ponderación para criterios e indicadores de sustentabilidad productiva definidos mediante método directo.

ITEM	NOMBRE
C1	CRITERIO AMBIENTAL
C1.1	Uso de fertilizantes.
C1.2	Uso de insecticidas.
C1.3	Manejo de la alimentación animal.
C1.4	Origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias.
C1.5	Conservación de fuentes naturales de agua.
C1.6	Conservación de suelos
C1.7	Disminución de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la fronte agropecuaria.
C1.8	Transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria.
C1.9	Eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria.
C1.10	Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria.
C1.11	Uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias.
C2	CRITERIO ECONÓMICO
C2.1	En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino.
C2.2	Número de cabezas de ganado.
C2.3	Sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola.
C2.4	Seguridad alimentaria.
C2.5	Área del predio de la UPA.
C2.6	Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias.
C2.7	Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.
C2.8	Porcentaje de área total de la UPA dedicada a producción
C2.9	Nivel de vida, respecto hace 5 años.
C2.10	Porcentaje del área de pastos sembrados UPA
C3	CRITERIO INSTITUCIONAL
C3.1	Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.

C3.2	Participación de habitantes en Asociaciones.
C3.3	Asistencia técnica.
C3.4	Solicitud de créditos o financiación.
C3.5	Aprovisionamiento de servicios.
C4	CRITERIO SOCIAL
C4.1	Tenencia de la unidad productiva.
C4.2	Población que no se considera pobre.
C4.3	Promedio de años de educación.
C4.4	Población con acceso a salud.

Nota La elaboración de esta tabla fue producto del trabajo de investigación.

A modo de resumen el nivel de detalle al que se abordó este trabajo de investigación fue veredal, la base de datos para la construcción de los indicadores fue el CNA del DANE y para realizar la evaluación de sustentabilidad productiva se construyeron 30 indicadores los cuales fueron agrupados en cuatro criterios definidos de acuerdo con la revisión de sustentabilidad que se presentó en el apartado de marco teórico.

1.7.Modelamiento

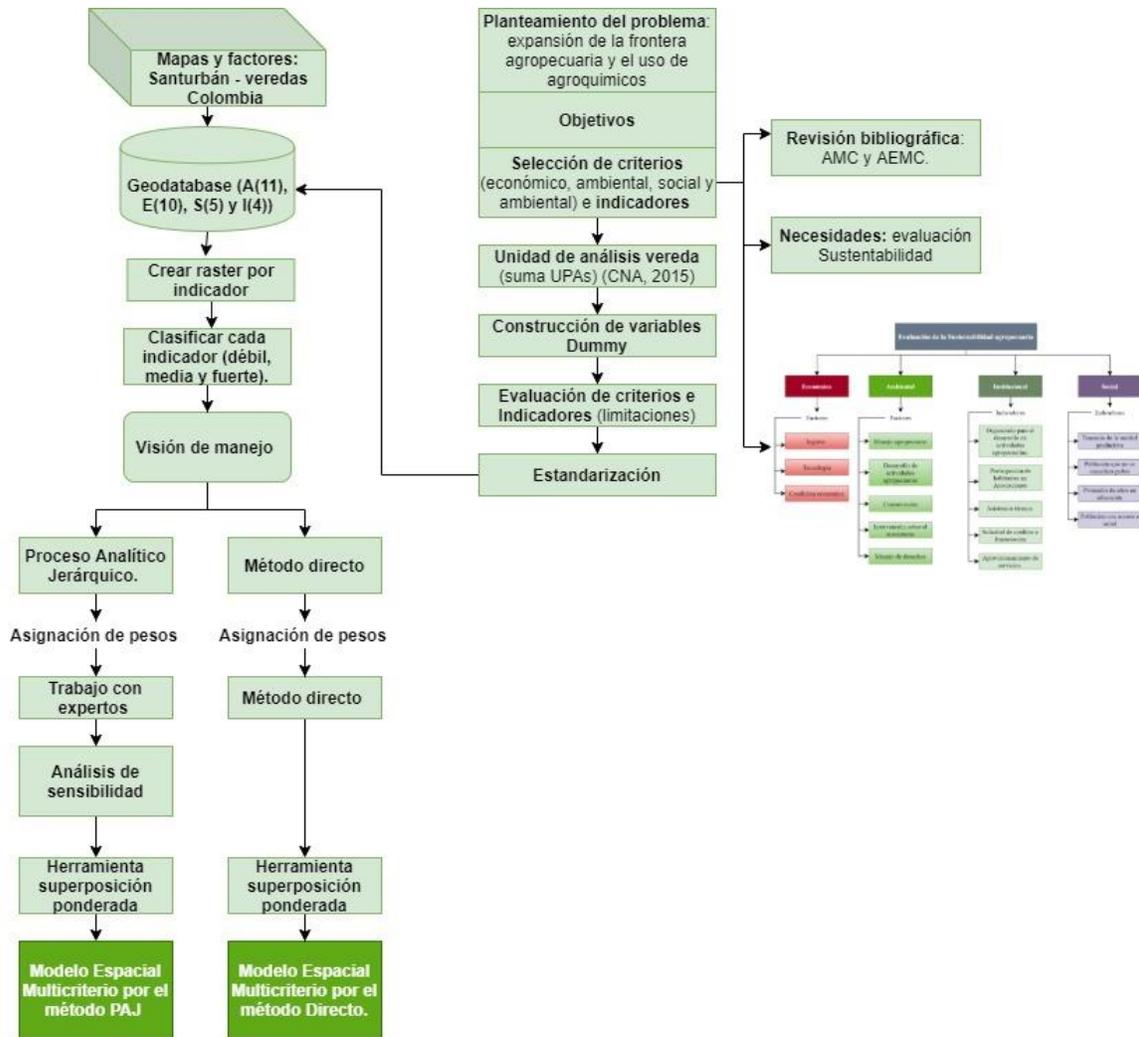
El diagrama de flujo que se presenta en la figura 2 muestra el proceso del AEMC por los dos métodos propuestos, en una primera etapa muestra el proceso para la construcción de la base de datos espacializada (geodatabase) construida con la base de datos de CNA de acuerdo con el problema que se plantea modelar mediante este ejercicio de investigación. Después de construido el geodatabase se generan los rásteres por indicador, se clasifican los indicadores de acuerdo con la escala de sustentabilidad y se desarrolla la visión de manejo para la asignación de los pesos por criterio, factor e indicador de acuerdo con el método directo y PAJ, después de la gestión de los pesos se corre el modelo Espacial a través de la herramienta superposición ponderada.

El desarrollo del apartado de modelamiento se presentará a un mejor detalle en los seis siguientes apartados que se presentan a continuación: definición del problema, submodelos o

criterios, determinación de capas significativas, reclasificación y transformación, definición de pesos y la herramienta de superposición ponderada.

Figura 2

Diagrama de los procesos desarrollados AEMC



Nota. La elaboración de esta figura fue producto del trabajo de investigación y resume en parte el desarrollo metodológico del proceso de investigación.

1.7.1. Definición del problema

El problema que busca modelar este trabajo de investigación es evaluar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Complejo de Alta montaña en el Páramo de Santurbán producto de la expansión de frontera agropecuaria y el uso intensivo de agroquímicos.

1.7.2. Submodelos o criterios

Para realizar la evaluación de sustentabilidad productiva se construyeron 30 indicadores; los cuales fueron agrupados dentro de cuatro criterios definidos en el estado del arte sobre sustentabilidad; ambiental (11), económico (10), social (5) e institucional (4) en paréntesis de presenta el número de indicadores que este trabajo integra por indicador.

Los indicadores que se presentan en esta investigación fueron contruidos a partir de los microdatos del CNA del DANE. Es importante aclarar que estos indicadores no representan mediciones que se hayan realizado producto del trabajo de investigación.

Dentro de esta etapa se partió de la base de datos donde cada indicador fue georreferenciado por vereda, las variables que se construyeron son de tipo dummy. En la tabla 5 se presenta como fueron agrupados los indicadores por criterios, el tipo de variable y su optimización la construcción de los indicadores se consideró pertinente analizar a un mayor detalle en el apartado 6.

Tabla 5.

Caracterización de variables utilizadas en el estudio.

Criterio	Indicador		Tipo de variable (origen)	Valores	Tipo de variable (construcción)	Optimización		
Ambiental	Uso de fertilizantes.	C1.1	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Uso de insecticidas.	C1.2	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Manejo de la alimentación animal.	C1.3	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias.	C1.4	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Conservación de fuentes naturales de agua.	C1.5	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Conservación de suelos	C1.6	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Disminución de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la frontera agropecuaria.	C1.7	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria.	C1.8	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria.	C1.9	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria.	C1.10	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias.	C1.11	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
Económica	En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino.	C2.1	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Número de cabezas de ganado.	C2.2	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola.	C2.3	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Seguridad alimentaria.	C2.4	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Área del predio de la UPA.	C2.5	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias.	C2.6	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.	C2.7	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Área total de la UPA producción agropecuaria	C2.8	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Nivel de vida, respecto hace 5 años.	C2.9	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Área de pastos sembrados.	C2.10	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
Institucional	Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.	C3.1	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Participación de habitantes en Asociaciones.	C3.2	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Asistencia técnica.	C3.3	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Solicitud de créditos o financiación.	C3.4	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Aprovisionamiento de servicios.	C3.5	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
Social	Tenencia de la unidad productiva.	C4.1	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Población que no se considera pobre.	C4.2	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Promedio de años de educación.	C4.3	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1
	Población con acceso a salud.	C4.4	Numérica	Valores entre 0-1	Construcción de variable dummy	0-06	0.6-0.80	0.80-1

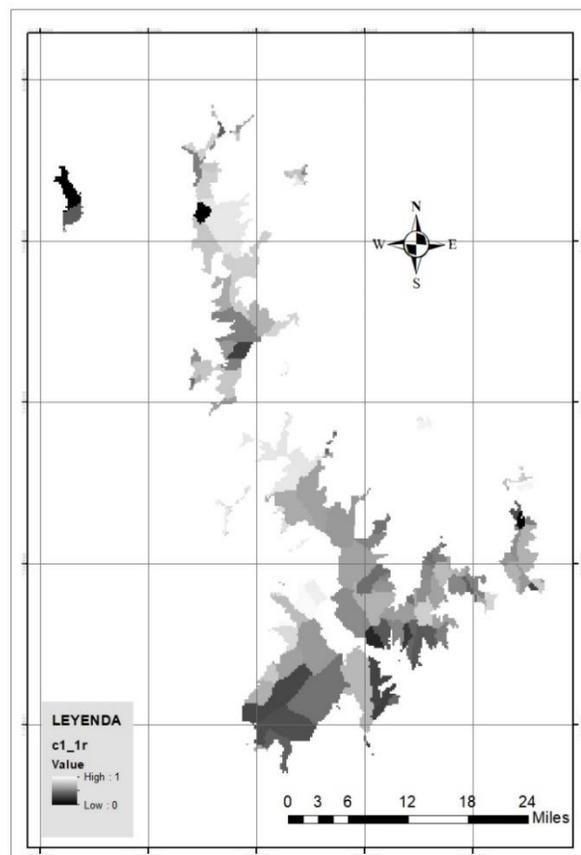
Nota: producto del trabajo de investigación

1.7.3. Determinación las capas significativas

Los indicadores que se consideraron significativos dentro de este estudio fueron transformados en rásteres, el cual es una matriz de celdas organizado en filas y columnas en la que cada celda contiene un valor que representa la información, en este caso el valor del indicador por vereda. En el mapa 2 que muestra la transformación del indicador C1_1 en una imagen ráster donde observa que el intervalo del indicador se encuentra entre 0 y 1, dentro de este trabajo de investigación todos los indicadores tuvieron el mismo tratamiento.

Mapa 2

Ráster para el criterio C1.1



Nota: producto del trabajo de investigación

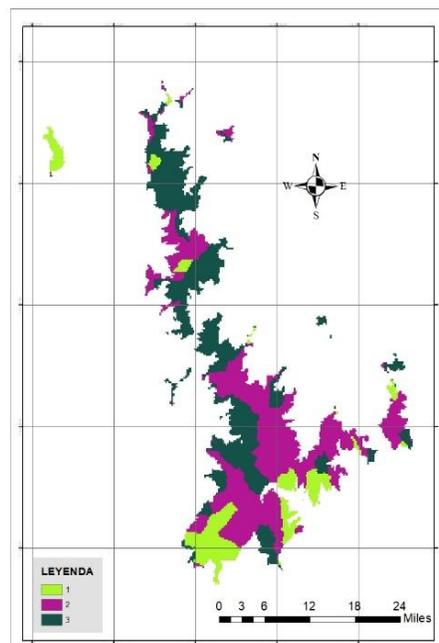
1.7.4. Reclasificación y transformación

En este apartado los parámetros de sustentabilidad fueron reclasificados de acuerdo con las clases establecidas dentro de la revisión de literatura para cada indicador; sustentabilidad débil (0-0.6), sustentabilidad media (0.6-0.8) y sustentabilidad fuerte (0.8-1).

El modelamiento de la información se realizó a través del software ARCMAP 10.5. con la herramienta de superposición ponderada, esta herramienta se explica a detalle en el apartado 5.2.6, en este apartado se muestra la reclasificación de los valores en los rásteres de entrada en una escala de evaluación común de sustentabilidad productiva (débil, media y fuerte) el resultado producto de la reclasificación para el indicador C1_1 se puede observar en la mapa 3. Dentro de este trabajo de investigación todos los indicadores tuvieron el mismo tratamiento.

Mapa 3

Proceso de reclasificación del indicador C1_1



Nota: producto del trabajo de investigación

1.7.5. Definición de pesos

Para la asignación de los pesos de los rásteres de entrada se utilizó dos métodos, el método directo y el Proceso Analítico Jerárquico como se mostrará al detalle en los dos apartados que se presentan a continuación.

1.7.5.1. Método directo

La definición de los pesos para el método directo se asignó de la siguiente manera; dado que el modelo utiliza cuatro criterios para analizar la sustentabilidad productiva los pesos asignados por este método asignan a cada criterio un peso igual de 0.25, así respectivamente para el criterio ambiental (0.25), criterio económico (0.25), criterio institucional (0.25) y criterio ambiental (0.25); además dentro de cada criterio los indicadores que lo conforma deben tener igual peso, por tanto, los indicadores dentro del criterio ambiental 1/11 (0.09), para el criterio económico 1/10 (0.1), para el criterio institucional (0.20) y para el criterio social (0.25).

5.2.4.1. PAJ (Proceso Analítico Jerárquico)

Se determino para este trabajo hacer uso del método de PAJ dado que éste permite agregar la opinión de los expertos a través de la comparación pareada. Además, permite afrontar problemas con múltiples criterios y una cantidad determinada de alternativas, el método PAJ permite fraccionar y organizar los problemas de manera gráfica y ordenada de las jerarquías.

Este método fue desarrollado por Thomas Saaty de la Universidad de Pennsylvania en EEUU y ha sido ampliamente utilizado en la toma de decisiones.

De acuerdo con el profesor Saaty “El AHP hace posible la toma de decisiones grupal mediante el agregado de opiniones, de tal manera que satisfaga la relación recíproca al comparar dos elementos. Luego toma el promedio geométrico de las opiniones. Cuando el grupo consiste en expertos, cada uno elabora su propia jerarquía, y el AHP combina los resultados por el promedio geométrico”(Saaty, 1990).

Comparación pareada

Las comparaciones pareadas son bases fundamentales del AHP. El AHP utiliza una escala subyacente con valores de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de los dos elementos. La escala numérica para realizar la comparación pareada se muestra en la tabla 6. Esta escala fue bastante importante a la hora de realizar los talleres con los expertos, mediante dicha escala se permitió hacer comparaciones entre criterios, factores e indicadores.

Tabla 6

Escala numérica para el método PAJ.

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
3	Moderadamente más importante
5	Fuertemente más importante
7	Mucho más fuerte la importancia
9	Importancia extrema

Nota: tomado de (Saaty, 1997)

Robustez matemática

Sea \mathbf{A} una matriz $n \times n$, donde $n \in \mathbb{Z}^+$. Sea a_{ij} el elemento (i, j) de \mathbf{A} , para $i = 1, 2, \dots, n$, y, $j = 1, 2, \dots, n$. Decimos que \mathbf{A} es una matriz de comparaciones pareadas de n

alternativas, si a_{ij} es la medida de la preferencia de la alternativa en el renglón i cuando se le compara con la alternativa de la columna j . Cuando $i = j$, el valor de a_{ij} será igual a 1, pues se están comparando la alternativa consigo misma como se muestra en las dos matrices a continuación

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Además, se cumple que: $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$; es decir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

A continuación se presentan los axiomas con base en Saaty (1997).

Axioma 1: Juicios recíprocos: Si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que $a_{ij} = 1 / a_{ji}$.

Axioma 2: Homogeneidad de los elementos: Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud, o jerarquía.

Axioma 3: Referido a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente: Existe dependencia jerárquica en los elementos de dos niveles consecutivos.

Axioma 4: Referido a la condición de expectativas de orden de rango: Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

El AHP ofrece un método para medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas que proporciona el decisor. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien

toma las decisiones debe reconsiderar y posiblemente modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

La razón de consistencia (CR), para valores inferiores a 10% se considera consistentes, para valores mayores a ese valor constituye una inconsistencia en el cálculo de los juicios y debe reevaluarse hasta conseguir coherencia y consistencia. Para realizar este cálculo se tiene en cuenta la consistencia aleatoria que se muestra en la tabla 7 y que varía de acuerdo con el tamaño de la matriz.

Tabla 7

Tabla de consistencia aleatoria para el método PAJ por tamaño de la matriz.

Tamaño Matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Consistencia Aleatoria	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51

Nota: tomado de (Romero et al., 2019)

Con los valores que se presentan la tabla se determina la razón de consistencia a través del cociente entre el Índice de consistencia y el Índice de Consistencia Aleatorio, como se muestra en la ecuación que se presenta a continuación.

$$CR = \frac{CI}{IA}$$

Donde

CR = Razón de consistencia

CI= Índice de consistencia

IA= Índice de consistencia aleatorio

Esta razón o cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes; es probable que en estos casos el tomador de decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas.

Para realizar el método PAJ se trabajó con expertos heterogéneos de diferentes disciplinas que fueron seleccionados de acuerdo su experiencia en campo y conocimiento sobre el territorio. La Agregación de Prioridades Individuales (AIP). Desde las matrices de comparaciones individuales de cada experto a través de la mediante la media geométrica se obtienen las prioridades del grupo.

Si se trata del PAJ la calificación dependerá del resultado del taller de expertos, después de haber realizado la multiplicación de las calificaciones por los indicadores este producto se multiplica por el peso establecido para cada criterio respectivamente, finalmente se obtiene el valor global de la alternativa o el índice de sustentabilidad productiva por el método directo y PAJ como se muestra en la tabla 5.

1.7.6. Herramienta superposición ponderada (modelo)

Esta herramienta de superposición multiplica los valores de celda de cada ráster de entrada por el peso de importancia de los rústeres y suma los valores de celda resultantes para producir el ráster de salida.

La metodología propuesta para esta investigación se basa en la superposición espacial de variables, en donde a cada criterio se le asigna un peso de acuerdo con su importancia. A su vez, a todos los indicadores que constituyen cada criterio, se les asigna un peso, de acuerdo con su importancia dentro de la evaluación de sustentabilidad productiva.

Este modelo permite integrar información espacial con los diferentes criterios e indicadores en una estructura jerárquica, el modelo fue evaluado por el método directo, es decir, pesos igual y PAJ; pesos definidos por expertos. Al final se podrá obtener el resultado de acuerdo, con los dos modelos propuestos para determinar la sustentabilidad productiva de las actividades agropecuarias para el Páramo de Santurbán.

La matriz de pesos es una matriz rectangular $W \in \mathbb{R}^{J \times I}$, donde J representa el número de criterios e I la cantidad de índices. Por su parte el hipercubo de alternativas $V \in \mathbb{R}^{I \times J \times K}$, siendo I el número de indicadores, J la cantidad de criterios y K el número de veredas.

La ecuación (1) representa el valor global de la alternativa respecto a la vereda. La alternativa es cada una de las intersecciones i y j donde $V_K(A)$ es la combinación lineal de los pesos W_j y el valor de la alternativa $V_{ijk}(A)$ los índices i, j, k representan el índice de indicadores, criterios y veredas respectivamente, este hipercubo representa la concatenación de alternativas por vereda.

$$V_k(A) = \sum_{j=1}^J W_j \times V_{ijk}(A) \quad (1)$$

Donde:

$V_K(A)$ = Valor global de la alternativa respecto a la vereda

W_j = Peso respecto al indicador j.

$V_{ijk}(A)$ = Calificación de la alternativa respecto al indicador i, por criterio j y por vereda k.

J = Número de criterios

I = Número de índices

K = Número de veredas

$i = \text{Índice de indicadores}$

$j = \text{Índice de criterios}$

$k = \text{Índice de veredas}$

La ecuación representa (2) representa el valor peso W_j respecto a los criterios (j) es igual a la sumatoria de pesos W_{ij} respecto a los indicadores i y los criterios j.

$$W_j = \sum_{i=1}^{I_j} W_{ij} \quad (2)$$

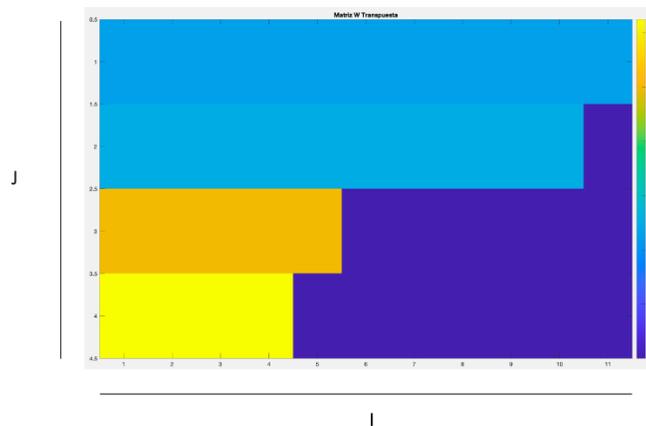
Reemplazando la ecuación (2) dentro de la ecuación (1) se obtiene el valor global de la alternativa respecto a la vereda $V_k(A)$ ecuación (3) donde es igual a la sumatoria respecto a las veredas de la sumatoria de los pesos W_{ij} respecto a los índices y criterios multiplicado valor de la alternativa respecto a el indicador, criterio y vereda.

$$V_k(A) = \sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^{I_j} W_{ij} \right) \times V_{ijk}(A) \quad (3)$$

De forma gráfica se observa como se muestra en la figura 3 y figura 4.

Figura 3

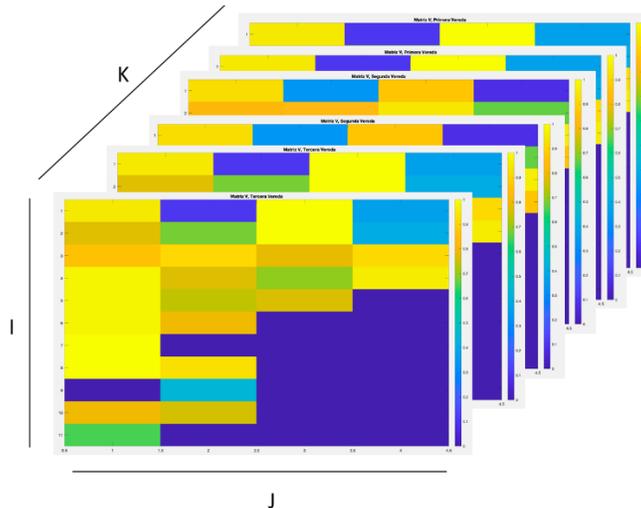
Matriz W de pesos de criterios



Nota: Elaboración producto del trabajo de investigación.

Figura 4

Matriz W de pesos de criterios.



Nota: Elaboración producto del trabajo de investigación.

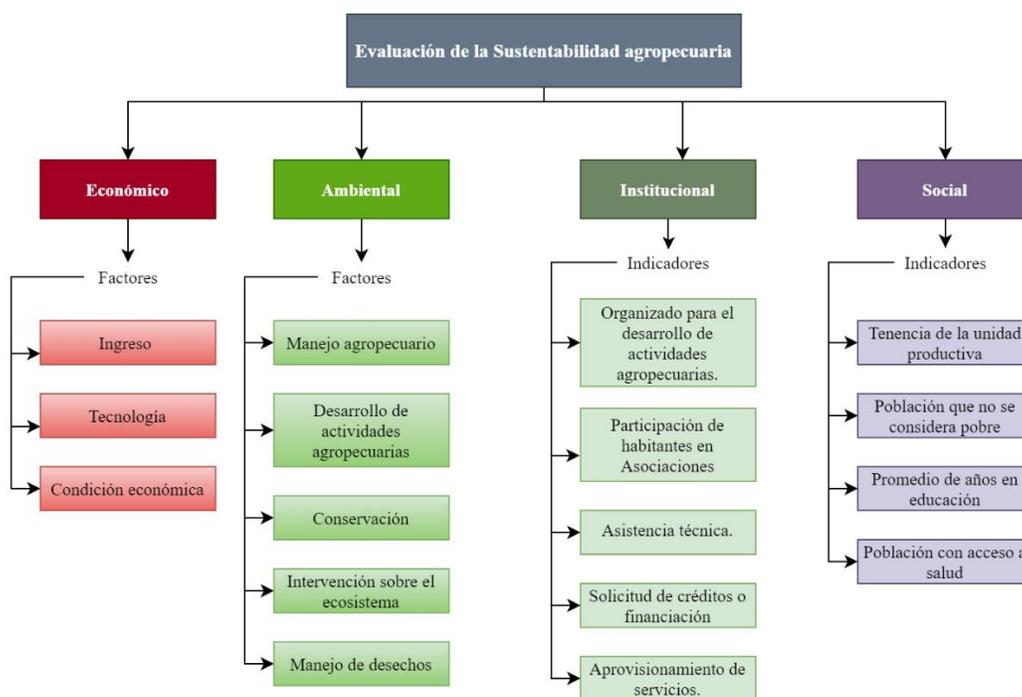
La contribución de este trabajo de investigación parte de la herramienta de Análisis Espacial multicriterio donde integra herramientas SIG que permite la adquisición de datos, almacenamiento, manejo y análisis en relación para evaluación la sustentabilidad en el Páramo, esta herramienta aporta en la toma de decisiones y la planeación del territorio.

Descripción de indicadores

El presente apartado contiene una descripción de todos los indicadores que se utilizaron para evaluar la sustentabilidad productiva en el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán. Para su evaluación se agruparon los indicadores dentro de cuatro criterios, solo para los criterios económico (3) y ambiental (5) se agruparon dentro de factores como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Diagrama de árbol de la sustentabilidad para las actividades productivas agropecuarias en el páramo de Santurban.



Nota. Elaboración propia

Asimismo es importante definir la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) clasificación propuesta por el CNA-DANE utilizada como unidad de análisis en la presente investigación, esta puede ser constituido por predios continuos o separados en uno o más municipios, independiente del tamaño, la tenencia de la tierra y el número de predios que la integran, estos predios deben cumplir tres condiciones de acuerdo con el DANE (2014) como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Condiciones para considerarse como Unidad Productora Agropecuaria (UPA).

- Produce bienes agrícolas, forestales, pecuarios, acuícolas y/o adelanta la captura de peces destinados al consumo continuo y/o a la venta.
- Tiene un único productor/a natural o jurídico que asume la responsabilidad y los riesgos de la actividad productiva.
- Utiliza al menos un medio de producción como construcciones, maquinaria, equipo y/o mano de obra en los predios que la integran.

Nota. DANE (2014)

Como se presentó en el apartado metodológico la unidad más pequeña de análisis es vereda la cual fue construida a partir de sumar las UPA que están dentro de dicha unidad. En el apartado que se presenta a continuación se describen los indicadores para los cuatro criterios utilizados para determinar la sustentabilidad productiva agropecuaria del Páramo de Santurbán cada indicador va acompañada de su definición y una descripción como se presenta a continuación.

1.8. Económico

En este apartado se presentan los indicadores para el criterio económico los cuales fueron agrupados en tres factores: ingreso, tecnología y condición económica. El orden en que se presentan los indicadores es como se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Indicadores que integran el criterio económico.

Criterio	Factor	Indicador
ECONOMICO	Ingresos	En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino.
		Número de cabezas de ganado.
		Área del predio de la UPA.
		Porcentaje de la UPA en producción agropecuaria
	Tecnología	Porcentaje de la UPA en producción de pastos sembrados.
		Sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola.
		Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias.
	Condición económica	Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.
		Seguridad alimentaria.

Nota. Tabla elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

1.8.1. Ingresos

Nombre de la variable: En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino.

Factor: Ingresos

Breve definición: Porcentaje de las veredas que en el último año han tenido ganado bovino.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el aumento de ganado bovino por unidad veredal para el Complejo de Páramo. Teniendo en cuenta este fenómeno la FAO (2020) agrega, el aumento del ganado bovino ha tenido una fuerte disminución sobre la sustentabilidad producto de la presión sobre los recursos naturales, la degradación de los suelos y muchas veces la competencia sobre la tierra.

Nombre de la variable: Número de cabezas de ganado.

Factor: Ingresos

Breve definición: Número de cabezas de ganado (unidades por conteo) por vereda.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de ocupación del número de cabezas de ganado por vereda para el complejo de Páramo. De acuerdo con la FAO (2020) el crecimiento acelerado de la ganadería requiere un enfoque de sustentabilidad para evitar la creciente presión sobre los recursos naturales de la región y el medio ambiente.

Nombre de la variable: Área del predio de la UPA

Factor: ingresos

Breve definición: Área del predio de la UPA (suma del área declarada)

Descripción: Esta variable permite observar información sobre la variación de los predios por unidad veredal para el Complejo de Páramo. De acuerdo con una extensa biografía sobre productividad de la tierra en función del tamaño del predio agrícola, se evidencia una relación de

producción inversa; donde se observa que los predios más pequeños son más sustentables y presentan un mayor rendimiento, aunque más intensivo en trabajo de acuerdo con la FAO (Agricultura, 2015).

Nombre de la variable: Porcentaje de la UPA en producción agropecuaria

Factor: ingresos

Breve definición: Porcentaje veredas de la UPA dedicada a la producción agropecuaria.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de ocupación de producción agropecuaria por vereda para el Complejo de Páramo. La Fao es clara al afirmar que “La producción intensiva en insumos no puede afrontar el reto de la sustentabilidad, mientras que los sistemas tradicionales con pocos insumos no pueden afrontar el reto del crecimiento de la productividad”(Agricultura, 2015) el reto es buscar un cambio de sistema desde un enfoque ecosistémico basado en las contribuciones de la naturaleza al crecimiento de los cultivos, como la materia orgánica del suelo, la regulación del flujo de agua, la polinización y el control biológico de las plagas de insectos y las enfermedades.

Nombre de la variable: Porcentaje de la UPA en producción de pastos sembrados.

Factor: ingresos

Breve definición: Porcentaje de veredas de la UPA dedicada a la producción de pastos para actividad pecuaria.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de ocupación de producción de pastos sembrados por vereda para el Complejo de Páramo. Las investigaciones en América Latina (FAO, 2006) muestran que la deforestación es bastante intensiva en donde los productores y

ganaderos siguen promoviendo la tala de bosque, por tanto aumentando el fenómeno de deforestación.

1.8.2. Tecnología

Nombre de la variable: Sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola.

Factor: Tecnología

Breve definición: Porcentaje de veredas que utilizan sistema de riego para el desarrollo de sus actividades pecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de utilización de sistema de riego para el desarrollo de sus actividades pecuarias por vereda para el Complejo de Páramo. Los sistemas de riego considerados para la construcción de la variable dummy fueron: Goteo, Aspersión, Gravedad, Manual o por mateo, Bombeo. La nueva agenda mundial en el tema agropecuario demanda soluciones para el crecimiento en la demanda de alimentos, el impacto de cambio climático y el aumento de la productividad, es decir buscar una producción de alimentos saludables y que no impacten el medio donde se desarrolla. De acuerdo con un informe la FAO-STAT (Guillermo, 2018) Colombia cuenta con apenas el 38% del área equipada con el uso de riego.

Nombre de la variable: Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Factor: Tecnología

Breve definición: Porcentaje de veredas que cuenta con maquinaria para el desarrollo de sus actividades agropecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de utilización de maquinaria para el desarrollo de sus actividades pecuarias por vereda para el Complejo de Páramo. La variable dummy se construye con los porcentajes de UPA que si cuentan con maquinaria para el desarrollo de sus

actividades. De acuerdo con la FAO (FAO, s/f-f) el acceso a la maquinaria experimenta un problema de falla del mercado, vinculado a la posible existencia de información imperfecta y asimétrica. Tal como ocurre con los fertilizantes, puede resultar difícil para los agricultores evaluar la calidad de la maquinaria, lo que crea problemas importantes cuando su costo es considerable y las compras son poco frecuentes.

Nombre de la variable: Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Factor: Tecnología

Breve definición: Porcentaje de veredas que tienen construcciones para el desarrollo de sus actividades pecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de utilización de construcciones para el desarrollo de sus actividades agropecuarias por vereda para el Complejo de Páramo. La construcción de la variable dummy se consolida a partir de los porcentajes de UPA que sí cuentan con construcciones para el desarrollo de sus actividades. Este es un factor que incide en la productividad, el acceso a construcciones para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

1.8.3. Condición económica

Nombre de la variable: Seguridad alimentaria

Factor: Condición económica

Breve definición: Porcentaje de veredas que destinan su producción agropecuaria al autoconsumo.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de veredas que destinan su producción agropecuaria al autoconsumo para el Complejo de Páramo. Uno de los Objetivos de Desarrollo Sustentable es poner fin al hambre, alcanzar la seguridad alimentaria, una nutrición

mejor y promover la agricultura sustentable; por tanto, la FAO propone una alianza para desarrollar políticas y programas destinados a lograr un cambio transformador en la seguridad alimentaria, la agricultura sustentable y la nutrición. Los departamentos de Santander y Norte de Santander representan un sector estratégico para la seguridad alimentaria del país. Siendo los campesinos los responsables de la mayor parte de alimentos que se consumen en el país y, además, conservacionista de los ecosistemas donde desarrollan sus actividades, ha sido un gremio al que no se le ha prestado atención, carecen de apoyo, es necesario prestarles atención a través de la mejora la seguridad alimentaria y nutricional, sustentabilidad de los recursos, productividad y crecimiento nacional como agrega en su informe la alimentación y la agricultura (FAO, 2017).

Nombre de la variable: Nivel de vida, respecto hace 5 años.

Factor: Condición económica.

Breve definición: Porcentaje de veredas que consideran que su condición de vida actual es mejor o igual que respecto hace 5 años.

Descripción: De acuerdo con la FAO hoy en día hay suficientes alimentos para todos en el planeta, pero alrededor de casi 800 millones de personas están subalimentadas. El hambre no se debe a una fuerte de alimentos, sino a que cientos de millones de personas sencillamente no pueden permitirse comprarlos. Al mismo tiempo, casi el 80% de los pobres del mundo viven en las zonas rurales, donde la población depende de la agricultura, la pesca o la silvicultura como principal fuente de ingresos y alimentos. Las poblaciones pobres son más vulnerables al cambio climático

y a otras perturbaciones, son quienes más sufren las crisis y con frecuencia son las primeras víctimas de los desastres y la degradación de los recursos naturales (FAO, 2017).

1.9. Ambiental

En este apartado se presentan los indicadores para el criterio ambiental los cuales fueron agrupados por cinco factores; manejo agropecuario, desarrollo de actividades agropecuarias, conservación, intervención sobre el ecosistema, y manejo de desechos. El orden en que se presentan es como se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Indicadores que integran el criterio ambiental.

Criterio	Factor	Indicador
AMBIENTAL	Manejo agropecuario	Uso de fertilizantes.
		Uso de insecticidas.
		Manejo de la alimentación animal.
	Desarrollo de actividades agropecuarias	Uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias.
		Origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias.
	Conservación	Conservación de fuentes naturales de agua.
		Conservación de suelos
	Intervención sobre el ecosistema	Transformación de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la fronte agropecuaria.
		Transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria.
	Manejo de desechos	Eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria.
Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria.		

Nota. Tabla elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA

1.9.1. Manejo Agropecuario

Nombre de la variable: Uso de fertilizantes

Factor: Manejo agropecuario

Breve definición: Porcentaje de veredas que utilizan un método de fertilizante que tenga un bajo impacto para el medio ambiente (Fertilizante orgánico (1), No aplicó (8)).

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el uso de fertilizantes por unidad veredal del Páramo de Santurbán. Para Gomero & Velásquez (2010) el suelo es uno de los recursos más valiosos para garantizar la seguridad alimentaria y para la generación de ingresos sostenidos en un país, es evidente que la aplicación de insumos y desarrollo de monocultivos ha acelerado los procesos de esterilización del suelo.

Nombre de la variable: Uso de insecticidas

Factor: Manejo agropecuario

Breve definición: Porcentaje de veredas que utilizan un método de insecticidas que tenga un bajo impacto para el medio ambiente (Control manual (1), Control orgánico (2), control, control biológico (4), plantas repelentes o atrayentes (6), No utilizó ningún control (11)).

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el uso de insecticidas por unidad veredal para el Complejo de Páramo. De acuerdo como Zepeda-Jazo (2018) el uso indiscriminado de plaguicidas, primero por necesidad y ahora por desconocimiento, ha mermado y dañando la actividad agrícola y con relación a la sustentabilidad estos han tenido efectos sobre la salud humana, ecosistemas agrícolas, medio ambiente y se han evidenciado problemas como la resistencia a los insecticidas después de cierto tiempo como menciona Devine et al. (2008).

Nombre de la variable: Manejo de alimentación animal

Factor: Manejo agropecuario

Breve definición: Porcentaje de veredas que presentan un manejo controlado del ganado ya sea por encierro, pastoreo o estabulado para el desarrollo de sus actividades pecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar el porcentaje de veredas que desarrollan un manejo controlado del ganado para el desarrollo de sus actividades pecuarias. La actual demanda de productos de origen animal han provocado el 18% del total de gases efecto invernadero (GEI) de acuerdo con (J. A. Gamboa, s/f) por el mal manejo de excretas y sustitución de selvas y bosques que provocan liberación de dióxido de carbono. Además, de agregar el factor de ganadería extensiva fenómeno que se concentra en América Latina.

1.9.2. Desarrollo de actividades agropecuarias

Nombre de la variable: Uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

Factor: Desarrollo de actividades agropecuarias.

Breve definición: Porcentaje de veredas que cuentan con acceso de energía para el desarrollo de sus actividades agropecuarias (Red eléctrica, planta eléctrica, molino de viento o eólica, panel solar, quema de materiales y residuos vegetales, combustibles, carbón mineral, biogás, tracción, ninguna de las anteriores).

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el uso y acceso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias por unidad veredal para el Complejo de Páramo. Uno de los objetivos de Desarrollo sustentable (FAO, s/f-d) aborda el uso eficiente de la energía en las actividades agropecuarias y puntualiza que los sistemas alimentarios tendrán que reducir gradualmente su dependencia de los combustibles fósiles, así la energía se convierte una pieza

importante para el desarrollo sustentable, acelera el progreso social, económico y mejora la productividad.

Nombre de la variable: Origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias

Factor: Desarrollo de actividades agropecuarias.

Breve definición: Porcentaje de veredas que se abastecen de agua producto de las fuentes hídricas cerca de su UPA.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el abastecimiento del agua para el desarrollo de actividades agropecuarias por unidad veredal para el Complejo de Páramo. De acuerdo con el Banco Mundial (Banco Mundial, s/f) el uso del agua en la agricultura representa una 70%, de ésta forma el uso del agua para fines agrícolas es un tema central en los debates sobre recursos hídricos y seguridad alimentaria se proyecta que la competencia por los recursos hídricos aumente en el futuro, esto ponen en especial presión a la agricultura.

1.9.3. Conservación

Nombre de la variable: Conservación de fuentes naturales de agua.

Factor: Conservación

Breve definición: Porcentaje de veredas que desarrollan actividades de conservación de fuentes naturales de agua.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre actividades de conservación de fuentes naturales de agua dentro del desarrollo de actividades agropecuarias por unidad veredal para el Complejo de Páramo. La competencia por los recursos naturales impone una presión sobre ciertos recursos naturales, entre ellos el agua, para la FAO (FAO, s/f-c) En las

tres últimas décadas la extracción de agua se ha duplicado en AL con un ritmo muy superior al promedio mundial. En esta región, el sector agrícola y, especialmente, la agricultura de riego utiliza la mayoría del agua, con un 70% de las extracciones. Le sigue la extracción para el uso doméstico con un 20% y la industria con un 10%.

Nombre de la variable: Conservación de suelos

Factor: Conservación

Breve definición: Porcentaje de veredas que desarrollan actividades de conservación de suelos.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el desarrollo de actividades de conservación de suelos para el desarrollo de actividades agropecuarias por unidad veredal para el Complejo de Páramo. De acuerdo con la Fao (FAO, s/f-c) América Latina y el Caribe tienen las reservas de tierra cultivable más grandes del mundo. Cerca del 47% del suelo se encuentra aún cubierto por bosques, pero esta cifra se está reduciendo rápidamente producto de la expansión del territorio agrícola. Sin embargo, la expansión de la producción ha ido, generalmente, de la mano del uso intensivo de insumos, degradación de suelos y aguas, reducción de la biodiversidad y deforestación, bajo una lógica orientada al mercado que no solamente pone en riesgo la calidad y disponibilidad de los recursos naturales, sino también los modos de vida de las personas, en particular de los más vulnerables.

1.9.4. Intervención sobre el ecosistema

Nombre de la variable: Biodiversidad nativa a causa de expansión de la frente agropecuaria.

Factor: Intervención sobre el ecosistema

Breve definición: Porcentaje de veredas que no hicieron aprovechamiento de los bosques y vegetación de páramo para el desarrollo de sus actividades agropecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje de veredas que no hicieron aprovechamiento de los bosques y vegetación de Páramo para el desarrollo de actividades agropecuarias por unidad veredal para el Complejo de Páramo. La creciente demanda de alimentos agrícolas y pecuarios pone en cierto riesgo ciertos ecosistemas dado el crecimiento de las actividades agropecuarias en espacios de conservación; poniendo muchas veces en riesgo la vegetación y animales endémicos del espacio intervenido.

Nombre de la variable: Transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria.

Factor: Intervención sobre el ecosistema

Breve definición: Porcentaje de veredas que no hicieron transformación el espacio producto del desarrollo de sus actividades agropecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje de veredas que no hicieron aprovechamiento de los bosques y vegetación de Páramo para el desarrollo de actividades agropecuarias por unidad veredal para el Complejo de Páramo. La creciente demanda de alimentos agrícolas y pecuarios pone en cierto riesgo ecosistemas de conservación dado el crecimiento de las actividades agropecuarias en estos espacios; muchas veces causando la pérdida de vegetación endémica.

1.9.5. Manejo de desechos

Nombre de la variable: Eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria

Factor: Manejo de desechos

Breve definición: Porcentaje de veredas que hacen buen uso de los residuos o desechos animales producto de su actividad productiva.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda que hacen buen uso de los residuos o desechos dentro del desarrollo de actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. Un uso adecuado de los desechos agrícolas puede convertir el desecho en bioenergía o en fertilizantes, en el campo muchas veces se desarrollan actividades que podrían ser consideradas para el uso de bioenergía; muchas de las prácticas tradicionales como realizar quemados tienen impactos negativos para el suelo y emiten gases de efecto invernadero.

Nombre de la variable: Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria.

Factor: Manejo de desechos

Breve definición: Porcentaje de veredas que hacen buen manejo de los residuos o desechos de plástico, vidrio, PVC producto de su actividad productiva.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda que hacen buen uso de los residuos o desechos de plástico, vidrio, PVC dentro del desarrollo de actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. Darle una correcta disposición a ciertos elementos que se utilizan en la actividad en las actividades agropecuarias representa una acción clave para mejorar la sustentabilidad de la actividad agropecuaria, además, se debe eliminar prácticas como la quema de plásticos dentro de las actividades de desarrollo agropecuario dado los impactos negativos y emisión de contaminantes.

1.10. Institucional

En este apartado se presentan cinco indicadores para el criterio institucional el orden en que se presentan es de acuerdo como se presentan en la tabla 11; organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias, participación de habitantes en asociaciones, asistencia técnica, solicitud de créditos o financiación y aprovisionamiento de servicios.

Tabla 11. Indicadores que integran el criterio institucional

Criterio	Indicador
INSTITUCIONAL	Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.
	Participación de habitantes en Asociaciones.
	Asistencia técnica.
	Solicitud de créditos o financiación.
	Aprovisionamiento de servicios.

Nota. Tabla elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA

Nombre de variable: Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Criterio: Institucional

Breve definición: Porcentaje de veredas que están organizados como personas naturales para el desarrollo de sus actividades productivas.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda que se encuentran organizados para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo.

Para la FAO en su documento sobre sistemas de producción agropecuaria y pobreza (Dixon et al., 2001) resalto el papel de la dotación de recursos de una finca en particular depende de la densidad poblacional, la distribución de recursos entre los hogares y de la efectividad con que las instituciones determinen el acceso a los recursos. Independientemente de su tamaño, los sistemas

de finca individuales están organizados para producir alimentos y para cubrir otras metas del hogar agropecuario mediante el manejo de los recursos disponibles.

Nombre de variable: Participación de habitantes en Asociaciones.

Criterio: Institucional

Breve definición: Porcentaje de veredas que presentan asociatividad para el desarrollo de sus actividades pecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda que participa en asociaciones para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. De acuerdo con la FAO (FAO, s/f-b) hacer parte de una asociación es una estrategia que permite socializar nuevos conocimientos como por ejemplo llevar procesos de formación que permitan mejorar y estandarizar las actividades productivas, manejo integrado de plagas y enfermedades, manejo de cosecha y postcosecha, innovación tecnológica y conservación de la biodiversidad.

Nombre de variable: Asistencia técnica.

Criterio: Institucional

Breve definición: Porcentaje de las veredas que cuentan con asistencia técnica para el desarrollo de sus actividades pecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda con acceso a asistencia técnica para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. De acuerdo con la FAO (FAO, s/f-a) históricamente la asistencia técnica ha estado orientada al aumento de la productividad de los sistemas agropecuarios en consecuencia ha agravado en muchos casos la sustentabilidad de varios espacios donde se ha implementado. Por ello debe

existir una convivencia entre las actividades productivas y la asistencia técnica que permita la integración de los conocimientos locales.

Nombre de variable: Solicitud de créditos o financiación.

Criterio: Institucional

Breve definición: Porcentaje de veredas que cuentan con acceso a crédito.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda que acceso a créditos y financiación para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. De acuerdo con la Fao (Klein et al., 2001) la concesión de préstamos y la prestación de servicios financieros en general a los agricultores y habitantes rurales de países en desarrollo, sobre una base sustentable, ha resultado ser una tarea difícil. Con el auge de la tecnología en los servicios financieros es una oportunidad para mejorar un disponibilidad y acceso en las zonas rurales.

Nombre de variable: Aprovisionamiento de servicios.

Criterio: Institucional

Breve definición: Porcentaje de las veredas que cuentan con servicios públicos.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda que acceso al aprovisionamiento de servicios para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. De acuerdo con la FAO (FAO, 2014) el acceso a servicios, así como el dinamismo económico del campo, constituyen estímulos a la realización del potencial productivo de la población rural, generando un círculo virtuoso de progreso y crecimiento

productivo que puede mejorar significativamente las condiciones de vida en amplias zonas del país. El desarrollo rural, a su vez, incide positivamente sobre el potencial de desarrollo económico global, a través del crecimiento de la demanda interna, la mejor articulación interregional, el equilibrio social y la mayor cohesión e integración nacional.

1.11. Social

En este apartado se presentan cuatro indicadores para el criterio social, el orden en que se presentan es de acuerdo como se encuentra agrupado y se muestra en la tabla 12; tenencia de la unidad productiva, población que no se considera pobre, promedio de años de educación y población con acceso a salud.

Tabla 12. Indicadores que integran el criterio Social

Criterio	Indicador
SOCIAL	Tenencia de la unidad productiva.
	Población que no se considera pobre.
	Promedio de años de educación.
	Población con acceso a salud.

Nota. Tabla elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA

Nombre de variable: Tenencia de la unidad productiva.

Criterio: Social

Breve definición: Porcentaje de veredas en la cual los productores son propietarios de los predios donde desarrollan actividades pecuarias.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda con tenencia de la unidad productiva para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. Este indicador relaciona la propiedad de la tierra con la sustentabilidad de la actividad productiva, existe evidencias cuando la propiedad de la tierra está en manos de muchas

personas garantiza sustentabilidad que sí se concentra en un solo propietario un gran espacio de tierra dedicado a la ganadería o un monocultivo. De acuerdo con la FAO (Dixon et al., 2001) los agricultores conciben a sus fincas, sean estas pequeñas unidades de producción destinadas a la subsistencia o grandes compañías, como sistemas en sí mismas.

Nombre de variable: Población que no se considera pobre.

Criterio: Social

Breve definición: Porcentaje de veredas que no se consideran pobres.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda con población que no se considera pobre para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. De acuerdo con la FAO (Dixon et al., 2001) La mayoría de las personas de bajos recursos vive en áreas rurales en los países en desarrollo y depende de la agricultura para su subsistencia; por lo tanto, los autores están convencidos de que la clave para erradicar el sufrimiento actual es centrarse en el establecimiento de comunidades rurales dinámicas fundamentadas en una agricultura próspera. El trabajo destaca la importancia del crecimiento agrícola en la reducción del hambre y la pobreza rural en las regiones en desarrollo.

Nombre de variable: Promedio de años de educación

Criterio: Social

Breve definición: Porcentaje de veredas que cuenta al algún tipo de formación académica.

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda del promedio de años de educación para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. Aunque el nivel de educación es un factor bastante importante a la hora de

pensar procesos de transformación productiva, mejorar tecnológicas. Se ha identificado muchas veces que este tipo de educación no ésta adaptada a las dinámicas socioambientales que deben responder los agricultores o campesinos dentro de sus unidades productivas o dentro de sus comunidades.

Nombre de variable: Población con acceso a salud.

Criterio: Social

Breve definición: Porcentaje de veredas que cuenta con afiliación de salud

Descripción: Esta variable permite observar información sobre el porcentaje por vereda del promedio de población con acceso a salud para el desarrollo de las actividades agropecuarias para el Complejo de Páramo. De acuerdo con la FAO (FAO, s/f-e) La buena salud comienza con la nutrición. Si no consumimos alimentos nutritivos y de forma regular, no podemos vivir, aprender, defendernos de enfermedades o llevar una vida productiva. Además, los animales sanos contribuyen a conseguir personas saludables y a la producción sustentable de alimentos. La FAO promueve las mejores prácticas destinadas a hacer que la producción animal sea eficiente y sustentable, al tiempo que protege la salud pública y garantiza un comercio seguro.

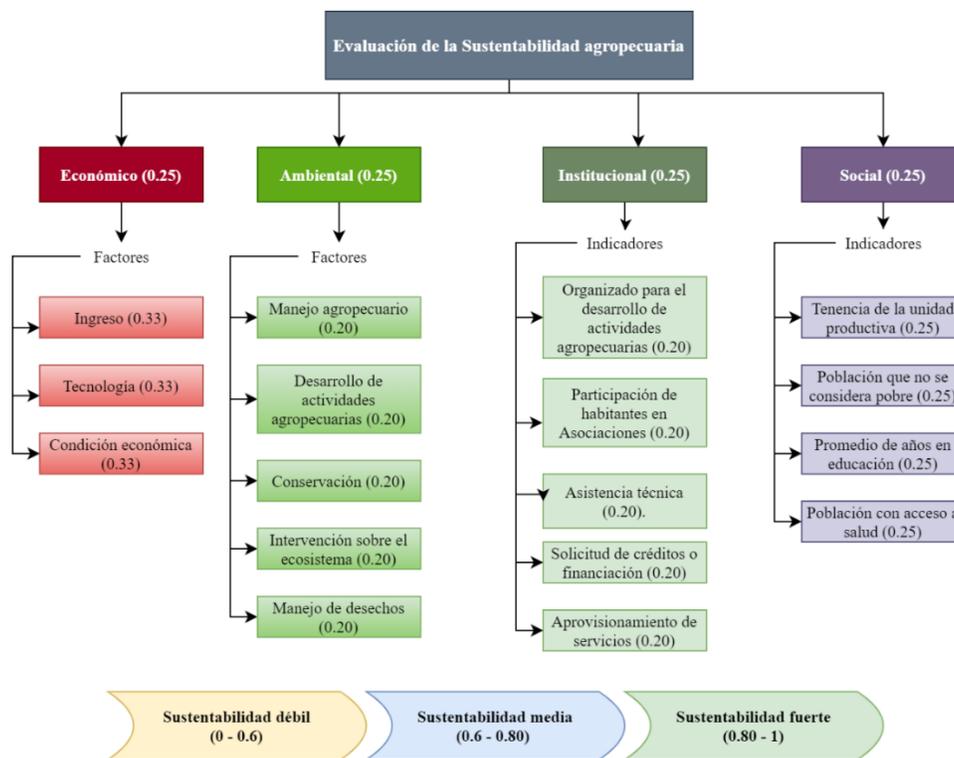
Resultados

1.12. Método directo

En este apartado se presentan los resultados para los cuatro criterios utilizados para evaluar la sustentabilidad productiva en el Páramo de Santurbán por el método directo para determinar los pesos (figura 6), la estructura en que se presentan los resultados es la siguiente primero, se analizan el comportamiento de los indicadores dentro de cada criterios, segundo se presentan los resultados después de haber realizado la superposición pondera para cada criterio y se finaliza con el análisis de sustentabilidad productiva para el Complejo de Alta montaña.

Figura 6

Árbol de jerarquía para determinar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Páramo de Santurbán por el método directo.



Nota: En la figura 6 se presenta el árbol de jerarquías para determinar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Páramo de Santurbán por el método directo, se destacan para esta metodología los criterios presentan un peso igual del 25%, mientras dentro de cada criterio sus pesos van a variar dependiendo de la cantidad de indicadores, pero dentro del criterios los indicadores van a tener igual peso. Además, se presenta la escala que evalúa la sustentabilidad para cada indicador que viene a estar dada de acuerdo con la revisión de literatura esta escala presenta tres intervalos; sustentabilidad débil (0 – 0.6), sustentabilidad medio (0.6 – 0.8) y sustentabilidad fuerte (0.8 - 1). Fuente: elaboración propia.

1.12.1. Criterio económico

Para el criterio económico se seleccionaron indicadores que están relacionados con las actividades agropecuarias que podría tener afectación sobre la sustentabilidad dentro del ecosistema e inciden en el desarrollo de las actividades productivas agropecuarias en espacio del Páramo de Santurbán, para este trabajo se clasificó el criterio económico en tres factores; generación de ingresos económicos, nivel tecnológico y condiciones económicas de la UPA como se muestra en la tabla 13.

En la tabla 13 se presentan los resultados por indicador para el criterio económico respectivamente, se destaca el indicador con **sustentabilidad fuerte**, seguridad alimentaria (0.79); con **sustentabilidad media** se destaca, porcentaje de la UPA en producción de pastos sembrados (0.52), Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias (0.39) y Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias (0.55) finalmente, con **Sustentabilidad débil**, en el último año ha tenido cabezas de ganado bovino (0.75), número de cabezas de ganado (0.65), área del predio de la UPA (0.63), porcentaje de la UPA en producción agropecuaria (0.94), sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola (0.44), nivel de vida, respecto hace cinco años (0.48).

Tabla 13

Resultados por indicador para el criterio económico método directo

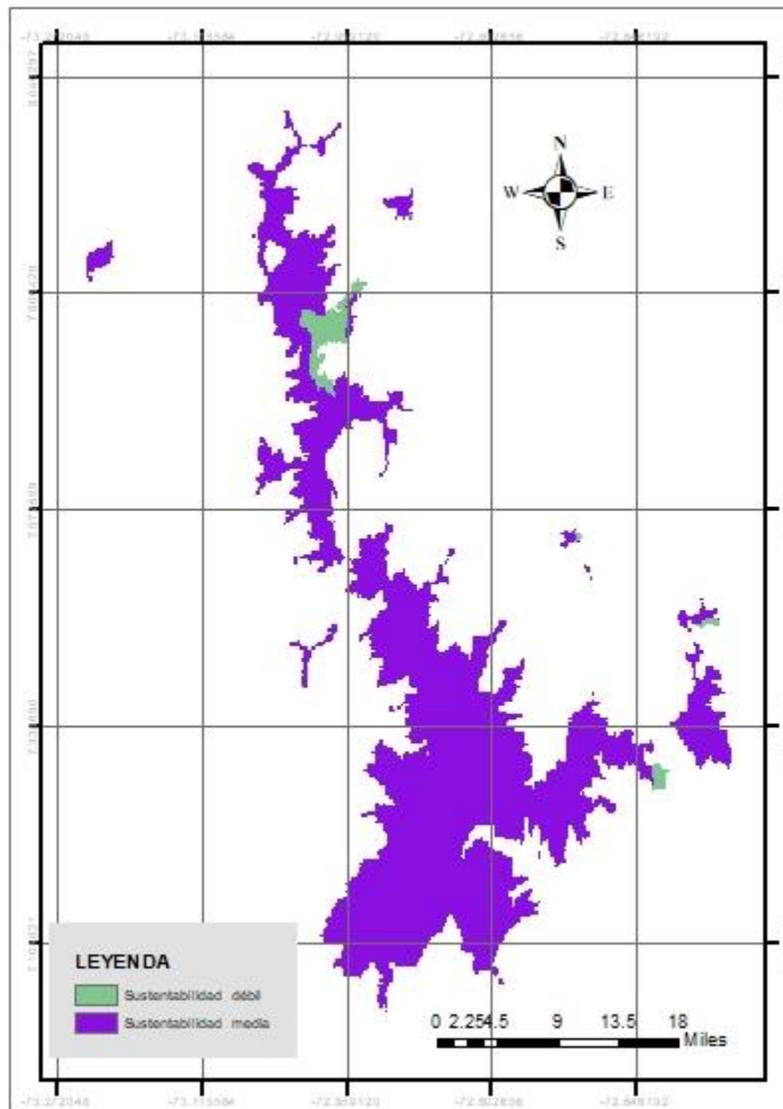
Factor	Identificador	Indicador	Débil	media	Fuerte
Ingreso	C2.1	En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino.	0.75	0.13	0.12
	C2.2	Número de cabezas de ganado.	0.65	0.27	0.08
	C2.5	Área del predio de la UPA.	0.63	0.28	0.08
	C2.8	Porcentaje de la UPA en producción agropecuaria	0.94	0.05	0.01
	C2.10	Porcentaje de la UPA en producción de pastos sembrados.	0.14	0.52	0.34
Tecnología	C2.3	Sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola.	0.44	0.16	0.40
	C2.6	Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias.	0.24	0.39	0.37
	C2.7	Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.	0.23	0.55	0.21
Condición económica	C2.4	Seguridad alimentaria.	0.15	0.05	0.79
	C2.9	Nivel de vida, respecto hace 5 años.	0.48	0.35	0.17

Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los rásteres de salida para cada indicador, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados anteriormente en la tabla 13 muestran para el criterio económico que los indicadores se ubican mayoritariamente en Sustentabilidad débil y media. Producto de desarrollar la herramienta de superposición pondera para el criterio económico se encontró como resultado 3% presenta Sustentabilidad débil ubicada en veredas del municipio de Salazar y Cácosta ubicada en el departamento de Norte de Santander y el 97% de las veredas presenta sustentabilidad media como se muestra en el mapa 4.

Mapa 4

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio económico para el Páramo de Santurbán por el método directo.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

1.12.2. Criterio ambiental

Se enfoca principalmente en las actividades de protección e intervención y que inciden sobre la sustentabilidad del páramo de Santurbán. Este criterio fue el de mayor número de indicadores, principalmente debido a su importancia y la accesibilidad a la información. Se usaron cinco factores para clasificar los indicadores; manejo agropecuario, desarrollo de actividades agropecuarias, conservación, intervención sobre el ecosistema y manejo de desechos como se muestra en la tabla 14.

En la tabla 14 se presentan los resultados por indicador para el criterio ambiental de acuerdo con la escala de sustentabilidad, se destacan indicadores con **sustentabilidad fuerte**; uso de fertilizantes (0.5), origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias (0.93), conservación de fuentes naturales de agua (0.59), conservación de suelos (0.41), disminución de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la frontera agropecuaria (0.83), transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria (0.96), Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria (0.43); **sustentabilidad media**; uso de insecticidas (0.42) y **Sustentabilidad débil**, manejo de la alimentación animal (0.53), uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias (0.78) y eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria (0.87).

Tabla 14

Resultados por indicador para el criterio ambiental método directo

Factor	Identificador	Indicador	Débil	Media	Fuerte
Manejo agropecuario	C1.1	Uso de fertilizantes.	0.13	0.37	0.50
	C1.2	Uso de insecticidas.	0.18	0.42	0.40

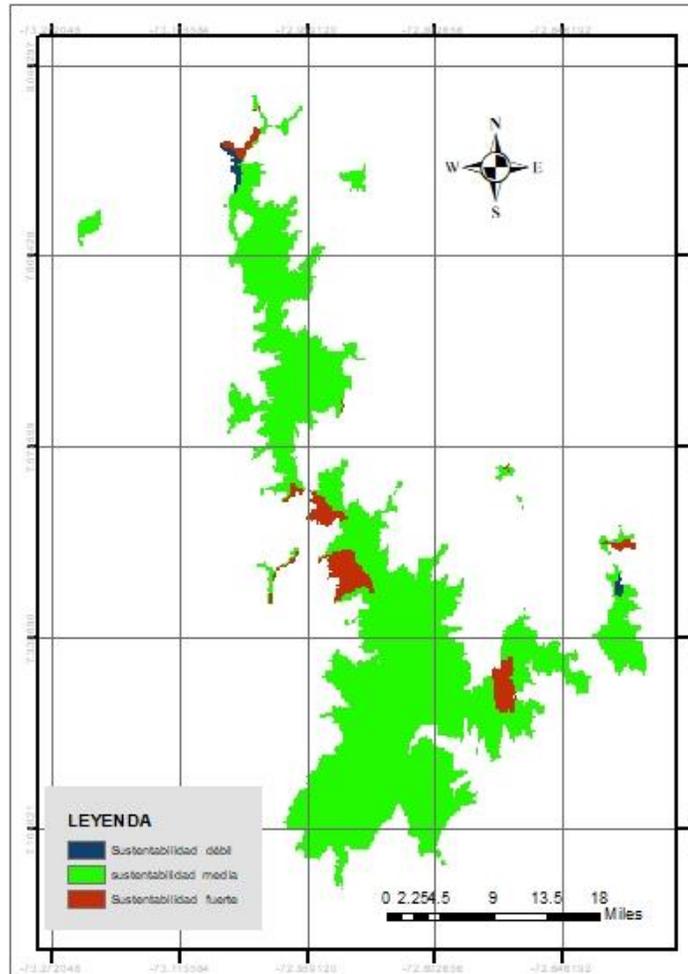
	C1.3	Manejo de la alimentación animal.	0.53	0.29	0.17
Desarrollo de actividades agropecuarias	C1.11	Uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias.	0.78	0.15	0.07
	C1.4	Origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias.	0.03	0.04	0.93
Conservación	C1.5	Conservación de fuentes naturales de agua.	0.12	0.29	0.59
	C1.6	Conservación de suelos	0.40	0.19	0.41
Intervención sobre el ecosistema	C1.7	Disminución de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la fronte agropecuaria.	0.08	0.10	0.83
	C1.8	Transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria.	0.03	0.01	0.96
Manejo de desechos	C1.9	Eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria.	0.87	0.05	0.08
	C1.10	Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria.	0.32	0.25	0.43

Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los rásteres de salida para cada indicador, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados en la tabla 14 muestran que la mayoría de los indicadores del criterio ambiental se ubican en la una Sustentabilidad débil y fuerte. Producto de desarrollar la herramienta de superposición pondera para el criterio ambiental se encontró 1% de Sustentabilidad débil ubicada en veredas del municipio de Ábrego, Pamplonita en Norte de Santander, 94% de sustentabilidad media y 6% de sustentabilidad fuerte ubicada en veredas de los municipios de Suratá (S), Mutiscua (N.S.), Cácosta (N.S.), Toledo (N.S.), Villa Caro (N.S) como se muestra en el mapa 5.

Mapa 5

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Ambiental para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método directo.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

1.12.3. Criterio institucional

El aspecto institucional se relaciona a mayor profundidad de la estructura productiva, las posibles intervenciones del estado y otras instituciones que inciden en el desarrollo de la actividad productiva, a medida que la relación institucional sea más fuerte en es estos espacios geográficos también presenta una relación positiva frente a la sustentabilidad del Páramo de Santurbán.

Para este criterio se seleccionó cinco indicadores, donde se identificaron tres indicadores con **sustentabilidad fuerte**, organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias (0.70), participación de habitantes en asociaciones (0.85) y aprovisionamiento de servicios (0.59) y dos indicadores con **sustentabilidad media**; asistencia técnica (0.50) y solicitud de créditos o financiación (0.53) como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15

Resultados por indicador para el criterio Institucional por el método directo

Identificador	Indicador	Débil	Media	Fuerte
C3.1	Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.	0.19	0.11	0.70
C3.2	Participación de habitantes en Asociaciones.	0.03	0.12	0.85
C3.3	Asistencia técnica.	0.38	0.50	0.12
C3.4	Solicitud de créditos o financiación.	0.24	0.53	0.23
C3.5	Aprovisionamiento de servicios.	0.07	0.35	0.59

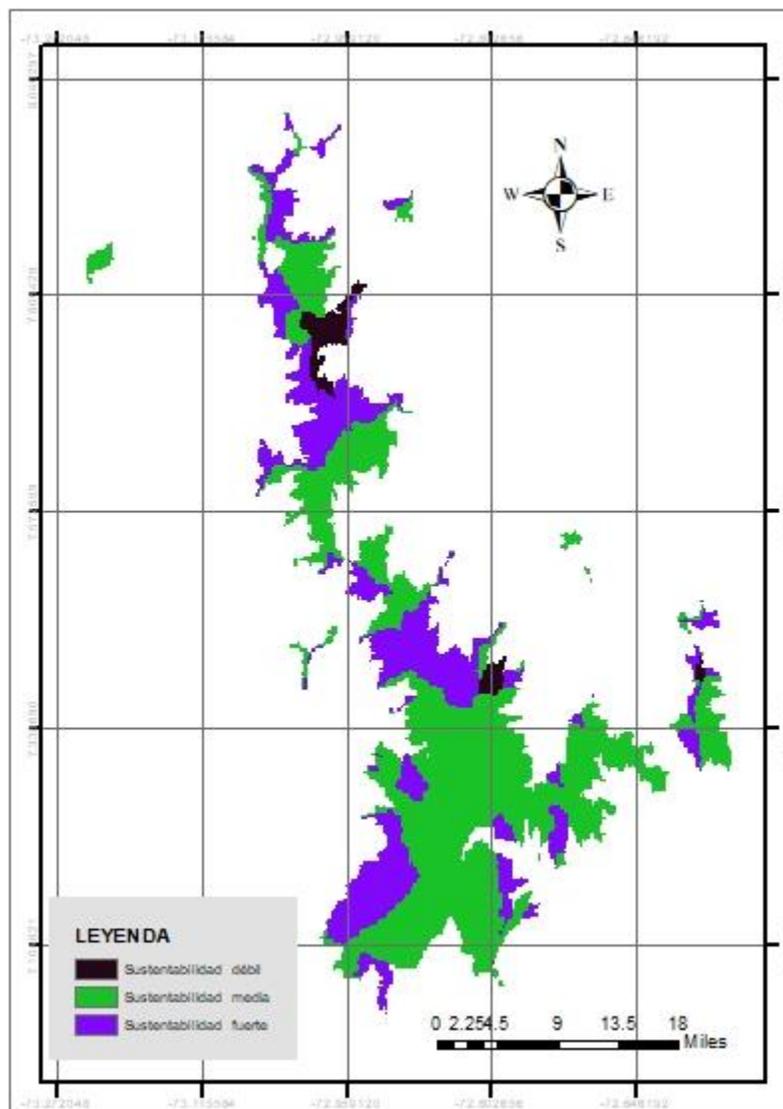
Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los rásteres de salida para cada indicador, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados en la tabla 15 muestran que la mayoría de los indicadores del criterio institucional se ubican en la una sustentabilidad media y sustentabilidad fuerte. Producto de desarrollar la herramienta de superposición pondera para el criterio institucional se encontró 3% con Sustentabilidad débil ubicada en las veredas de los municipios Salazar, Pamplona y Pamplonita ubicados en el departamento de Norte de Santander. Sustentabilidad fuerte 0.30 para veredas de los municipios en los departamentos de Santander; California, Vetas, Tona, Piedecuesta

y Surata y para Norte de Santander; Silos, Mutiscua, Pamplonita, Ábrego, Cáchira, Salazar, Surata, Cucutilla, Pamplona y Toledo. Mientras que con sustentabilidad media el 64% restante. Como se puede observar en el mapa 6.

Mapa 6

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio institucional para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método directo.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

1.12.4. Criterio social

En este criterio hace referencia a aquellas condiciones de calidad de vida de las personas que habitan el páramo de Santurbán. Un indicador importante es la propiedad de la tierra y se considera fundamental para la actividad agrícola y pecuaria, además, se asume que bajo este aspecto los habitantes tienden a la protección de la naturaleza que los rodea dada la territorialidad.

Para este criterio se seleccionó cuatro indicadores, donde se identificaron respectivamente, dos indicadores con **sustentabilidad fuerte**, población con acceso a salud (0.94) y Promedio de años de educación (1) y **Sustentabilidad débil**; tenencia de la unidad productiva (0.98) y población que no se considera pobre (0.92) como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

Resultados por indicador para el criterio social por el método directo

Identificador	Indicador	Débil	Media	Fuerte
C4.1	Tenencia de la unidad productiva.	0.98	0.00	0.02
C4.2	Población que no se considera pobre.	0.92	0.07	0.01
C4.3	Promedio de años de educación.	0.00	0.00	1.00
C4.4	Población con acceso a salud.	0.04	0.02	0.94

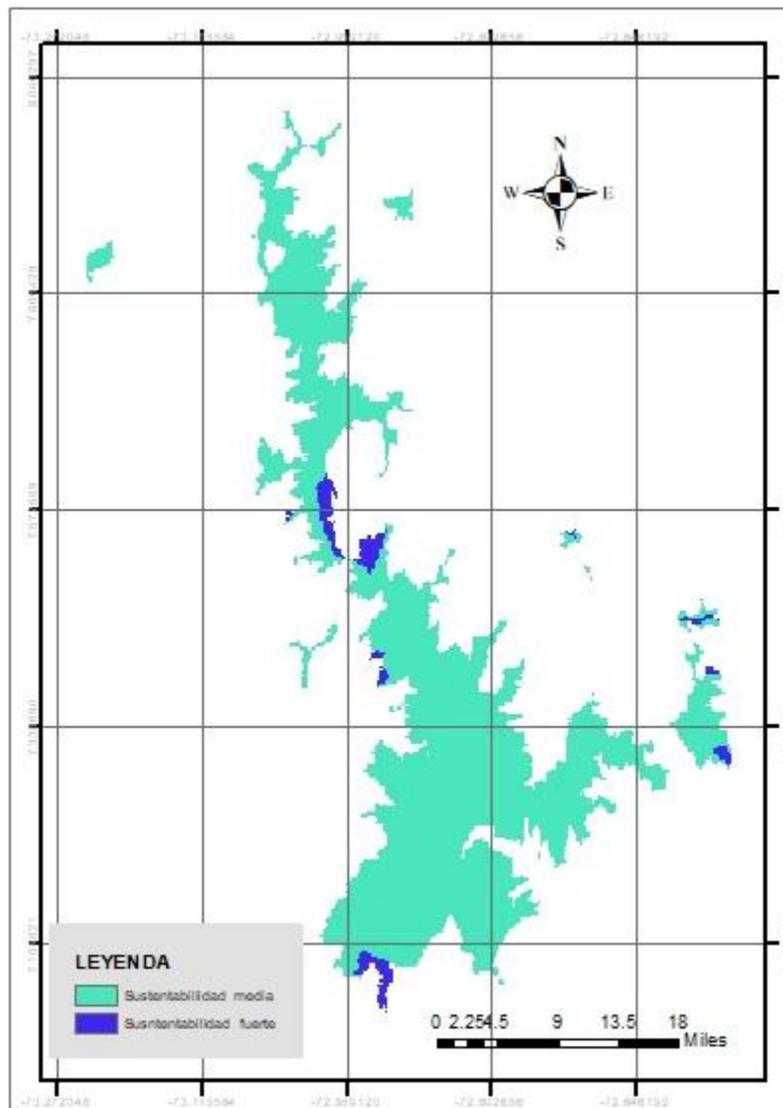
Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los rásteres de salida para cada indicador, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados en la tabla 16 muestran que la mayoría de los indicadores del criterio *institucional* se ubican en una Sustentabilidad débil y media. Producto de desarrollar la herramienta de superposición pondera para el criterio *social* se encontró 4 % con sustentabilidad fuerte ubicada en veredas de los municipios de Arboledas, Labateca y Toledo en Norte de

Santander y El Playón, Suratá y Piedecuesta en Santander y sustentabilidad media 96% como se puede observar en el mapa 7.

Mapa 7

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Social para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método directo.



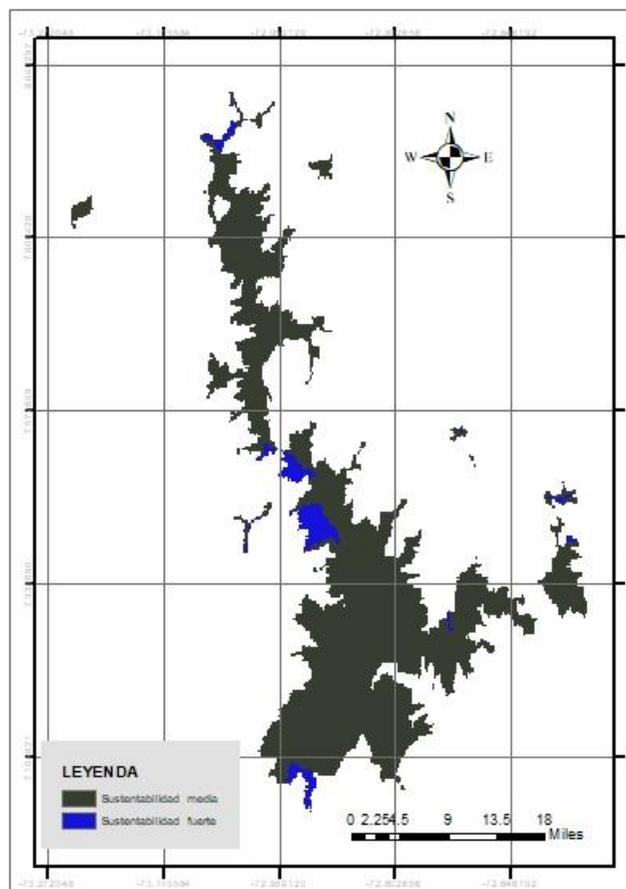
Nota. Elaboración propia

1.12.5. Sustentabilidad para el Complejo del Páramo de Santurbán

Producto de desarrollar el modelo jerárquico para determinar la sustentabilidad productiva para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán, se encontró 5% con **sustentabilidad fuerte** en veredas de los municipios de en el departamento de Santander Piedecuesta y Suratá y en el departamento de Norte de Santander Mutiscua, Pamplonita y Toledo, mientras que con **sustentabilidad media** presenta el 95% de las veredas analizadas como se muestra en el mapa 8.

Mapa 8

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por método directo.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

1.13. Método PAJ

El método PAJ permite tomar las calificaciones de los expertos de acuerdo con su experiencia en los diferentes campos de desempeño (entidades) y el conocimiento sobre el territorio (experiencia) en la tabla 24 (apéndice B) que hace referencia al grupo de expertos que asesoraron este apartado, para este trabajo se elaboró cinco matrices de evaluación denominadas; criterios, económica, ambiental, institucional y social como se puede observar en las tablas del 25 a la 29 (apéndice C). Este instrumento desarrollado aplicado por el investigador permitió recoger la información de evaluación del taller de expertos que se desarrolló de forma remota.

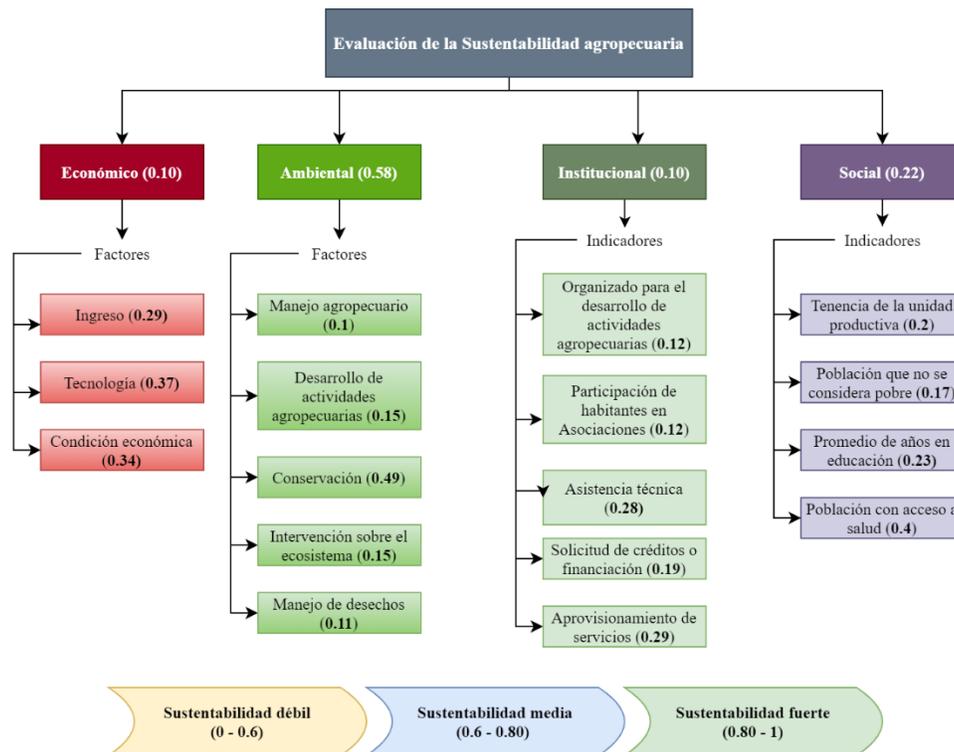
De los nueve expertos que se muestran en la tabla 24 del apéndice B no todas sus calificaciones dieron consistentes, de acuerdo con el índice de consistencia se determinó cuales evaluaciones eran consistentes de acuerdo con el método PAJ, por tanto, el cálculo de los vectores propios estuvo condicionado de acuerdo a la consistencia para los criterios, factores o indicadores respectivamente; los resultados se pueden observar en las tablas del 30 al 34 en el apéndice D; además también se puede consultar la evaluación realizada por cada experto de las tablas de la 35 a la 54 en el apéndice E.

Después de haber consolidado la información en forma de matrices se procedió a calcular el Índice de consistencia y los vectores propios y se consideran pertinentes las evaluaciones que presentan un índice de consistencia óptimo de acuerdo con el método PAJ los resultados permitieron calcular los pesos respectivos para los indicadores, factores y criterios como se encuentran consolidados en la figura 7.

Por tanto en éste apartado se presentan los resultados para los cuatro criterios utilizados para evaluar la sustentabilidad productiva en el Páramo de Santurbán por el método PAJ⁷, la estructura en que se presentan los resultados es la siguiente primero, se analizan el comportamiento de los factores dentro para el criterio ambiental y económico, mientras que los criterios sociales e institucionales describen por indicadores, segundo se presentan los resultados después de haber realizado la superposición pondera para cada criterio y finaliza con el análisis de sustentabilidad productiva para el Complejo de alta montaña.

Figura 7

Árbol de jerarquía para determinar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Páramo de Santurbán por el método PAJ.



⁷ Se aclara que en este apartado para el criterio ambiental y económico no se van a analizar los criterios por separado dado que estos ya fueron analizados en el apartado anterior.

Nota: En la figura 7 se presenta el árbol de jerarquías para determinar la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios para el Páramo de Santurbán por el método PAJ, se destacan para esta metodología los criterios, factores e indicadores respectivamente presentan un peso diferente, pesos de fueron determinados a través de la metodología PAJ que permite trabajar con expertos. Además, la figura incluye la escala que evalúa la sustentabilidad para cada indicador, factor y criterio viene a ser la misma que se presenta para el método directo, esta escala presenta tres intervalos; sustentabilidad débil (0 – 0.6), sustentabilidad medio (0.6 – 0.8) y sustentabilidad fuerte (0.8 - 1) Fuente: elaboración propia.

1.13.1. Criterio económico

En la tabla 17 se presentan los resultados por indicador para el criterio económico respectivamente, se destaca el indicador con **sustentabilidad media** el factor tecnología (0.6) que agrupa los indicadores; Sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola, Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias, Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias y el factor condición económica (0.58) que agrupa los indicadores; seguridad alimentaria y Nivel de vida, respecto hace 5 años. Mientras que con **Sustentabilidad débil** se destaca el factor ingreso (0.6) que agrupa los indicadores; En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino, Número de cabezas de ganado, Área del predio de la UPA, Porcentaje de la UPA en producción agropecuaria, Porcentaje de la UPA en producción de pastos sembrados.

Tabla 17

Resultados por indicador para el criterio económico método PAJ

Factor	Identificador	Pesos	Indicador	Débil	Media	Fuerte
Ingreso	C2.1	0.29	En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino.	0.6	0.41	0.03
	C2.2		Número de cabezas de ganado.			
	C2.5		Área del predio de la UPA.			
	C2.8		Porcentaje de la UPA en producción agropecuaria			
	C2.10		Porcentaje de la UPA en producción de pastos sembrados.			
Tecnología	C2.3	0.37	Sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola.	0.19	0.60	0.21
	C2.6		Maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias.			

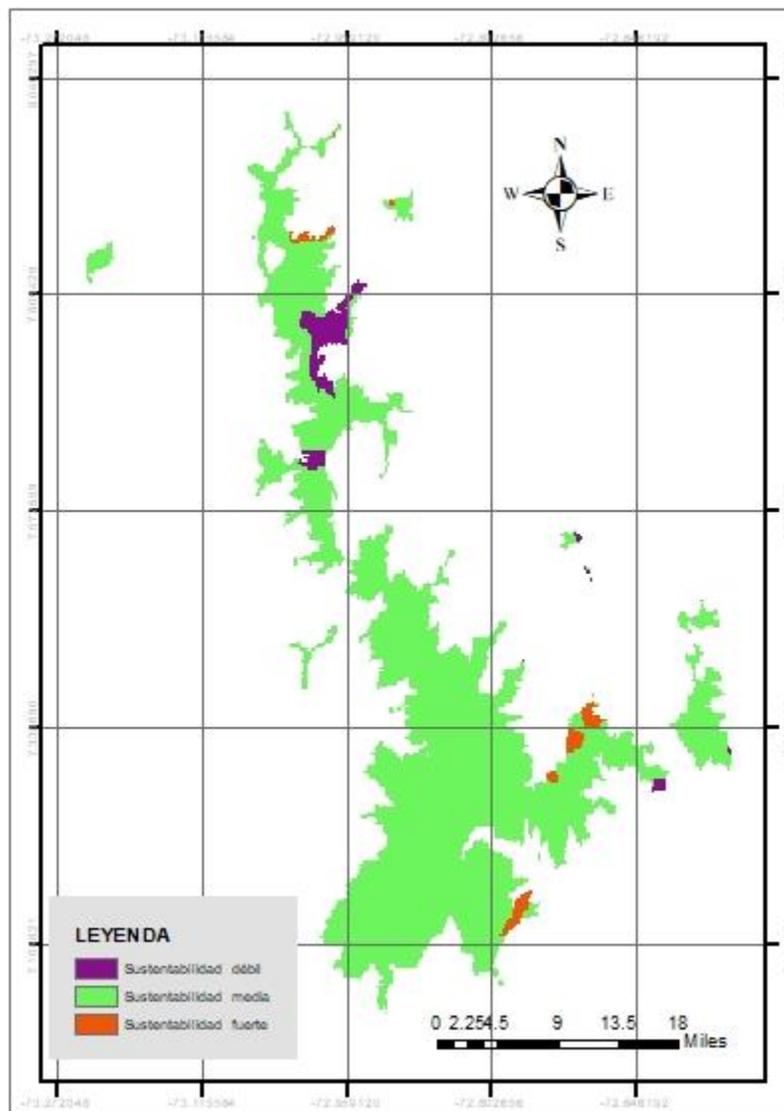
	C2.7		Construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.			
Condición económica	C2.4		Seguridad alimentaria.			
	C2.9	0.34	Nivel de vida, respecto hace 5 años.	0.03	0.58	0.39

Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los porcentajes de rásteres de salida por factores, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados anteriormente (tabla 17) muestran para el criterio económico que los factores se ubican mayoritariamente en Sustentabilidad débil y media. Producto de desarrollar el modelo jerárquico con los pesos asignados para el criterio económico se encontró como resultado 3% presenta **Sustentabilidad débil** ubicada veredas de los municipios de Salazar, Cáchira, Cácuta y Labateca; **sustentabilidad media** el 95% de las veredas y el 2% presentan **sustentabilidad fuerte** ubicada en las veredas; Villa Caro, Silos, Mutiscua y Pamplona respectivamente como se puede observar en el mapa 9.

Mapa 9

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio económico para el Páramo de Santurbán por el método PAJ.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

7.2.2. Criterio Ambiental

En la tabla 18 se presentan los resultados por factor para el criterio ambiental de acuerdo con la escala de sustentabilidad, con sustentabilidad se destacan **Sustentabilidad fuerte**; factor de conservación (0.54) integrado por indicadores; conservación de fuentes naturales de agua, conservación de suelos e Intervención sobre el ecosistema y el factor de Intervención sobre el ecosistema (0.91) integrado por la disminución de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la frontera agropecuaria y transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria. Los factores con **Sustentabilidad media**; manejo agropecuario (0.61) compuesto por los indicadores; Uso de fertilizantes, uso de insecticidas y manejo de la alimentación animal; desarrollo de actividades agropecuarias (0.77) compuesto por los indicadores; uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias y origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias y manejo de desechos (0.71) compuesto por los indicadores; Eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria y Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria.

Tabla 18

Resultados por indicador para el criterio económico método PAJ

Factor	Identificador	Pesos	Indicador	Débil	Media	Fuerte
Manejo agropecuario	C1.1	0.1	Uso de fertilizantes.	0.17	0.61	0.22
	C1.2		Uso de insecticidas.			
	C1.3		Manejo de la alimentación animal.			
Desarrollo de actividades agropecuarias	C1.11	0.15	Uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias.	0.02	0.77	0.21
	C1.4		Origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias.			
Conservación	C1.5	0.49	Conservación de fuentes naturales de agua.	0.08	0.39	0.54
	C1.6		Conservación de suelos			

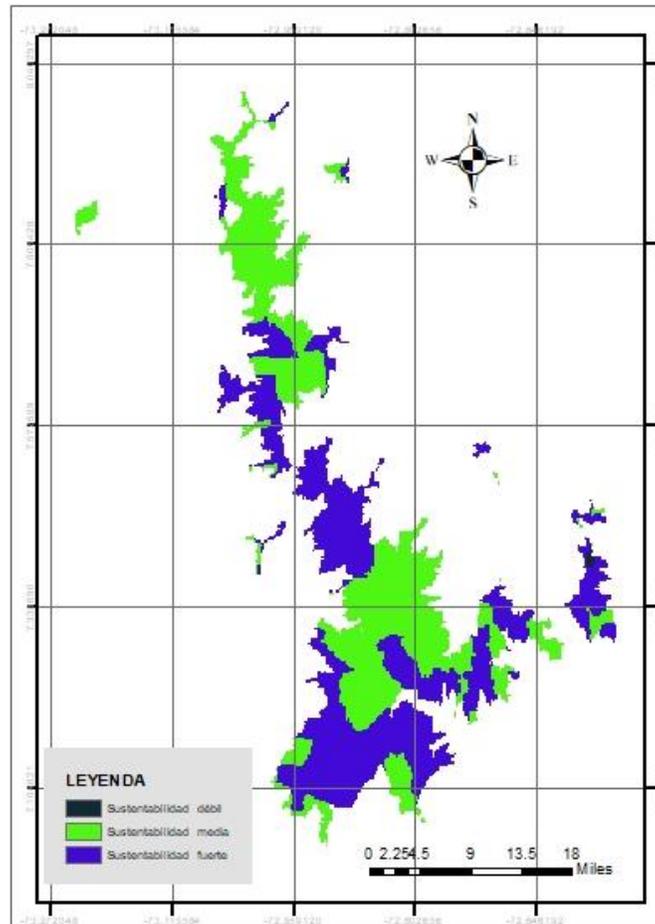
Intervención sobre el ecosistema	C1.7	0.15	Disminución de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la frontera agropecuaria.	0.03	0.06	0.91
	C1.8		Transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria.			
Manejo de desechos	C1.9	0.11	Eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria.	0.24	0.71	0.05
	C1.10		Eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria.			

Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los rásteres de salida por factores, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados (tabla 18) muestran que la mayoría de los indicadores del criterio ambiental se ubican con una sustentabilidad media y fuerte. Producto de desarrollar el Modelo Jerárquico para el criterio ambiental se encontró un porcentaje inferior al 1% de **Sustentabilidad débil** ubicada en veredas del municipio de Pamplonita, 50% de **sustentabilidad media** ubicada en veredas de los municipios de Ábrego, La Esperanza, Villa Caro, Cáchira, Salazar, Arboledas, Suratá, Matanza, Vetas, Silos, Cucutilla, Pamplona, Mutiscua, Chitagá, Cécota, Labateca, Pamplonita y Chinácota y 50% de **sustentabilidad fuerte** ubicado en las veredas de los municipios de Ábrero, Villa Caro, Bucarasica, Gramalote, Lourdes, Cáchira, Salazar, Arboledas, Suratá, El Playón, Cucutilla, California, Charta, Tona, Silos, Cécota, Pamplona, Labateca, Toledo y Pamplonita. Como se puede observar en el mapa 10.

Mapa 10

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Ambiental para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método PAJ.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

7.2.3. Criterio Institucional

Para este criterio se seleccionó cinco indicadores, donde se identificaron tres indicadores con **sustentabilidad fuerte**, organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias (0.70), participación de habitantes en asociaciones (0.85) y aprovisionamiento de servicios (0.59) y dos indicadores con **sustentabilidad media**; asistencia técnica (0.50) y solicitud de créditos o financiación (0.53) como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19

Resultados por indicador para el criterio Institucional por el método PAJ

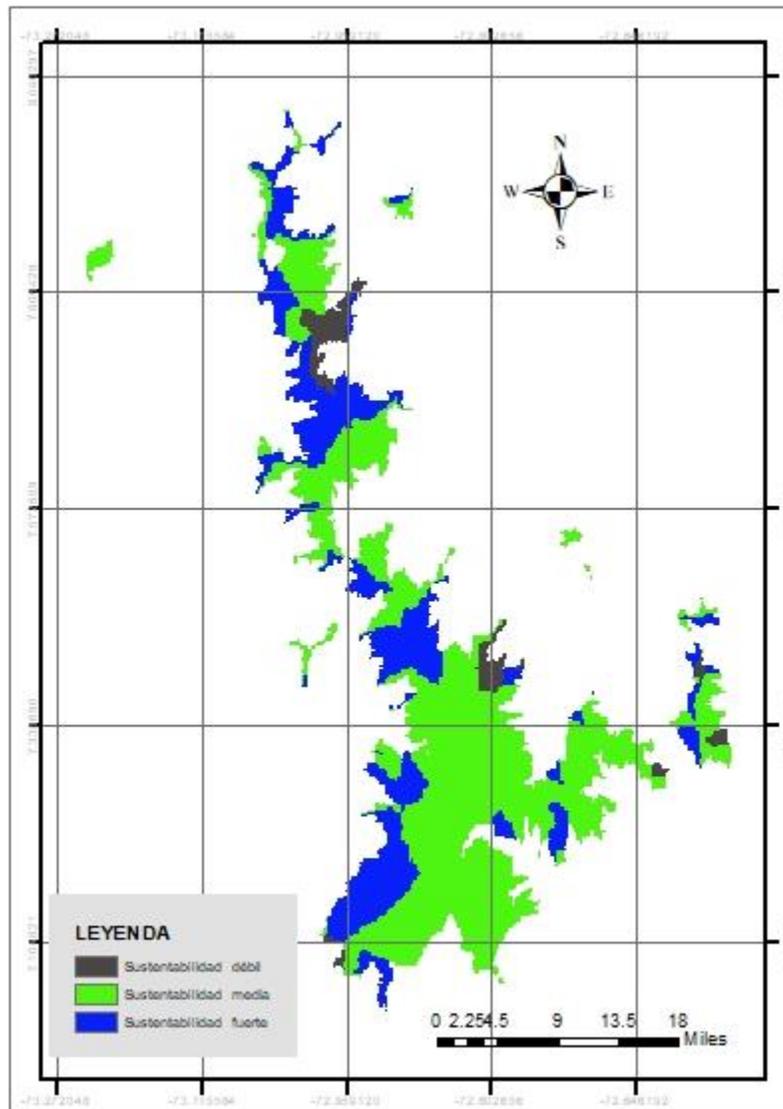
Identificador	Indicador	Pesos	Débil	Media	Fuerte
C3.1	Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.	0.12	0.19	0.11	0.70
C3.2	Participación de habitantes en Asociaciones.	0.12	0.03	0.12	0.85
C3.3	Asistencia técnica.	0.28	0.38	0.50	0.12
C3.4	Solicitud de créditos o financiación.	0.19	0.24	0.53	0.23
C3.5	Aprovisionamiento de servicios.	0.29	0.07	0.35	0.59

Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los rásteres de salida para cada indicador, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados (tabla 19) muestran que la mayoría de los indicadores del criterio institucional se ubican con una sustentabilidad media y sustentabilidad fuerte. Producto de desarrollar el Modelo Jerárquico para el criterio institucional se encontró 5% con **Sustentabilidad débil** ubicada en las veredas de los municipios Salazar, Pamplona, Cucutilla, Piedecuesta, Cácola, Pamplona y Labateca ubicados en el departamento de Norte de Santander mayoritariamente. **Sustentabilidad fuerte** 29% para veredas de los municipios en los departamentos de Santander; California, Vetas, Tona, Piedecuesta, Charta y Suratá y para Norte de Santander; Silos, Mutiscua, Cáchira, Salazar, Cucutilla, Pamplona, Villa Caro y Toledo. Mientras que con sustentabilidad media el 66% restante. Como se puede observar en el mapa 11.

Mapa 11

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio institucional para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método PAJ.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

7.2.4. Criterio Social

Para este criterio se seleccionó cuatro indicadores, donde se identificaron respectivamente, dos indicadores con **sustentabilidad fuerte**, población con acceso a salud (0.94) y Promedio de años de educación (1) y **Sustentabilidad débil**; tenencia de la unidad productiva (0.98) y población que no se considera pobre (0.92) como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20

Resultados por indicador para el criterio social por el método PAJ

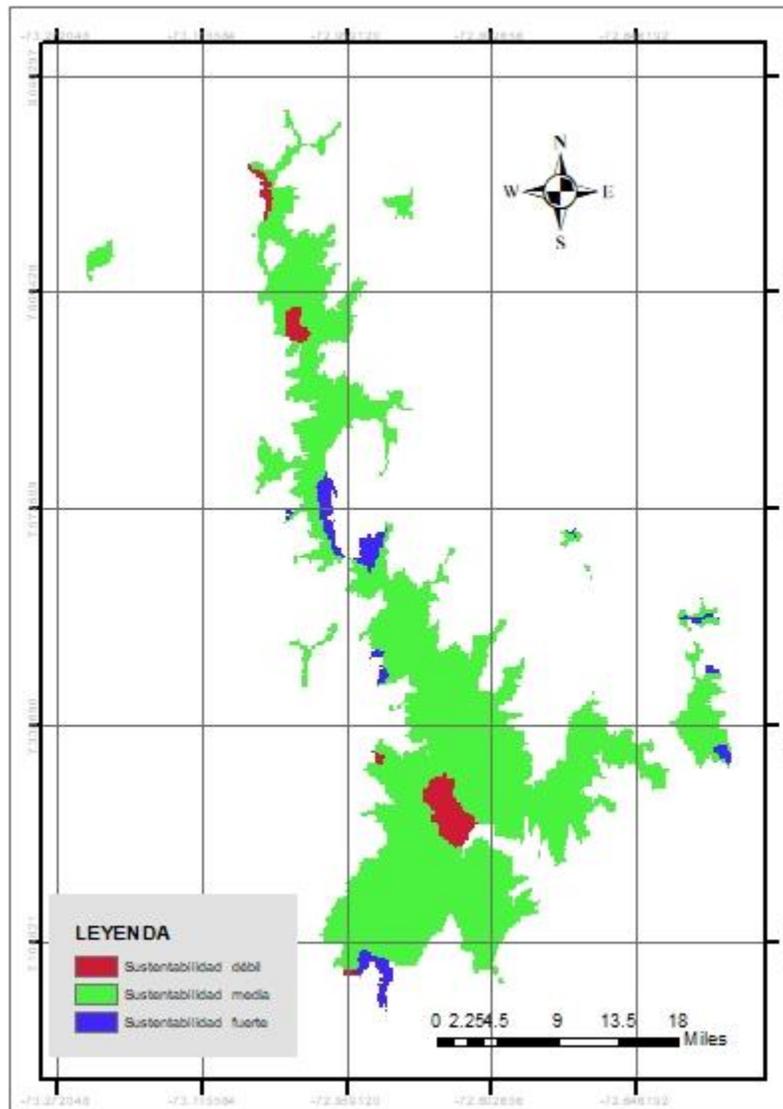
Identificador	Indicador	Pesos	Débil	Media	Fuerte
C4.1	Tenencia de la unidad productiva.	0.2	0.98	0.00	0.02
C4.2	Población que no se considera pobre.	0.17	0.92	0.07	0.01
C4.3	Promedio de años de educación.	0.23	0.00	0.00	1.00
C4.4	Población con acceso a salud.	0.4	0.04	0.02	0.94

Nota. Los porcentajes que se presentan en la tabla hacen referencia a los rásteres de salida para cada indicador, la tabla fue elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Los resultados presentados en la tabla 20 muestran que la mayoría de los indicadores del criterio *institucional* se ubican en la una Sustentabilidad débil y media. Producto de desarrollar el Modelo Jerárquico para el criterio *social* se encontró 4 % con **sustentabilidad fuerte** ubicada en veredas de los municipios de Arboledas, Suratá, Piedecuesta, Labateca y Toledo; 92% con **sustentabilidad media** y Sustentabilidad débil el 4% ubicada en veredas de los municipios de Ábrego, Cácosta, Vetas, Silos y Piedecuesta como se puede observar en el mapa 12.

Mapa 12

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el criterio Social para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por el método PAJ.



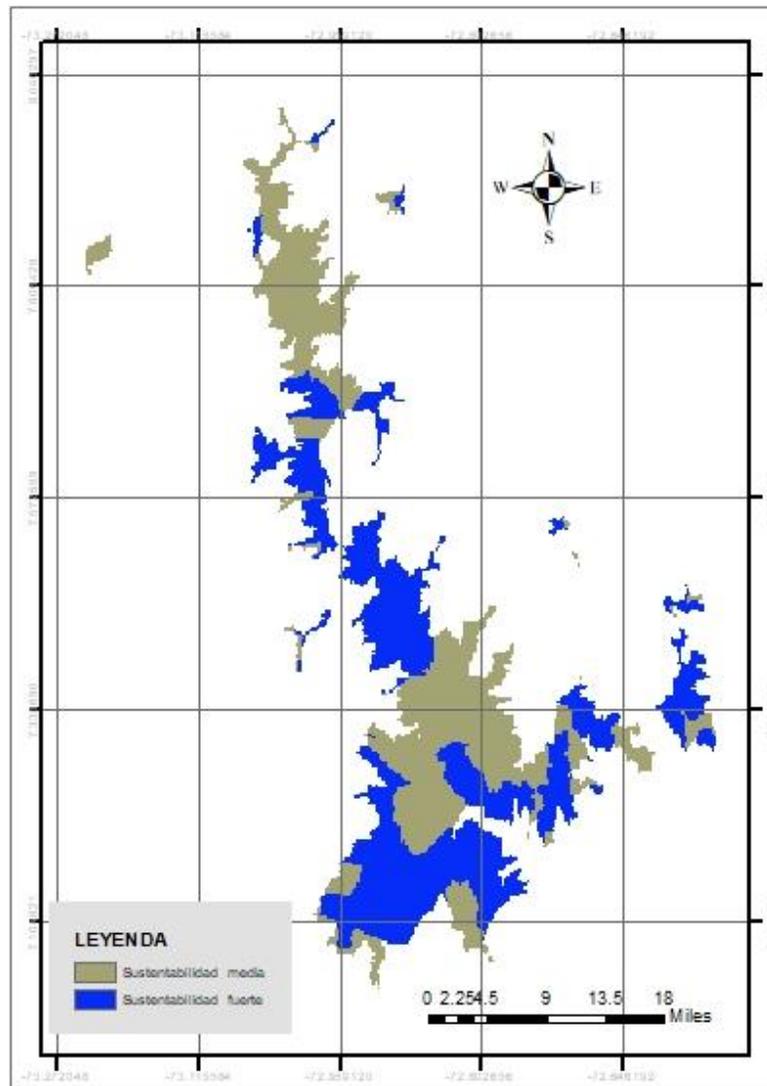
Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

1.13.5. AEMC por el método PAJ

Producto de desarrollar el modelo jerárquico para determinar la sustentabilidad productiva para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán, se encontró 52% con **sustentabilidad fuerte** en veredas de los municipios Villa Caro, Labateca, Pamplona, Vetas, Tona, Silos, Piedecuesta, Mutiscua, Cácosta, Chinácota, Bochalema; mientras que con **sustentabilidad media** presenta el 48% de las veredas de los municipios de Ábrego, Villa Caro, Gramalote, Lourdes, Cáchira, Salazar, Arboledas, Suratá, Cucutilla, California, Charta, Tona, Silos, Cácosta, Pamplona, Labateca y Toledo. Como se puede observar en el mapa 13.

Mapa 13

Análisis Espacial Multicriterio de Sustentabilidad para el Complejo de Alta montaña del Páramo de Santurbán por método PAJ.



Nota. Elaboración producto del trabajo de investigación con base en datos del CNA.

Conclusiones

Para la designación de evaluación de la sustentabilidad se determinaron cuatro criterios y treinta indicadores agrupados de la siguiente manera: once indicadores para el **criterio ambiental** (Uso de fertilizantes, uso de insecticidas, manejo de la alimentación animal, origen del agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias, conservación de fuentes naturales de agua, conservación de suelos, disminución de la biodiversidad nativa a causa de expansión de la frontera agropecuaria, transformación de las coberturas naturales a causa de la expansión de la frontera agropecuaria, eliminación de los desechos animales y vegetales producto de la actividad agropecuaria, eliminación de los desechos de plástico, vidrio, PVC producto de la actividad agropecuaria y uso de energía para el desarrollo de las actividades agropecuarias); diez indicadores para el **criterio económico** (En el último año ha tenido cabezas de ganado bovino, número de cabezas de ganado, sistema de riego para el desarrollo de su actividad agrícola, seguridad alimentaria, área del predio de la UPA, maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias, construcciones para el desarrollo de actividades agropecuarias, área total de la UPA producción agropecuaria, nivel de vida, respecto hace 5 años y área de pastos sembrados), cinco indicadores para el **criterio institucional** (Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias, participación de habitantes en Asociaciones, asistencia técnica y solicitud de créditos o financiación y aprovisionamiento de servicios) y cuatro indicadores para el **criterio social** (Tenencia de la unidad productiva, población que no se considera pobre, promedio de años de educación, población con acceso a salud).

La selección de los criterios estuvo determinada de acuerdo con la revisión de literatura sobre sustentabilidad y para la determinación de los indicadores estuvo limitado por la

disponibilidad de información espacial siendo vereda la unidad espacial más pequeña analizada, otros factores que limitaron el trabajo fue la información actualizada, datos evaluables y la representatividad para el mayor número de veredas.

El modelo espacial se basó en Análisis Espacial Multicriterio usando los métodos directo y PAJ para la asignación de pesos, con el primer método se le asignó igual peso a los criterios y a los indicadores que estaban dentro de cada criterio como se mostró en el apartado 5.1. mientras que para el método PAJ se desarrolló un taller de expertos con nueve expertos que calificaron cada criterio, factor e indicador lo que permitió asignar nuevos pesos de acuerdo con el cálculo de los vectores propios y validado por el cálculo de la consistencia como se mostró en el apartado 5.2.

Es importante recordar que el páramo de Santurbán tiene influencia en parte de los departamentos de Santander y Norte de Santander donde la actividad agropecuaria representa un 26% de la actividad económica para los municipios que tienen influencia en el área de Páramo y producto de desarrollar el modelo espacial o evaluación de sustentabilidad se encontró para el **método directo**; una sustentabilidad media del 96% y sustentabilidad fuerte del 4% mientras que por el **método PAJ** concluyo con una sustentabilidad media del 48% y una sustentabilidad fuerte del 52%.

Después de haber realizado el taller con expertos y definido los nuevos pesos para los criterios por el método PAJ, queda claro que el factor ambiental resulta un criterio clave para analizar, este peso asignado tiene mucha consonancia con el espacio analizado, un espacio de conservación; donde una actividad económica no puede poner en peligro el espacio de páramo por importante que esta se considere para el desarrollo económico de un país o un departamento. El páramo no solo es importante para el sector agropecuario, sino que también es importante en la

provisión de otros servicios ecosistémicos asociados a la provisión, regulación, soporte y servicios culturales.

Dado que las actividades de ganadería y agricultura se desarrollan dentro del espacio del Páramo, el AEMC vendría a señalar que el desarrollo de las actividades agropecuarias tendría una ventaja comparativa y competitiva respecto a otros espacios dedicados a la producción agropecuaria respecto a su sustentabilidad. Pero se debe hacer claridad que en la actualidad no existe unos límites para el desarrollo de estas actividades productiva y se hace necesario que las entidades que tienen influencia en el área del Páramo de Santurbán establezcan unos límites para el desarrollo de las actividades agropecuarias donde se contemplen categorías para el desarrollo de procesos productivos de bajo impacto y donde las estrategias estén direccionadas a potenciar, fortalecer la transición de cultivos con la incorporación de buenas prácticas agrícolas y el uso de tecnologías limpias.

Cabe agregar que el páramo de Santurbán es un ecosistema creador de vida y biodiversidad, desde la valoración ambiental este ecosistema provee de servicios ecosistémicos a estos dos departamentos; pero así como es un ecosistema productor también es un ecosistema bastante frágil, ello implica que cualquier tipo de actividad económica; ya sea minería, agricultura o pecuaria sí se desarrolló de una forma intensiva sobre éste espacio de conservación puede ocasionar unos daños ecosistémicos irreversibles y por tanto la pérdida de servicios ecosistémicos.

A manera de conclusión, respecto a la metodología después de analizar el funcionamiento de ambos métodos se puede concluir que método directo es más sencillo y rápido, pero no posee las herramientas para calificar la consistencia de sus ponderaciones. Después de concluida esta

investigación se recomienda el uso del método PAJ ya que presenta mayor robustez y seguridad al poder comprobar la coherencia de las calificaciones.

Finalmente, el uso de la metodología aplicada traída desde el campo de los Sistemas de Información Geográfica para realizar una evaluación de sustentabilidad para el Páramo de Santurbán tiene unas ventajas considerables en materia de adquisición de datos, almacenamiento, manejo y análisis, Además permite integrar la evaluación de los expertos. El uso de SIG basado en análisis multicriterio es una herramienta clave para la evaluación de la sustentabilidad productiva de los territorios.

Discusión

Primero se debe analizar el resultado del método PAJ para la asignación de los pesos para los criterios, donde para el criterio ambiental se le asignó un peso del 58%, al criterio social 22%, al criterio económico 10% y al criterio institucional 10%, una pregunta que podría surgir es de sí los expertos que hicieron parte de este trabajo están sesgados por la parte ambiental o la conservación. La razón de esta asignación no obedece a que los expertos se encuentren sesgados, sino a que las actividades ambientales dan el soporte a las demás actividades, es decir permite que allí se pueda dar la vida (criterio social), permite que se puedan desarrollar actividades económicas (criterio económico) y permita que allí puedan establecerse las instituciones (criterio institucional). Entonces esta valoración indica una razón de jerarquía del criterio ambiental sobre el social y del social sobre el económico y el institucional.

La evaluación de sustentabilidad concluye que las actividades agropecuarias presentan una ventaja competitiva y comparativa dentro del desarrollo de sus actividades agropecuarias a consecuencia del espacio geográfico donde éstas se dan. Pero dado que estas actividades se vienen desarrollando sin mayor control en el espacio de páramo es muy probable que en un futuro cercano se ponga en peligro la calidad ambiental y con ello la sustentabilidad productiva que con este trabajo se destaca para el Páramo de Santurbán.

La participación de expertos fue una herramienta metodológica que se planteó desde el principio para este trabajo de investigación dado por dos factores: la extensión del Páramo de Santurbán (veintinueve municipios y las doscientas dos veredas) y la limitación financiera que no permite realizar salidas de campo y talleres con participación comunitaria. Por tanto, su

experiencia de campo aportado por los expertos fue de alta importancia y nutrió bastante este proyecto.

Así una de las principales limitantes metodológicas viene a ser la misma área de influencia del proyecto de investigación dado que este proyecto comprende 29 municipios y 202 veredas y aunque no se desconoce que cada vereda y municipio tenga sus particularidades para el desarrollo de determinados procesos productivos. La incorporación del uso de los Sistemas de Información Geográfico permitió abordar de forma integral el páramo de Santurbán dentro de las limitaciones de información, temporalidad, y representatividad la totalidad del espacio geográfico además por esta razón se determinó importante trabajar con información primaria producto de Censo Nacional Agropecuario desarrollado del año 2014.

Profundizando un poco más en la información un proceso de investigación debe partir desde una fuente de información consistente que permita la determinación de indicadores espaciales por vereda; Es decir, para un análisis espacial multicriterio la definición de criterios y de información espacial son factores claves que no se pueden dejar para considerar al final de la investigación y por tanto fue en una de las principales limitaciones metodológicamente para este trabajo.

Respecto a los métodos para evaluar los pesos, el método directo es sencillo en su aplicación puede incluir un factor alto de subjetiva sobre el problema que se está analizando por tanto se hace necesario el trabajo con un grupo de expertos de diferentes áreas del conocimiento y sobre el territorio. Es importante aclarar que trabajar con expertos no garantiza de entrada la eliminación total de la subjetividad ya que estos procesos de incertidumbre harán parte de estos modelamientos.

Cabe aclarar que a la fecha de finalizada esta tesis de investigación no se tiene conocimiento sobre la nueva delimitación para el Páramo de Santurbán, lo que obligo a trabajar con la delimitación del 2014 como se aclaró en el apartado de planteamiento del problema de investigación.

Para ejercicios posteriores a este trabajo de investigación se debe construir una base de datos que complemente los criterios que para este trabajo de investigación no se pudieron abordar de acuerdo con las limitantes ya mencionadas como las dinámicas poblaciones, manejo de entidades territoriales, indicadores de productividad y planes de desarrollo.

Referencias

- Agricultura, O. de las N. U. para la A. y la. (2015). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La innovación en la agricultura familiar*. FAO Roma, Italia.
- Astier, M., Masera, O. R., & Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE Valencia.
- Banco Mundial. (s/f). *El agua en la agricultura* [Text/HTML]. World Bank. Recuperado el 30 de junio de 2020, de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
- Barbier, E. B. (1987). The concept of sustainable economic development. *Environmental conservation*, 14(2), 101–110.
- Bell, D. V., & Cheung, Y. A. (2009). *Introduction to Sustainable Development-Volume I*. EOLSS Publications.
- Bocero, S. L. (2002). *Cultivos protegidos y problemas ambientales: Un estudio de la horticultura marplatense en la década del noventa* [PhD Thesis]. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales; Universidad Nacional de Mar
- Borouhaki, S., & Malczewski, J. (2008). Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 34(4), 399–410.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for sustainable development: Theory, method, applications*. International Institute for Sustainable Development Winnipeg.
- Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future: From one earth to one world. *Oxford University Press, Nueva York*. (1997b), “Cooperativismo e Desenvolvimento Sustentable”, documento mimeo, presentado como conferencia de abertura del Congreso Internacional de

- Desarrollo Sustentable Cooperativo en los Países de la Cuenca Amazonica, realizado en Manaus del, 10, 115–43.*
- Carr, C. (2018). Sustainability. En *Salem Press Encyclopedia*. Salem Press.
- Chaves Agudelo, J. M. (2011). Análisis multicriterio de la sustentabilidad ambiental de los sistemas productivos agropecuarios presentes en la alta montaña del complejo Páramo de Guerrero/Environmental sustainability analysis of the agricultural and livestock productive systems: High mountain complex Paramo de Guerrero. *Instituto de Estudios Ambientales (IDEA)*.
- Cinelli, M., Coles, S. R., & Kirwan, K. (2014). Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. *Ecological indicators, 46*, 138–148.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2017). *Lineamientos de política y programa Nacional de pago por servicios ambientales para la construcción de paz* [CONPES]. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3886.pdf>
- Corte Constitucional. (2017). *Sentencia T –361/17*. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/t-361-17.htm>
- DANE. (2014). *Glosario- Tercer Censo Nacional Agropecuario 3er CNA*. http://andacna.dane.gov.co/index.php/catalog/669/related_materials
- Devine, G. J., Eza, D., Oigusuku, E., & Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública, 25(1)*, 74–100.

- Diaz Diaz, N. (2017). *El Extractivismo Minero En Colombia: El Caso Del Paramo De Santurben, Santander*. [Thesis]. Universidad Industrial de Santander, Escuela De Economia Y Administracion.
- Dixon, J., Gulliver, A., & Gibbon, D. (2001). Sistemas de producción agropecuaria y pobreza: Cómo mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante. *Malcolm Hall. FAO*.
- Esse, C., Valdivia, P., Encina-Montoya, F., Aguayo, C., Guerrero, M., & Figueroa, D. (2014). Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(3), 289–299.
- Fallas-Calderón, L. (1998). *Sistema de Indicadores sobre Desarrollo Sostenible (SIDES). Principales indicadores ambientales de Costa Rica*.
- FAO. (s/f-a). *Agricultura sostenible*. Recuperado el 1 de julio de 2020, de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>
- FAO. (s/f-b). *Agricultura sostenible Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>
- FAO. (s/f-c). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 30 de junio de 2020, de <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- FAO. (s/f-d). *Energía | Objetivos de Desarrollo Sostenible | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 30 de junio de 2020, de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/energy/es/>

- FAO. (s/f-e). *ODS 3. Salud y bienestar | Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 1 de julio de 2020, de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-3/es/>
- FAO. (s/f-f). *Servicios de suministro de insumos y equipos, y de comercialización de productos agrícolas*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <http://www.fao.org/3/y2006s/y2006s0d.htm>
- FAO. (2006). *Pastoreo sostenible*. Departamento de Agricultura, Bioseguridad, Nutrición y Protección del Consumidor Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/pdf/0603-2.pdf>
- FAO. (2017). *LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA*. <http://www.fao.org/3/a-i7454s.pdf>
- FAO. (2020, junio 23). *Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe | Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es/>
- FAO, L. F. (2014). En México; más de 60 años de cooperación 1945-2009. Consultado en http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreElPais/sector_agroalimentario.html el, 25.
- Gamboa, G., & Munda, G. (2007). The problem of windfarm location: A social multi-criteria evaluation framework. *Energy policy*, 35(3), 1564–1583.
- Gamboa, J. A. (s/f). *Prácticas sustentables en ganadería y cambio climático*. Recuperado el 30 de junio de 2020, de <https://centrosconacyt.mx/objeto/ganaderiaycc/>
- Garcés, J. (2015). *Aplicación de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica para el modelado de la capacidad de acogida para la localización de viviendas de mediana*

- densidad. Caso de estudio Cuenca del río Guadalajara (Valle del Cauca)*. Valle del Cauca, Colombia: Tesis pregrado Universidad del Valle.
- Garmendia, E., Gamboa, G., Franco, J., Garmendia, J. M., Liria, P., & Olazabal, M. (2010). Social multi-criteria evaluation as a decision support tool for integrated coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, 53(7), 385–403.
- Gomero, O., & Velásquez, A. (2010). *Manejo ecológico de suelos: Conceptos, experiencias y técnicas*.
- Guillermo. (2018, diciembre 12). América Latina riega apenas el 20% de su potencial. *Irrinews*. <http://irrinews.com/2018/12/12/america-latina-riega- apenas-el-20-de-su-potencial/>
- Kamali, F. P., Borges, J. A., Meuwissen, M. P., de Boer, I. J., & Lansink, A. G. O. (2017). Sustainability assessment of agricultural systems: The validity of expert opinion and robustness of a multi-criteria analysis. *Agricultural systems*, 157, 118–128.
- Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of business economics and management*, 11(2), 243–258.
- Klein, B., Meyer, R., Hannig, A., Burnet, J., & Fiebig, M. (2001). *Mejores practicas del financiamiento agricola*. FAO, Roma (Italia).
- Kobryń, A. (2017). Dematel as a Weighting Method in Multi-Criteria Decision Analysis. *Multiple Criteria Decision Making*, 12, 153–167.
- Krishna, I. M., Manickam, V., Shah, A., & Davergave, N. (2017). *Environmental management: Science and engineering for industry*. Butterworth-Heinemann.

- Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S. (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. *El marco de evaluación MESMIS. GIRA-Mundi-prensa, México.*
- Mesa, P., Ortega, J. M., & Berbel, J. (2008). Análisis multicriterio de preferencias sociales en gestión hídrica bajo la Directiva Marco del Agua. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 8(2), 105–126.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014a). *Resolución No. 2090* (Resolución Núm. 2090; p. 14). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014b). *Resolucion 2090* (Resolución Núm. 2090).
https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2016/03/res_2090_2014-santurban.pdf
- Motesharrei, S., Rivas, J., & Kalnay, E. (2014). Human and nature dynamics (HANDY): Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies. *Ecological Economics*, 101, 90–102.
- Munda, G. (1995). Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment: The Naiade Method. En *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment* (pp. 131–148). Springer.
- Németh, B., Molnár, A., Bozóki, S., Wijaya, K., Inotai, A., Campbell, J. D., & Kaló, Z. (2019a). Comparison of weighting methods used in multicriteria decision analysis frameworks in healthcare with focus on low-and middle-income countries. *Journal of comparative effectiveness research*, 8(4), 195–204.
- Németh, B., Molnár, A., Bozóki, S., Wijaya, K., Inotai, A., Campbell, J. D., & Kaló, Z. (2019b). Comparison of weighting methods used in multicriteria decision analysis frameworks in

- healthcare with focus on low-and middle-income countries. *Journal of comparative effectiveness research*, 8(4), 195–204.
- Odu, G. O. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), 1449–1457.
- Pérez-Escobar, O. A., Cámara-Leret, R., Antonelli, A., Bateman, R., Bellot, S., Chomicki, G., Cleef, A., Diazgranados, M., Dodsworth, S., & Jaramillo, C. (2018). Mining threatens Colombian ecosystems. *Science*.
- Porrás, I., Aylward, B., & Dengel, J. (2013). *Monitoring payments for watershed services schemes in developing countries*. International Institute for Environment and Development.
- Prieto, F., & Andrés, C. (2011). Desarrollo de un modelo basado en análisis espacial multicriterio para la determinación de unidades de ordenación forestal. Caso departamento del Casanare. *Facultad de Agronomía*.
- Programa de las Naciones Unidas para el, & Desarrollo -PNUD. (2018). *ODS en Colombia: Los retos para 2030*.
- Riascos Arbeláez, E. M. (2010). *El análisis multicriterio en la gestión de la Biodiversidad* [PhD Thesis]. Universidad Nacional de Colombia.
- Robinson, J., & Tinker, J. (1997). Reconciling ecological, economic and social imperatives: A new conceptual framework. En *Surviving Globalism* (pp. 71–94). Springer.
- Romero, J. A. G., Flores, R. S., & Román, S. G. (2019). Determinación de las Ponderaciones de los Criterios de Sustentabilidad Hidroeléctrica mediante la Combinación de los Métodos AHP y GP Extendida. *Ingeniería*, 24(2).

- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9–26.
- Saaty, T. L. (1997). *Toma de decisiones para líderes: El Proceso Analítico Jerárquico: La Toma de Decisiones en un mundo complejo*. RWS.
- Sala, S., Ciuffo, B., & Nijkamp, P. (2015). A systemic framework for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 119, 314–325.
- Salcedo, S., & Guzmán, L. (2014). Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política. *Santiago: FAO*.
- Talukder, B., Hipel, K. W., & vanLoon, G. W. (2018). Using multi-criteria decision analysis for assessing sustainability of agricultural systems. *Sustainable Development*, 26(6), 781–799.
- United Nations Division on Sustainable Development (UNSD). (2001). *Indicators of Sustainable Development*. <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isd.htm/>
- Waas, T., Hugé, J., Block, T., Wright, T., Benitez-Capistros, F., & Verbruggen, A. (2014). Sustainability assessment and indicators: Tools in a decision-making strategy for sustainable development. *Sustainability*, 6(9), 5512–5534.
- Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(1), 99–108.

Apéndice A. Contribución de actividades económica para el Páramo de Santurbán, por departamentos y para el distrito minero (Vetas, California y Suratá).

Tabla 21

Contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán

Actividades económicas	Año	Contribución	Promedio
Actividades de servicios sociales y personales	2011	18.84	19.33
	2012	20.18	
	2013	20.55	
	2014	18.53	
	2015	18.57	
Agricultura. ganadería. caza. silvicultura y pesca	2011	25.73	25.85
	2012	22.82	
	2013	23.25	
	2014	27.97	
	2015	29.48	
Comercio. reparación. restaurantes y hoteles	2011	12.18	11.16
	2012	12.14	
	2013	11.87	
	2014	9.97	
	2015	9.66	
Construcción	2011	10.18	12.23
	2012	10.31	
	2013	13.37	
	2014	14.06	
	2015	13.25	
Establecimientos financieros. seguros y otros servicios	2011	10.93	11.27
	2012	12.21	
	2013	11.12	
	2014	11.14	
	2015	10.97	
Explotación de minas y canteras	2011	3.22	2.79
	2012	3.35	
	2013	2.36	
	2014	2.67	
	2015	2.35	

Nota. Terridata, tabla elaboración propia.

Tabla 22

Contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán por departamento.

Actividades económicas	Años	Norte de Santander	Santander
Actividades de servicios sociales y personales	2011	19.34	17.84
	2012	21.86	16.82
	2013	22.24	17.18
	2014	20.51	14.58
	2015	21.01	13.68
Agricultura. ganadería. caza. silvicultura y pesca	2011	32.04	13.12
	2012	28.17	12.12
	2013	28.63	12.49
	2014	31.22	21.46
	2015	33.14	22.16
Comercio. reparación. restaurantes y hoteles	2011	11.50	13.53
	2012	11.83	12.76
	2013	11.61	12.38
	2014	10.09	9.74
	2015	10.06	8.84
Construcción	2011	8.38	13.79
	2012	7.04	16.86
	2013	10.98	18.15
	2014	11.59	19.00
	2015	10.67	18.40
Establecimientos financieros. seguros y otros servicios	2011	7.24	18.33
	2012	8.44	19.75
	2013	8.33	16.70
	2014	9.89	13.64
	2015	9.47	13.97
Explotación de minas y canteras	2011	3.52	2.62
	2012	4.11	1.84
	2013	2.57	1.94
	2014	2.87	2.29
	2015	2.80	1.45

Nota. Terridata, tabla elaboración propia.

Tabla 23

Contribución de las actividades económicas a los municipios que hacen parte del Páramo de Santurbán por departamento.

Actividades económicas	Año	California	Suratá	Vetas	Promedio
Actividades de servicios sociales y personales	2011	19.76	17.01	18.22	17.54
	2012	19.35	15.98	17.44	
	2013	17.13	18.58	19.18	
	2014	16.00	19.96	16.60	
	2015	15.24	17.14	15.58	
Agricultura. ganadería. caza. silvicultura y pesca	2011	0.44	9.82	0.44	4.71
	2012	1.10	9.82	2.48	
	2013	1.00	10.72	1.08	
	2014	3.10	7.04	5.81	
	2015	4.24	8.33	5.25	
Comercio. reparación. restaurantes y hoteles	2011	22.85	9.50	16.11	14.51
	2012	21.44	8.80	15.87	
	2013	19.49	9.46	16.55	
	2014	17.33	9.57	13.73	
	2015	15.25	8.55	13.13	
Construcción	2011	13.30	14.07	12.00	16.69
	2012	16.74	17.06	15.35	
	2013	17.29	18.38	17.18	
	2014	17.38	19.19	18.09	
	2015	18.50	18.53	17.30	
Establecimientos financieros. seguros y otros servicios	2011	17.86	31.60	17.86	19.97
	2012	18.99	30.71	17.62	
	2013	17.03	21.91	16.62	
	2014	15.03	20.21	17.34	
	2015	21.28	20.29	15.13	
Explotación de minas y canteras	2011	6.06	0.61	15.24	5.13
	2012	2.54	0.66	10.61	
	2013	6.63	0.70	7.19	
	2014	10.29	0.74	6.64	
	2015	0.97	0.77	7.37	

Nota. Terridata, tabla elaboración propia.

Apéndice B. Equipo de expertos evaluación de la sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán.

Tabla 24

Equipo de expertos evaluación de la sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán por el método PAJ.

NOMBRE	ENTIDAD	FORMACIÓN	PERFIL
Sergio Iván Niño Hernández	CORPONOR	Ingeniero Forestal	Profesional especializado en la subdirección de recursos naturales Coordinación del grupo encargado de la gestión de áreas protegidas y páramos delimitados de Norte de Santander.
Sonia Adames	FUNZIZUA	Ing. Eps. Sonia Adame Erazo	Representante Legal FUNDACIÓN ZIZUA
Yaine Gil	Secretaría de Vivienda y Medio Ambiente	Ingeniera Ambiental	Contratista de la Secretaría de Vivienda y Medio Ambiente de la Gobernación de Norte de Santander
Julián Pico Lorota	Funcionario e investigador independiente.	Economista - Investigador	Investigador independiente
Yeni Mariño	Ambientalista y estudiante de economista	Estudiante de último semestre en economía	Ambientalista en Defensa del Páramo de Santurbán.
Mónica Molsalve	CAS		Profesional de la CAS adscrita a la Subdirección de Oferta de los RNR,, Educación ambiental y Participación ciudadana.
Ricardo Villalba	CDMB	Administrador ambiental	Administrador ambiental de los recursos naturales, actualmente se desempeña como profesional en la Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio de la CDMB
Rafael Alberto Peña	CDMB	Administrador ambiental	Actualmente se desempeña como profesional en la Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio de la CDMB
Laura Ginneth Velasco Ariz	CDMB	Trabajadora Social	Trabajadora Social de la Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Ambiente y Desarrollo Local de la Universidad Distrital y estudiante de Maestría en Gestión y Política Pública en la Universidad Industrial de Santander

Nota: Producto del proyecto de investigación

Apéndice C. Matriz de evaluación de criterios, factores e indicadores para evaluar la sustentabilidad de las actividades productivas agropecuarias para el Páramo de Santurbán.

Tabla 25

Método por pares para evaluar los criterios – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán.

Criterios	Extrema	Muy Fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	
Económico								
Económico								
Económico								
Social								
Social								
Ambiental								

Nota: Producto del proyecto de investigación, este material fue utilizado para capturar la opinión de los expertos que hicieron parte del taller.

Tabla 26

Método por pares para evaluar los factores para el criterio económico – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán

Criterios	Extrema	Muy Fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Extrema
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9
Ingreso									
Ingreso									
Tecnología									

Nota: Producto del proyecto de investigación, este material fue utilizado para capturar la opinión de los expertos que hicieron parte del taller.

Tabla 27

Método por pares para evaluar los factores para el criterio Ambiental – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán

Criterios	Extrema	Muy Fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Extrema
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1
Manejo agropecuario									
Manejo agropecuario									
Manejo agropecuario									
Manejo agropecuario									
Desarrollo de actividades agropecuarias									
Desarrollo de actividades agropecuarias									
Desarrollo de actividades agropecuarias									
Conservación									
Conservación									
Intervención sobre el ecosistema									

Nota: Producto del proyecto de investigación, este material fue utilizado para capturar la opinión de los expertos que hicieron parte del taller.

Tabla 28

Método por pares para evaluar los factores para el criterio Institucional – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán

Criterios	Extrema	Muy Fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	E
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	
Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.									
Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.									
Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.									
Organizado para el desarrollo de actividades agropecuarias.									
Participación de habitantes en Asociaciones.									
Participación de habitantes en Asociaciones.									
Participación de habitantes en Asociaciones.									
Asistencia técnica.									
Asistencia técnica.									
Solicitud de créditos o financiación.									

Nota: Producto del proyecto de investigación, este material fue utilizado para capturar la opinión de los expertos que hicieron parte del taller.

Tabla 29

Método por pares para evaluar los factores para el criterio Social – evaluación de sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán

Criterios	Extrema	Muy Fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7
Tenencia de la unidad productiva.								
Tenencia de la unidad productiva.								
Tenencia de la unidad productiva.								
Población que no se considera pobre.								
Población que no se considera pobre.								
Promedio de años de educación.								

Nota: Producto del proyecto de investigación, este material fue utilizado para capturar la opinión de los expertos que hicieron parte del taller.

Apéndice D. Ponderaciones finales evaluación de sustentabilidad para el Páramo de Santurbán por el método PAJ

Tabla 30

Ponderaciones por criterios

Expertos	Económico	Social	Ambiental	Institucional	Consistencia
Experto 5	0.06	0.17	0.68	0.10	0.1
Experto 7	0.09	0.47	0.36	0.09	0.1
Experto 9	0.16	0.11	0.64	0.09	0.06
Media geométrica	0.09	0.20	0.54	0.09	0.93
Ponderaciones finales	0.10	0.22	0.58	0.10	

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 31

Ponderaciones para el criterio económico

Expertos	Ingreso	Tecnología	Condición económica	Consistencia
Experto 6	0.19	0.73	0.08	0.09
Experto 7	0.10	0.26	0.64	0.04
Experto 8	0.45	0.09	0.45	0.00
Experto 9	0.32	0.46	0.22	0.1
Media geométrica	0.23	0.30	0.27	0.80
Ponderaciones finales	0.29	0.37	0.34	

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 32

Ponderaciones para el criterio ambiental

Expertos	Manejo agropecuario	Desarrollo de actividades agropecuarias	Conservación	Intervención sobre el ecosistema	Manejo de desechos	Consistencia
Experto 2	0.08	0.17	0.59	0.05	0.11	0.1
Experto 3	0.10	0.09	0.39	0.38	0.04	0.04
Experto 7	0.12	0.10	0.48	0.07	0.22	0.09
Experto 8	0.05	0.12	0.17	0.61	0.06	0.1
Experto 9	0.09	0.15	0.58	0.04	0.14	0.1
Media geométrica	0.08	0.12	0.40	0.13	0.10	0.83
Ponderaciones finales	0.10	0.15	0.49	0.15	0.11	

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 33

Ponderaciones para el criterio Institucional

Expertos	Organizado	Participación asociaciones	Asistencia técnica	Solicitud de créditos	Aprovisionamiento de servicios	Consistencia
Experto 4	0.04	0.05	0.11	0.59	0.21	0.1
Experto 7	0.22	0.16	0.41	0.07	0.14	0.07
Experto 8	0.05	0.13	0.14	0.09	0.59	0.09
Experto 9	0.23	0.10	0.39	0.14	0.15	0.1
Media geométrica	0.10	0.10	0.22	0.15	0.23	0.80
Ponderaciones finales	0.12	0.12	0.28	0.19	0.29	

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 34.

Ponderaciones para el criterio Social

Expertos	Tenencia	Considera no pobre	Promedio de años	Salud	Consistencia
Experto 2	0.06	0.31	0.31	0.31	0.00
Experto 5	0.08	0.30	0.15	0.47	0.1
Experto 6	0.69	0.05	0.09	0.16	0.10
Experto 9	0.19	0.08	0.30	0.43	0.1
Media geométrica	0.16	0.14	0.19	0.32	0.81
Ponderaciones finales	0.20	0.17	0.23	0.40	

Fuente: Producto de la investigación

Apéndice E. Matriz de calificación por pares por criterios de evaluación de sustentabilidad para el Páramo de Santurbán por el método PAJ para los expertos con calificación consistente.

Tabla 35

Experto 5 - criterios

Criterios	Económico	Social	Ambiental	Institucional
económico	1.00	0.33	0.14	0.33
Social	3.00	1.00	0.14	3.00
Ambiental	7.00	7.00	1.00	7.00
Institucional	3.00	0.33	0.14	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 36

Experto 7 - criterios

Criterios	Económico	Social	Ambiental	Institucional
económico	1.00	0.33	0.14	1.00
Social	3.00	1.00	3.00	3.00
Ambiental	7.00	0.33	1.00	5.00
Institucional	1.00	0.33	0.20	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 37

Experto 9 - criterios

Criterios	Económico	Social	Ambiental	Institucional
económico	1.00	1.00	0.20	3.00
Social	1.00	1.00	0.14	1.00
Ambiental	5.00	7.00	1.00	5.00
Institucional	0.33	1.00	0.20	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Apéndice F. Matriz de calificación por pares para el criterio económico evaluación de sustentabilidad por el método PAJ para el Páramo de Santurbán.

Tabla 38

Experto 6 – criterio económico

Criterios	Ingreso	tecnología	Cond. económica
Ingreso	1.00	0.20	3.00
tecnología	5.00	1.00	7.00
Cond. económica	0.33	0.14	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 39

Experto 7 – criterio económico

Criterios	Ingreso	tecnología	Cond. económica
Ingreso	1.00	0.33	0.20
tecnología	3.00	1.00	0.33
Cond. económica	5.00	3.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 40

Experto 8 – criterio económico

Criterios	Ingreso	tecnología	Cond. económica
Ingreso	1.00	5.00	1.00
tecnología	0.20	1.00	0.20
Cond. económica	1.00	5.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 41

Experto 9 – criterio económico

Criterios	Ingreso	tecnología	Cond. económica
Ingreso	1.00	1.00	1.00
tecnología	1.00	1.00	3.00
Cond. económica	1.00	0.33	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Apéndice G. Matriz de calificación por pares para el criterio ambiental evaluación de sustentabilidad por el método PAJ para el Páramo de Santurbán.

Tabla 42

Experto 2 – criterio ambiental

Criterios	Manejo agropecuario	Desarrollo de actividades agropecuarias	Conservación	Intervención sobre el ecosistema	Manejo de desechos
Manejo agropecuario	1.00	0.20	0.14	3.00	1.00
Desarrollo de actividades agropecuarias	5.00	1.00	0.14	3.00	1.00
Conservación	7.00	7.00	1.00	7.00	5.00
Intervención sobre el ecosistema	0.33	0.33	0.14	1.00	0.33
Manejo de desechos	1.00	1.00	0.20	3.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 43

Experto 3 – criterio ambiental

Criterios	Manejo agropecuario	Desarrollo de actividades agropecuarias	Conservación	Intervención sobre el ecosistema	Manejo de desechos
Manejo agropecuario	1.00	1.00	0.20	0.20	5.00
Desarrollo de actividades agropecuarias	1.00	1.00	0.20	0.20	3.00
Conservación	5.00	5.00	1.00	1.00	9.00
Intervención sobre el ecosistema	5.00	5.00	1.00	1.00	7.00
Manejo de desechos	0.20	0.33	0.11	0.14	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 44

Experto 7 – criterio ambiental

Criterios	Manejo agropecuario	Desarrollo de actividades agropecuarias	Conservación	Intervención sobre el ecosistema	Manejo de desechos
Manejo agropecuario	1.00	1.00	0.33	3.00	0.33
Desarrollo de actividades agropecuarias	1.00	1.00	0.33	1.00	0.33
Conservación	3.00	3.00	1.00	5.00	5.00
Intervención sobre el ecosistema	0.33	1.00	0.20	1.00	0.33
Manejo de desechos	3.00	3.00	0.20	3.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 45

Experto 8 – criterio ambiental

Criterios	Manejo agropecuario	Desarrollo de actividades agropecuarias	Conservación	Intervención sobre el ecosistema	Manejo de desechos
Manejo agropecuario	1.00	0.20	0.20	0.14	1.00
Desarrollo de actividades agropecuarias	5.00	1.00	1.00	0.14	1.00
Conservación	5.00	1.00	1.00	0.14	5.00
Intervención sobre el ecosistema	7.00	7.00	7.00	1.00	7.00
Manejo de desechos	1.00	1.00	0.20	0.14	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 46

Experto 9 – criterio ambiental

Criterios	Manejo agropecuario	Desarrollo de actividades agropecuarias	Conservación	Intervención sobre el ecosistema	Manejo de desechos
Manejo agropecuario	1.00	1.00	0.14	3.00	0.33

Desarrollo de actividades agropecuarias	1.00	1.00	0.14	3.00	3.00
Conservación	7.00	7.00	1.00	7.00	5.00
Intervención sobre el ecosistema	0.33	0.33	0.14	1.00	0.20
Manejo de desechos	3.00	0.33	0.20	5.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Apéndice H. Matriz de calificación por pares para el criterio institucional evaluación de sustentabilidad por el método PAJ para el Páramo de Santurbán

Tabla 47

Experto 4 – criterio institucional

Criterios	Organizado	Participación asociaciones	Asistencia técnica	Solicitud de créditos	Aprovisionamiento de servicios
Organizado	1.00	1.00	0.33	0.14	0.14
Participación asociaciones	1.00	1.00	0.20	0.20	0.20
Asistencia técnica	3.00	5.00	1.00	0.14	0.33
Solicitud de créditos	7.00	5.00	7.00	1.00	7.00
Aprovisionamiento de servicios	7.00	5.00	3.00	0.14	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 48

Experto 7 – criterio institucional

Criterios	Organizado	Participación asociaciones	Asistencia técnica	Solicitud de créditos	Aprovisionamiento de servicios
Organizado	1.00	1.00	0.33	3.00	3.00
Participación asociaciones	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00
Asistencia técnica	3.00	3.00	1.00	3.00	3.00
Solicitud de créditos	0.33	0.33	0.33	1.00	0.33
Aprovisionamiento de servicios	0.33	1.00	0.33	3.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 49

Experto 8 – criterio institucional

Criterios	Organizado	Participación asociaciones	Asistencia técnica	Solicitud de créditos	Aprovisionamiento de servicios
Organizado	1.00	0.20	0.20	1.00	0.14
Participación asociaciones	5.00	1.00	1.00	1.00	0.14
Asistencia técnica	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20
Solicitud de créditos	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14
Aprovisionamiento de servicios	7.00	7.00	5.00	7.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 50

Experto 9 – criterio institucional

Criterios	Organizado	Participación asociaciones	Asistencia técnica	Solicitud de créditos	Aprovisionamiento de servicios
Organizado	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00
Participación asociaciones	0.33	1.00	0.20	1.00	1.00
Asistencia técnica	3.00	5.00	1.00	3.00	1.00
Solicitud de créditos	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00
Aprovisionamiento de servicios	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Apéndice I. Matriz de calificación por pares para el criterio social evaluación de sustentabilidad por el método PAJ

Tabla 51

Experto 2 – criterio social

Criterios	Tenencia	Considera pobre	Promedio de años	Salud
Tenencia	1.00	0.20	0.20	0.20
Considera pobre	5.00	1.00	1.00	1.00
Promedio de años	5.00	1.00	1.00	1.00
Salud	5.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 52

Experto 5 – criterio social

Criterios	Tenencia	Considera pobre	Promedio de años	Salud
Tenencia	1.00	0.20	0.33	0.33
Considera pobre	5.00	1.00	3.00	0.33
Promedio de años	3.00	0.33	1.00	0.33
Salud	3.00	3.00	3.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 53

Experto 6 – criterio social

Criterios	Tenencia	Considera pobre	Promedio de años	Salud
Tenencia	1.00	9.00	7.00	7.00
Considera pobre	0.11	1.00	0.33	0.33
Promedio de años	0.14	3.00	1.00	0.33
Salud	0.14	3.00	3.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación

Tabla 54

Experto 9 – criterio social

Criterios	Tenencia	Considera pobre	Promedio de años	Salud
Tenencia	1.00	3.00	1.00	0.20
Considera pobre	0.33	1.00	0.20	0.33
Promedio de años	1.00	5.00	1.00	1.00
Salud	5.00	3.00	1.00	1.00

Fuente: Producto de la investigación