

**APROXIMACIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS PARA EVALUAR PARCIAL E
INTEGRALMENTE LAS TRANSFORMACIONES AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE
GUERRERO**

PAULO CESAR RODRÍGUEZ ROMERO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES**

2010

APROXIMACIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS PARA EVALUAR PARCIAL E INTEGRALMENTE LAS TRANSFORMACIONES AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE GUERRERO

PAULO CESAR RODRÍGUEZ ROMERO

**Trabajo de grado para optar al título de Magíster
En Medio Ambiente y Desarrollo**

Dirigido por:

**NOHRA LEÓN RODRÍGUEZ, MSc, Dr.
Profesor Asociado**

Codirigido por:

BEATRIZ ALZATE ATEHORTUA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES
2010**

APROXIMACIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS PARA EVALUAR PARCIAL E INTEGRALMENTE LAS TRANSFORMACIONES AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE GUERRERO

THEORIC AND METHODOLOGICAL APPROXIMATION TO ASSESS PARTIAL AND INTEGRATED THE ENVIROMENTAL TRANSFORMATIONS IN PÀRAMO OF GUERRERO

Resumen:

Los páramos son ecosistemas frágiles que cumplen una función importante como reguladores de flujos hídricos, aparte de otros servicios ecosistémicos que lo hacen relevante para su conservación. Las dinámicas de los procesos de apropiación y uso del territorio del Páramo de Guerrero para la producción de papa y pastos, han ocasionado transformaciones negativas en las estructuras ecológicas y sociales que lo conforman. Este deterioro condujo a un detrimento en el capital natural que no ha sido valorado en la medida que permita tomar medidas correctivas en el manejo del ecosistema. En consecuencia, el presente estudio generó una propuesta de evaluación integral de las transformaciones a través de la estimación de los valores crematísticos, socioculturales y ecológicos de algunos bienes y servicios que ofrece el Páramo de Guerrero, para lo cual se parte de analizar las teorías de valor de los recursos naturales. El valor económico se calculó a partir de la Disponibilidad a Pagar por un m³ de agua. Para la valoración biofísica se trabajaron: el indicador de Agua Virtual del cultivo de la papa, el análisis del balance energético del cultivo de papa y la dinámica de las coberturas vegetales y del uso del suelo entre 1940 y 2007. El valor social de los recursos del páramo se interpretó a partir de las preferencias grupales de la comunidad. Se puede afirmar que el pobre desarrollo rural y la inequidad social en el acceso a los recursos y las riquezas en el Páramo de Guerrero, no justifican su transformación ecosistémica.

Abstract:

The *Páramo* is a fragile ecosystem that carry out a relevant task as regulators of hydrological flows, besides other ecosystemic services that make them important for their conservation. The dynamics of the appropriation processes and the use of the *Páramo* of Guerrero territory for potatoes and pasture production have caused negative transformations in the formed ecological and social structures. That worsening led a detriment in the natural resources that has not assessed in the way to let take corrective decisions in the ecosystem management. In consequence of that, this study generated an integrated assessment proposal of the transformations through the estimation of the monetary, sociocultural and ecological values of some products and services that offers the *Páramo of Guerrero* in fact to start analyzing the values theories of natural resources. The economical value was calculated based on the availability to pay per m³ of water. For the biophysics assessment was worked: the virtual water indicator of the potato growing, the analysis of the energy balance and the vegetal coating dynamic and the use of the soil between 1940 and 2007. The resources social value of the *Páramo* was interpreted from the group priority of the community. It's stated that the poor development and the social iniquity in the access to the resources and wealth in the *Páramo of Guerrero* do not justify its ecosystemic transformation.

Palabras clave: Economía Ecológica; Páramo; Valoración ecológica y socioeconómica.

Keywords: Ecological Economics; Páramo ecosystem; Ecological and socio-economic valuation.

Autor: PAULO CESAR RODRÍGUEZ ROMERO.

Nota de aceptación

NOHRA LEÓN RODRÍGUEZ
Directora

BEATRIZ ELENA ALZATE ATEHORTÚA
Co-directora

LUIS JAIR GÓMEZ GIRALDO
Jurado

LUIS GUILLERMO BRIGITTE BAPTISTE
Jurado

JESÚS ORLANDO VARGAS RÍOS
Jurado

A ti Dios por aclarar continuamente mi vocación, por permitirme realizar mis sueños y por darme un proyecto de vida junto a mi esposa.

A mis hermosos padres, ejemplo de responsabilidad y de trabajo, por apoyarme en mis emprendimientos y mis sueños.

A ti Paola, por ser el mejor de mis sueños hecho realidad.

AGRADECIMIENTOS

- A todos y cada una de las personas que integran el grupo de Investigación en Desarrollo Territorial Sostenible por los momentos académicos y de amistad que compartimos.
- A las profesoras Nohra León y Beatriz Alzate por sus aportes y su gran apoyo durante todo el proceso de investigación.
- A la División de Investigación de la Universidad nacional de Colombia de la sede Bogotá, por apoyarme en el financiamiento de la investigación.
- Al Grupo de Investigación en Gestión de Empresas Pecuarias de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia y en especial a mi amigo Alexander por el trabajo en equipo realizado.
- A los profesores, estudiantes y personal administrativo del Instituto de Estudios Ambientales con quien compartí espacios de construcción académica y con algunos, con quienes construí verdaderos lazos de amistad.
- Al profesor Walter Pengue de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica por su asesoría y comentarios positivos de la investigación.
- A las instituciones y funcionarios cercanos al Páramo de Guerrero, que dispusieron su tiempo e información para enriquecer el estudio, especialmente a aquellos que trabajan por la conservación y el buen manejo de los recursos de este ecosistema.
- A la comunidad que habita el Páramo de Guerrero, que abrió sus puertas desinteresadamente para brindarnos sus conocimientos y a quienes deseo prosperidad en sus actividades.
- A todos mis familiares y amigos, que durante este periodo de formación me dieron sus palabras de ánimo, me motivaron a seguir adelante y reconocieron mi esfuerzo, muchas gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
1 EL CONTEXTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
2 EL CONCEPTO DE VALOR DE LAS COSAS MATERIALES.....	15
2.1 Teorías económicas del valor.....	17
2.1.1 Teorías de valor objetivas.....	17
2.1.2 Teorías de valor subjetivas.....	20
2.2 Teorías del valor de los recursos naturales	22
2.2.1 El valor de los recursos naturales y de las externalidades del mercado	23
2.2.2 El valor biofísico de los recursos naturales	26
2.2.3 El valor socio-cultural de los recursos naturales.....	30
3 APROXIMACIONES METODOLÓGICAS PARA LA VALORACIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES	33
3.1 La visión integral y compleja en la valoración de los recursos naturales.....	33
3.2 Estructura metodológica para valorar integralmente los recursos naturales.	34
3.3 La Evaluación Multicriterio - EMC: agregación de los valores de los recursos naturales	35
3.3.1 Procedimiento para la construcción del modelo de evaluación integral.....	36
3.3.1.1 Requisitos del modelo.....	37
3.3.1.2 Agregación de la información.....	38
4 LAS TRANSFORMACIONES AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE GUERRERO.....	40
4.1 Contexto institucional de las transformaciones ambientales	41
4.1.1 Actores involucrados.....	41
4.1.2 Políticas ambientales y agropecuarias en conflicto.....	43
4.2 Contexto biofísico de las transformaciones ambientales.....	44
4.2.1 Geomorfología.....	44
4.2.2 Recurso edáfico.....	45
4.2.3 Recursos hídricos.....	45
4.2.4 Recursos biodiversos	46
4.3 Contexto socio-cultural de las transformaciones ambientales	47
4.3.1 Dinámica poblacional: el páramo urbanizado	48
4.3.2 Calidad de vida de la población.....	49
4.4 Contexto sectorial agropecuario de las transformaciones ambientales	50
4.4.1 Importancia del crecimiento económico.....	51
4.4.2 Estructura de la propiedad rural.....	52
4.4.3 Caracterización de los sistemas de producción	54
4.4.3.1 Características de los sistemas de producción de papa	56
4.4.3.2 Caracterización de los sistemas de producción bovina.....	57
4.5 Representación ambiental del Páramo de Guerrero	61

5 ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS TRANSFORMACIONES AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE GUERRERO	64
5.1 Descripción de algunos criterios de evaluación y de sus valoraciones parciales	65
5.1.1 Transformación de las coberturas vegetales	65
5.1.2 Balance hídrico: agua virtual	69
5.1.3 Percepción cultural de los recursos naturales.....	72
5.1.4 Valoración del acceso a la propiedad	74
5.1.5 Valor comercial del agua.....	77
5.1.6 Avalúos catastrales.....	80
5.1.7 Valor energético de la producción agropecuaria.....	81
5.2 Consideraciones finales.....	85
CONCLUSIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXO 1. Representaciones gráficas de la teoría del valor subjetiva.....	96
ANEXO 2. Funciones, bienes y servicios de los ecosistemas	97
ANEXO 3. Funciones de membresía	98
ANEXO 4. Relación de actores en la dinámica ambiental del Páramo de Guerrero.....	99
ANEXO 5. Estructura de la propiedad rural en el Páramo de Guerrero	101
ANEXO 6. Metodología para la caracterización de los sistemas de producción de ganadería bovina en el Páramo de Guerrero	103
ANEXO 7. Criterios seleccionados para la evaluación de las transformaciones del Páramo de Guerrero	109
ANEXO 8. Coberturas vegetales del Páramo de Guerrero 1940-2007.....	113
ANEXO 9. Cálculos de los requerimientos de agua agrícola en el Páramo de Guerrero.....	116
ANEXO 10. Registro de trabajo de campo con comunidades del Páramo de Guerrero.....	118
ANEXO 11. Percepción comunitaria de los recursos naturales en el Páramo de Guerrero	119
ANEXO 12. Cálculo de la concentración de la propiedad en el Páramo de Guerrero	120
ANEXO 13. Cálculo del valor comercial del agua en el Páramo de Guerrero.....	122
ANEXO 14. Estructura de los avalúos catastrales en el Páramo de Guerrero.....	126
ANEXO 15. Cálculo del valor energético de la producción de papa en el Páramo de Guerrero	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio del Páramo de Guerrero.....	13
Figura 2. Relaciones del sistema ecológico-económico.....	16
Figura 3. Relación entre naturaleza y valor desde la economía clásica.....	19
Figura 4. Relaciones entre naturaleza y valor desde la economía neoclásica.....	22
Figura 5. Tipología del valor económico total.....	25
Figura 6. La generación de valor en el proceso económico desde la Economía Ecológica.....	29
Figura 7. Marco conceptual para relacionar el valor, la valoración y la evaluación integral de los bienes y servicios ecosistémicos a partir de las funciones ecosistémicas.....	36
Figura 8. Marco conceptual para relacionar el valor, la valoración y la evaluación integral de los bienes y servicios ecosistémicos a partir de las funciones ecosistémicas.....	39
Figura 9. Mapa de actores en la dinámica ambiental del Páramo de Guerrero.....	42
Figura 10. Dinámica poblacional de Zipaquirá, Cogua y Tausa (1938 – 1950).....	49
Figura 11. Comportamiento de las explotaciones agropecuarias en el Páramo de Guerrero 1994 - 2009.....	53
Figura 12. Mapa de componentes y relaciones de la transformación ambiental en el Páramo de Guerrero.....	63
Figura 13. Comportamiento de las coberturas vegetales en Páramo de Guerrero 1940-2007.....	67
Figura 14. Dinámica espacial de las coberturas del Páramo de Guerrero 1940 - 2007.....	68
Figura 15. Comportamiento del coeficiente de cultivo (Kc) para la producción de papa.....	71
Figura 16. Comportamiento del coeficiente de cultivo para la producción de pasto ryegrass.....	71
Figura 17. Curva de Lorentz de la distribución de la propiedad en la zona de páramo de Guerrero 1994 – 2009.....	75
Figura 18. Excedente del consumidor y disponibilidad a pagar (DAP) para dos precios de consumo de agua del estrato 1 de Zipaquirá.....	79
Figura 19. Flujo de energía en un cultivo intensivo de papa en MJ/ha.....	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de la actividad ganadera en zonas altas y muy altas del Páramo de Guerrero	55
Tabla 2. Resumen de la caracterización de los sistemas de producción agropecuarios del Páramo de Guerrero	57
Tabla 3. Producción y eficiencia en el uso de energías auxiliares para el cultivo de papa	84

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Función de Producción de Cobb Douglas.....	17
Fórmula 2. Función del valor desde la teoría de la termodinámica.....	28
Fórmula 3. Combinación lineal de pesos.....	39
Fórmula 4. Agua virtual.....	70
Fórmula 5. Requerimiento de agua de cultivo	70
Fórmula 6. Función de demanda del servicio de distribución del agua	78

INTRODUCCIÓN

A la par con la necesidad de analizar los métodos de las valoraciones económicas unidimensionales y sesgadas de los activos y pasivos ambientales para incluirlos dentro del sistema económico, hoy en día se requiere realizar una unificación de los criterios en los cuales está basada la teoría del valor. Ya sea la materia, la energía, el trabajo, la tecnología, la escasez de un bien o su demanda, el principio de valor ha sido el fundamento de la racionalidad con la que el hombre se ha apropiado de su entorno y lo ha transformado a su gusto, razón por la cual, el análisis de los diversos fundamentos teóricos del valor es el primer paso para la construcción de metodologías de valoración incluyentes de la diversidad de elementos y relaciones del ambiente.

Toda acción de transformación del entorno natural por parte de la humanidad nace de las asignaciones de valor que los individuos hacen a los recursos ecosistémicos, lógica que cambia de acuerdo al comportamiento de la relación entre la economía y la naturaleza, en continua dinámica. En efecto, debido a que el tema del valor de los recursos naturales es inseparable de las decisiones que se toman para el manejo de los sistemas ecológicos, la infravaloración por el desconocimiento del papel de las estructuras y funciones de la naturaleza, ocasiona su degradación progresiva e irreparable.

El presente estudio se enmarca en la necesidad de reconocer la pluralidad de visiones existentes para interpretar la importancia de la naturaleza. La meta es sintetizar los aportes de diversas disciplinas en alternativas de valor de los recursos naturales, teorías que abren la posibilidad de entender la verdad pluralista del concepto de valor de la naturaleza dentro de las tres dimensiones que componen el ambiente, buscando puentes conceptuales entre disciplinas para complementar los vacíos que una u otra presenten en sus metodologías y recurriendo a las diferentes escalas de medición, a la participación de los actores involucrados o la representatividad de sus intereses en las mediciones, a las escalas temporales como factor de medida y al principio de precaución frente a los límites de la comensurabilidad de los elementos de la naturaleza y la sociedad.

La presente investigación apunta a la aplicación teórica y metodológica integral de las valoraciones de los recursos naturales, en la reflexión sobre la sostenibilidad futura de ecosistemas estratégicos para Colombia como los páramos, caso puntual del Páramo de Guerrero, ecosistema de gran importancia para la región de la sabana norte de Bogotá y para Bogotá misma. Así mismo, con el aporte de métodos alternativos y complementarios de valoración, se examina la necesidad de calificar cuantitativa y cualitativamente las transformaciones ecológica, económica y social del Páramo de Guerrero, aceleradas durante las últimas décadas debido a los procesos de apropiación del medio natural con fines agropecuarios, que han ocasionado contaminación, sobre-utilización de los recursos naturales y disminución en la oferta hídrica.

El trabajo investigativo se inició con la revisión, discusión y reconstrucción de la línea histórica de los fundamentos sobre las teorías de valor que han servido para sustentar los procesos económicos. En las primeras líneas se hace una reseña de los principios en los

que ha girado la teoría del valor desde la mirada del pensamiento económico clásico y neoclásico y, en una segunda sección, se exponen las alternativas surgidas a la teoría de valor de los recursos naturales a partir de la crisis ecológica de mediados del siglo XX, haciendo hincapié en la necesidad de integración de las percepciones de valor desde las dimensiones que componen el ambiente.

Consecuentemente, se esquematiza una estructura metodológica de valoración parcial y de evaluación integral de las transformaciones del Páramo de Guerrero a través de reflexiones sobre la complejidad de los problemas y conflictos ambientales, y de la comprensión del papel de las funciones y estructuras ecosistémicas en el mantenimiento de los bienes y servicios que usa el ser humano para construir su plataforma cultural. De esta forma, la construcción de puentes conceptuales entre las ciencias ambientales y la complementariedad de los métodos de valoración, confluyen en la integración de información biofísica, socio-cultural y económica con herramientas multicriteriales, las cuales permiten ofrecer elementos de juicio para la toma de decisiones que reviertan o reenfoquen las transformaciones ambientales del Páramo de Guerrero.

La transformación del Páramo de Guerrero se aborda desde las diferentes dimensiones que componen el ambiente, analizado para esto la influencia que tiene la actividad agropecuaria representada en los cultivos de papa y la actividad ganadera, en cada dimensión de lo ambiental. Para entender la dinámica de las transformaciones se realizan análisis de relación entre los actores presentes en el páramo, se expone el estado de los componentes biofísicos y sociales, se presenta el comportamiento de la estructura de la propiedad rural y se caracterizan las actividades productivas agropecuarias presentes en el páramo. Complementariamente, se diagrama la conjunción, interacción y sinergia de varios procesos socioeconómicos, políticos, culturales y biofísicos que ocurren alrededor de los sistemas de producción agropecuaria en el páramo y que explican la complejidad de la transformación de este ecosistema.

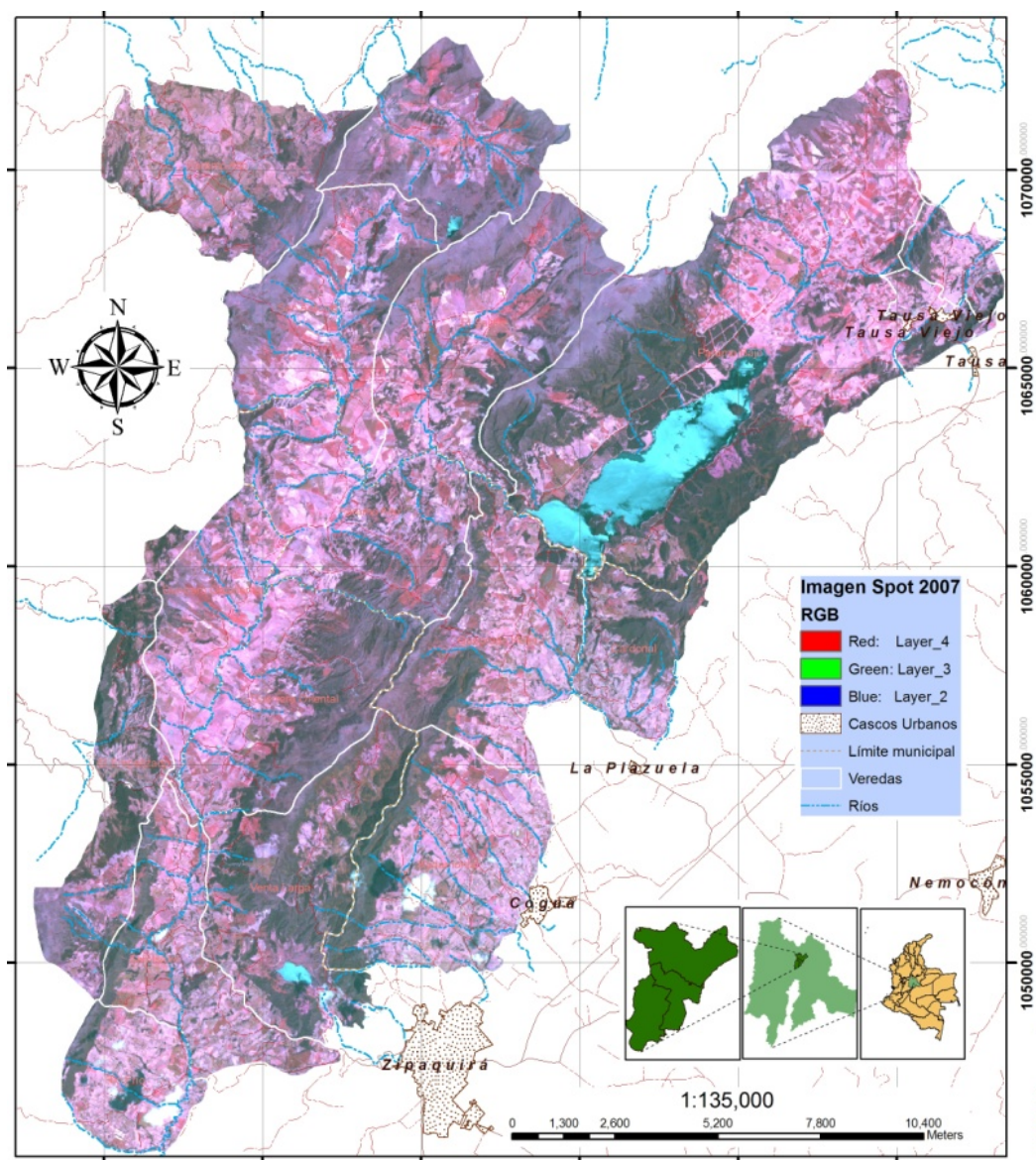
En el último capítulo se propone un grupo de criterios de evaluación de las transformaciones, seleccionados a partir de trabajos de discusión interdisciplinarios sobre las transformaciones ambientales y sobre las alternativas teóricas y metodológicas de valoración. Adicionalmente, se amplía la información para algunos de los criterios y se desarrollan ejercicios parciales y aproximados del valor de bienes y de servicios del Páramo de Guerrero como el monitoreo de las coberturas vegetales desde 1940, la cuantificación del agua virtual del cultivo de papa, el análisis de la percepción sociocultural del valor de los recursos del páramo, el cálculo de la distribución de la propiedad como factor de transformación, el valor comercial de referencia del agua y el análisis de eficiencia del consumo energético en el cultivo de la papa.

Aunque aproximativo y parcial, este estudio pretende ser una guía para la aplicación de valoraciones alternativas e integrales en ecosistemas con conflictos de gran complejidad por su importancia para la conservación y para la subsistencia de familias campesinas. Así mismo, plantea la necesidad de ahondar en posteriores trabajos para la consolidación de información más precisa y de trabajos interdisciplinarios para su agregación.

1 EL CONTEXTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La zona de estudio escogida para la presente investigación es un ecosistema de páramo que comprende los territorios localizados sobre los 2.800 m.s.n.m. en el margen oeste de la cordillera Oriental de los municipios de Zipaquirá, Cogua y Tausa (Departamento de Cundinamarca). Está conformada por un conjunto de islas de vegetación entre las que sobresalen el Páramo de Guerrero, Páramo Alto y Laguna Verde, pero que en el estudio se denominarán en conjunto como el Páramo de Guerrero.

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio del Páramo de Guerrero



Fuente: Alzate y Pacheco (2010)

Al igual que los similares ecosistemas de páramos y bosques alto andinos, el de Guerrero es un sistema ecológico complejo con gran diversidad de fauna y flora adaptada a las condiciones climáticas y topográficas imperantes que, junto con las características edafológicas particulares y la disponibilidad permanente de agua, lo convierten en un ecosistema de gran interés por los bienes y servicios ecosistémicos que ofrece.

El principal uso que se le da a los recursos naturales del Páramo de Guerrero son las actividades productivas de papa y ganadería, las cuales han permanecido en la zona desde la época colonial, pero se han intensificado desde mediados del siglo XX por la entrada de paquetes tecnológicos de “revolución verde”. De la misma forma, la estratificación de los grupos sociales presentes en el páramo ha cambiado con el tiempo, en la medida en que se posibilita o imposibilita el acceso a los recursos para estos. En menor medida se encuentran actividades de extracción minera y ecoturísticas.

En el caso del cultivo de papa, durante los últimos años se ha incrementado gradualmente el área de siembra hacia las partes altas del páramo, situación que está relacionada con el desarrollo de una agricultura basada en abonos químicos y plaguicidas que ha conducido al aumento de la producción, pero también a la contaminación de suelos, aguas, y la desaparición de especies de fauna en la región (CI -CAR, 2001).

La ganadería constituye el segundo renglón de la economía de la región, las áreas que son dejadas en barbecho son empleadas como potreros para el desarrollo de la ganadería y posteriormente regresan a la actividad agrícola, convirtiéndose en un ciclo productivo cultivos – pastos – cultivos. Al igual que la agricultura esta actividad ha traído consecuencias negativas para el ecosistema de páramo, ya que el pisoteo del ganado ocasiona la compactación y posterior pérdida de la capacidad de retención de agua en el suelo (Alzate, 2006).

Desafortunadamente, los procesos de apropiación del medio natural, han ocasionado contaminación, sobre-utilización de los recursos naturales y la introducción de especies foráneas, los cuales están deteriorando de manera acelerada el Páramo de Guerrero. En especial, la transformación del paisaje en potreros y sembradíos cobra gran importancia en la medida que modifica los suelos y las coberturas vegetales, responsables de la regulación hídrica y de la cual depende el suministro de agua para muchos municipios como Zipaquirá, Cogua, Tausa e incluso Bogotá.

Esta transformación del ecosistema ha trascendido al medio económico en la medida que la disminución en la oferta de recursos ha propiciado una merma en la rentabilidad productiva, y en el sistema social debido al aumento de la marginalidad de los sistemas de producción campesina, que terminan ejerciendo una mayor presión sobre el ecosistema de páramo para subsistir (Alzate, 2006).

La tendencia actual de aprovechar al máximo las condiciones edafológicas y fitosanitarias del páramo para la producción de papa, se enfrenta ahora con el interés de grupos conservacionistas de cuidar los relictos menos transformados del ecosistema original y recuperar las zonas transformadas para su preservación. Por otra parte, los objetivos

sociales de mejorar las condiciones de vida para la comunidad del páramo, demandan alternativas de uso que permitan conservar los bienes y servicios ecosistémicos, pero que a su vez les permita tener una vida digna.

Las decisiones que se deban tomar hacia trayectorias sostenibles en los sistemas de producción papa – ganadería requieren de argumentaciones sobre el nivel de las transformaciones ambientales causadas y sobre las pérdidas de valor de los recursos naturales implicados. Debido a la complejidad de las relaciones ecosistema-cultura en el Páramo de Guerrero, las valoraciones basadas en la lógica económica, crematística y de mercado, son imperfectas y parciales, razón por la cual se requiere la aplicación de otras valoraciones acordes con los demás intereses presentes en la zona.

2 EL CONCEPTO DE VALOR DE LAS COSAS MATERIALES

En el avance continuo de las sociedades humanas, la dinámica de los sistemas naturales no ha estado separada de la evolución de los sistemas económicos¹. La naturaleza ha provisto al ser humano de refugio, alimento y progreso, así como también, ha constituido un medio material de relaciones entre individuos y entre sociedades. En efecto, los ecosistemas y la economía han generado múltiples formas de interdependencia. Ejemplo de esto es que la base de la economía, es decir, la producción primaria, está condicionada por varios factores de los ecosistemas, y a su vez los ecosistemas se transforman, constantemente jalonados, por el crecimiento económico y demográfico.

No obstante, el equilibrio de estas relaciones se ha visto polarizado por la preponderancia que adquirió la ciencia económica sobre el comportamiento de los sistemas naturales, situación que concentra la dominancia del progreso económico sobre la conservación de los ecosistemas².

Una de las relaciones, que en gran medida ha determinado el deterioro de las estructuras ecológicas por la presión de las actividades económicas, radica en las asignaciones de valor³ de los recursos naturales que las sociedades hacen a través de la ciencia económica, las cuales fluctúan de acuerdo al comportamiento del sistema económico-ecológico en permanente cambio (Toledo, 1998). No obstante, como se verá más adelante, la mayor parte de las teorías de valor en las que se ha basado la dinámica económica han estado desligadas de los límites ecológicos de la producción, de una ética

¹ Los sistemas económicos se entenderán como todos aquellos mecanismos (instituciones) que administran los recursos para la producción, la distribución y el consumo en el beneficio de una sociedad particular. A su vez, las doctrinas y escuelas de pensamiento económico consolidan la llamada ciencia económica.

² El distanciamiento entre estas dos ciencias se vio agudizado posterior a la visión holística de la fisiocrática, por el dominio que ejerció sobre la ciencia económica el enfoque analítico-parcelario de Descartes retomado posteriormente por los clásicos y marxistas (Cruz, 2006)

³ La palabra "valor" tiene su origen en la axiología que estudia la naturaleza del valor y de los juicios valorativos, ideologías que no son el objetivo de este texto pero que no desconoce su origen filosófico. La acepción de valor utilizada para el presente texto, es una de las 13 existentes para la RAE: "Grado de utilidad o aptitud de las cosas, para satisfacer las necesidades o proporcionar bienestar o deleite".

en la asignación de las riquezas y de un significado cultural de la naturaleza, mostrándose parciales, incompletas y con importantes limitaciones en su racionalidad teórica.

La forma como se articula el valor de los recursos naturales a los procesos productivos consiste, inicialmente, en la asignación de valor al recurso por parte de la sociedad a través de la ciencia económica, previo a su apropiación para la formación de valores de cambio y riquezas. Posteriormente afluyen, procedentes de los procesos económicos, energía disipada (no útil) y desechos contaminantes (ver figura 2). Esta asignación de valor adolece hoy en día, de un soporte objetivo o un anclaje en lo real que fundamente los procesos productivos y no esté determinada por las leyes ciegas del mercado (Leff, 2004, 10).

El concepto del valor de los recursos naturales reviste una fundamental importancia debido a que el tema de la valoración es inseparable de las elecciones y decisiones a tomar en el manejo de los sistemas ecológicos, determinando con esto, la suerte que pueden correr la naturaleza (Costanza et al, 1999). En efecto, los daños ambientales suponen una subvaloración de la dimensión ecológica debida al desconocimiento del papel de los bienes y servicios ecosistémicos en los procesos culturales, derivando con ello, a la toma de decisiones erradas sobre el manejo de los recursos naturales.

Figura 2. Relaciones del sistema ecológico-económico



Fuente: Elaboración propia a partir de Toledo (1998:104)

Hecho el anterior preámbulo, el punto de partida para replantear los mecanismos de valoración de los recursos naturales, así como para la evaluación de su calidad, es recoger las concepciones con las que se ha manejado la teoría del valor, planteamientos que se desarrollan a continuación.

2.1 Teorías económicas del valor

Las diversas formas de apropiación de la naturaleza⁴ siempre han tenido como finalidad el beneficio del hombre y, de alguna forma, configuraron los modos y formas de producción de bienes de consumo que se intercambian entre culturas. Las variaciones en los modos de producción se obtienen gracias a los cambios en las relaciones sociales como la existencia de clases sociales o de la propiedad privada, y por la innovación tecnológica impulsada por el capital acumulado de las clases sociales, tecnologías que demandan más recursos naturales para producir mayores y variados productos requeridos en mercados cada vez más globalizados.

Sin embargo, como lo sustenta Leff (2004; 132), esta dinámica generalizada de la producción y comercio se legitimó con el surgimiento de la ciencia económica, la cual estableció una racionalidad que dominó el orden natural de las cosas del mundo, las formas de producción, las reglas del intercambio de mercancías y la asignación de valor a la naturaleza y a la naturaleza transformada en mercancías y riquezas.

En esta primera etapa de la teoría económica, los principios de la asignación de se dieron con la intermediación de la función de producción, puesto que a través de esta, la humanidad ha obtenido bienestar, riqueza y poder. Pero, como se verá en esta primera parte del texto, las postulaciones sobre el valor han estado marcadas por su contribución a la productividad del capital, a la fuerza del trabajo y a la tecnología, siempre bajo la racionalidad económica que conlleva a la infravalorización de la naturaleza.

2.1.1 Teorías de valor objetivas

Las diferentes escuelas económicas han adoptado en su momento un centro teórico objetivo o subjetivo, tangible o intangible⁵, a partir del cual se explican las relaciones de los factores de producción para obtener diversos bienes de consumo. La función de producción de Cobb Douglas, sirve para señalar la triada de elementos tangibles alrededor de los cuales se han desarrollado las principales teorías de valor de los enfoques económicos clásicos.

Fórmula 1. Función de Producción de Cobb Douglas

$$Q = K R L$$

Fuente: Daly (1999, 32)

En donde Q es el producto, K es el stock de capital, R es el flujo de materias primas, o mejor, recursos naturales utilizados en la producción y L es el suministro de fuerzas de trabajo (Daly, 1999, 32).

⁴ También llamadas etapas de las relaciones del hombre economizante con el medio natural, que van desde el habitar tierras vírgenes, hasta la conquista espacial, en un proceso llamado civilizatorio. Ver Vidart, 1997, p. 193.

⁵ Como lo presenta Fernández (2003), en términos generales, desde el punto de vista económico se pueden distinguir dos teorías de valor. La primera basada en el **valor objetivo** y postulada por los autores clásicos (Smith, Ricardo, Marx, entre otros) y la segunda, denominada teoría del **valor subjetivo**, desarrollada por la escuela neoclásica (Jevons, Mengers, Pareto entre otros).

Inicialmente, los recursos naturales, como factor de producción, fueron la fuente originaria del valor y riqueza para la doctrina de los Fisiócratas, especialmente apoyada en la propiedad de la tierra. En tal sentido, Dobb (1985, 55) afirma que para los fisiócratas la naturaleza demostraba su generosidad con el ser humano, al permitir en las actividades agrícolas que el producto obtenido sea mayor que los insumos utilizados en la producción, surgiendo así, un excedente de valor que se lograba en forma de renta de la tierra. No obstante, esta noción fue desterrada de la economía por considerar a la naturaleza como proveedora ilimitada de materias primas y recursos (Leff, 2004; Cruz, 2006).

Posterior a esta visión de materialidad, aparecería hacia 1770 la Teoría del Valor – Trabajo, postulada inicialmente por Adam Smith y subsiguientemente retomada por Ricardo y Marx. Esta teoría sobre el valor se puede encuadrar como esencialmente objetiva, en cuanto el valor depende tanto de la cantidad como de la calidad de las fuerzas de trabajo involucradas. La forma en que llegó Smith a esta conclusión radicaba en la necesidad de encontrar una unidad de medida invariable de los valores y los ingresos reales, requisitos que no cumplían elementos materiales como el dinero (oro y plata para la época), pues solo ofrecían precios nominales (Cuevas, 1992)⁶.

Pero, para Smith no solo el trabajo constituía una forma de representar y de medir el valor de cambio de las mercancías, ya que también era fuente de valor añadido a las materias primas procesadas. El *valor natural* de las cosas lo determina el precio de equilibrio que establece la libre competencia y a su vez el precio natural resulta de la sumatoria parcial o total de las tasas naturales de salarios, de los beneficios obtenidos y de las rentas, siendo el trabajo el mayor generador del valor y su mejor unidad de medida (Dobb, 1985).

En el caso de Marx, reconocido como el último de los economistas clásicos, este hace una importante reflexión acerca del papel de las actividades productivas humanas (trabajo) en la transformación de la naturaleza y las formas de apropiación del hombre sobre la naturaleza y del hombre sobre el hombre, para la conformación de los valores.

La posición crítica de Marx frente a las bases ideológicas de la ciencia económica le permitió profundizar más sobre la teoría del valor-trabajo, al fundamentarla en el concepto del trabajo abstracto como la fuente de todo valor y como forma social de la producción⁷. Su gran aporte en esta teoría fue lograr relacionar las diversas concepciones objetivas de valor en torno al trabajo; de esta forma, los recursos materiales son transformados por la fuerza de trabajo y por el *tiempo de trabajo socialmente necesario* para que representen un valor de cambio y un beneficio real en el mercado de mercancías y en la plusvalía

⁶ [*... el precio que el trabajador pague debe ser el mismo, sea cual fuere la cantidad de bienes que reciba a cambio. De estos bienes, por cierto, puede adquirir a veces una cantidad mayor y otras una cantidad menor; pero es el valor de éstos el que varía y no el del trabajo con el cual los compra...*] (Smith, Wealth of Nations p. 470, citado por Dobb, 1985: 63)

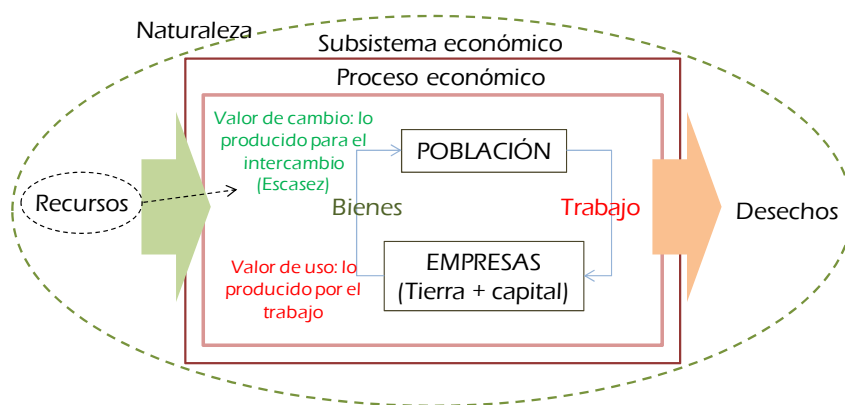
⁷ El trabajo abstracto representa un trabajo homogéneo e indiferenciado, simple, a un trabajo de igual calidad, que se diferencia solo por su cantidad en la creación de valor de cambio (Marx, 1957 citado por Leff, 2004). Así mismo Marx, a diferencia de Smith o Ricardo, determinó que lo esencial del valor del trabajo está en la relación social de la producción, más que la especialidad del trabajo en particular o el valor de uso al cual se incorpora: [*... (un) producto solo se convierte en valor y mercancía en determinado contexto social...*] (Marx, 1981, 821)

(Leff, 2004; Dobb, 1985). A su vez, el capital constituye un beneficio y un insumo de los procesos productivos, que aunque no genera valor por sí solo, si maximiza la producción de valores mediante la inversión en tecnología o la compra de más recursos naturales⁸.

En la figura 3 se puede apreciar la relación entre la naturaleza, el **valor de uso** que dan autores clásicos a la utilidad de un objeto en particular y a la capacidad que tienen este objeto de intercambiarse por otros en el mercado, o **valor de cambio**.

Si bien es reconocible el haber planteado una medida de los valores diferente al dinero, Smith y Ricardo no tocan ampliamente en sus propuestas el tema de los recursos naturales, pues estos no formaban parte del objeto principal de la ciencia económica en aquel entonces, debido, por una parte, a la percepción ilimitada con la que se concebía la naturaleza, y por otra, a que la naturaleza no era un objeto de mercado claramente apreciable. En tal sentido, estos autores excluyen de valor a las cosas que no pueden ser incrementadas por la labor humana, sean explotadas o producidas.

Figura 3. Relación entre naturaleza y valor desde la economía clásica



Fuente: Elaboración propia

Por el contrario, pese a su optimismo tecnológico y su afán por el incremento de las fuerzas productivas, Marx incorporó a la naturaleza en su análisis señalándola como el insumo de los valores de uso y por tanto de la riqueza material (Marx, 1891 citado por Gómez-Baggethun y de Groot, 2007), a pesar de considerar que por fuera de las actividades productivas humanas, la naturaleza *per se* no tiene ningún valor mientras no se objetive en ella ningún trabajo humano (Marx, 1980: 259).

Hasta este punto, es posible que la teoría del valor dentro de la ciencia económica haya encontrado su punto más cercano a las relaciones evolutivas de la sociedad con la naturaleza, proponiendo, a través del materialismo histórico, que las estructuras creadas por el hombre o la llamada naturaleza transformada poseen un valor material social y económico que determinó de manera más práctica las valoraciones mediante

⁸ En el caso de los recursos naturales, que no son producidos sino extraídos y/o explotados, y en los que la aplicación de trabajo es poca o nula, se transfiere al producto final el valor original de estos, impuesto por las condiciones de escasez y progreso tecnológico para su captura.

equivalentes, entre los tangibles como para algunos intangibles de la emergencia cultural humana.

Sin embargo, la visión antropocentrista y excluyente que existía de la naturaleza no permitió incorporar, de forma más activa, los recursos naturales en las teorías del valor objetivas y mucho menos, realizar valoraciones de estos elementos diferentes a la idea de escasez⁹. Esta posición puede estar relacionada con la visión mecanicista de Descartes y de dominación baconiana con las que se percibía la naturaleza, y con las que se continuó rechazando el reconocimiento de los bienes y servicios de los ecosistemas en las actividades productivas del hombre, como se verá en el siguiente aparte.

2.1.2 Teorías de valor subjetivas

La revolución neoclásica en el pensamiento de la ciencia económica tuvo en la teoría del valor uno de sus pilares conceptuales más sólidos. El gran cambio en la estructura y perspectiva económica, en lo referente a las influencias y determinantes causales de las teorías fue desviado desde el énfasis que se ponía en las relaciones de los factores de producción, como ha sido evidenciado, hacia las circunstancias del mercado, hacia los condicionantes de la demanda y a la satisfacción del consumo final (Dobb, 1985).

Criterios como la posesión de bienes que maximicen la generación de placer, así como la conducta individualista y acumuladora de cada agente económico que conforma la “*mano invisible*”, inspiraron a los economistas neoclásicos a formular que la creación del valor está determinada por la conciencia del individuo y, específicamente, por la satisfacción que en él tiene un bien o mercancía, comportamiento engeguecido que prevalece hasta hoy en día.

El principal, pero no el único exponente de esta revolución teórica fue William Jevons, para quien el valor depende por entero de la utilidad, a la que definió como: “...*la cualidad abstracta por al cual un objeto sirve a nuestros propósitos y adquiere el rango de una mercancía...*” (Jevons, 1871: 187). Jevons logró poner al nivel cuantitativo la utilidad de un bien utilizando el análisis marginal¹⁰, al postular la *ley de la utilidad decreciente* o *ley de la variación de la utilidad*. Esta ley consiste en que el valor de un bien corresponde a la utilidad absoluta o total que este genera, estado al que se llega a través de la utilidad

⁹ El valor determinado por la escasez de los insumos fue otro aporte de la economía clásica es la relación entre valor y riqueza, la cual está fundamentada y definida por la consideración de la escasez como fuente de valor, en el caso de Smith referida a la disponibilidad de los bienes: “Todo hombre es rico o pobre según el grado en que pueda gozar de las cosas necesarias, convenientes y gratas de la vida humana”, mientras que en el caso de Ricardo “La riqueza difiere esencialmente del valor, ya que este depende no de la abundancia sino de la facilidad o dificultad de la producción” (Fernández, 2003).

¹⁰ La expresión “marginal” utilizada por la ciencia económica y significa “adicional” y es utilizada en varios aspectos como la producción, los costos, la utilidad para referirse a variaciones adicionales en las cantidades que determinan cantidades diferenciales de resultados (Samuelson y Nordhaus, 2002).

marginal obtenida con incrementos adicionales de dicho bien, hasta lograr la satisfacción plena¹¹ (Ver ANEXO 1 figura 1.1).

Debido a que el valor está determinado por la utilidad que un bien genera a la satisfacción de una necesidad, cuya magnitud está en relación con la dificultad para obtener la satisfacción de esa necesidad individual, el valor se cataloga de subjetivo o dependiente de las preferencias de un consumidor en particular, en una circunstancia en particular.

Así pues, los valores económicos resultantes del análisis de su utilidad absoluta, resultan reducidos a cantidades crematísticas o precios, que son considerados como las señales emitidas por el mercado sobre el valor de las cosas. Los precios son conformados a partir del equilibrio hipotético de las fuerzas de demanda y oferta, o lo que es peor, determinados por el mayor beneficio de la empresa monopólica.

De esta forma, como lo menciona Leff (2004; 10), la ley del valor, que inicialmente era determinante de las leyes del mercado al generar la sustancia en torno a la cual se equilibran los precios del mercado, se somete teóricamente hasta convertirse en un efecto regulado por la competencia de los capitales individuales y por la ley de la oferta y la demanda del mercado de mercancías, transformándola en una esencia invisible.

Adicional al valor que tuvieron los bienes o mercancías incluidas dentro de la percepción utilitaria de los consumidores de la época, para los neoclásicos también influyó la escasez de estos en la determinación de su valor. Al respecto, en contraste con el pensamiento de la economía clásica, algunos economistas neoclásicos consideraron la evidente escasez gradual de los recursos naturales, que es el resultado de la oposición entre la lógica del crecimiento económico y los límites biofísicos. En la figura 4 se presenta la relación de la naturaleza con el valor de uso y cambio según la escuela de los marginalistas.

Dados los anteriores planteamientos de la teoría de valor subjetiva, vigente en las doctrinas de la ciencia económica contemporáneas, se hace necesario mencionar en este punto algunas limitantes y omisiones del modelo económico preponderante en cuanto a la *desvalorización del valor* de las cosas, adicionales a las que ya han sido mencionadas:

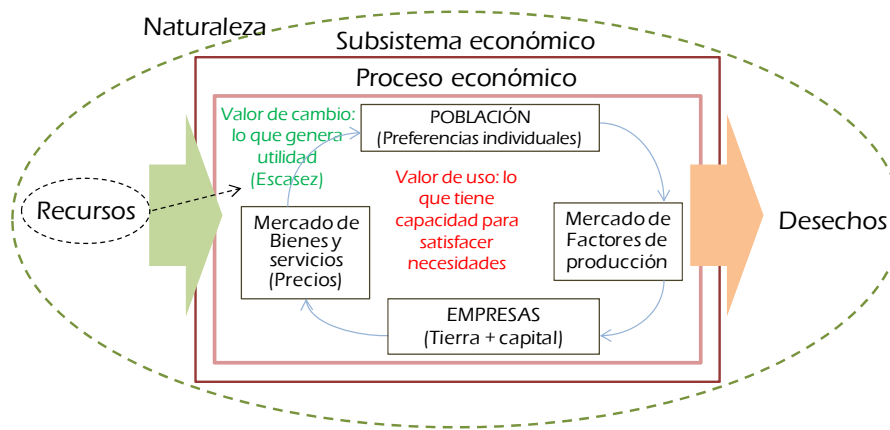
- La integración de varias teorías económicas neoclásicas confluyeron en la diferenciación del valor de los bienes presentes y de los bienes futuros, al determinar que el valor se descuenta en el tiempo (Dobb, 1985). Esta situación desconoce las circunstancias de necesidad y aprovisionamiento de las generaciones futuras.
- La visión del valor económico determinado por el mercado de precios, descarta a otras culturas u organizaciones económicas que realizan intercambios entre

¹¹ Uno de los ejemplos más utilizados para describir los conceptos de utilidad total y marginal es el uso del agua, "... que puede ser, descrita como la sustancia de mayor uso. Un cuarto de galón por día tiene la alta utilidad de salvar una persona agonizante. Varios galones al día pueden poseer mucha utilidad para varios propósitos como la alimentación o el aseo; pero después de suplir una cantidad adecuada para sus usos, cualquier cantidad adicional es una materia de indiferencia comparativa..." (Jevons, 1871: 12).

recursos o productos de valor colectivo, que basan su valoración en criterios diferentes a la satisfacción o el placer.

- A pesar que la pluralidad de valores individuales que puede tener un bien, una mercancía o un recurso, la ley de la variación de la utilidad en función del mercado logra promediar u homogenizar esta pluralidad, reduciéndola a simples precios, y a los valoradores, minimizándolos en una única mente económica.
- Debido a la aceptación del paradigma del valor-utilidad y a su aplicación en la maximización de las ganancias, lema del capitalismo, se derivaron serias consecuencias en los límites biofísicos de las plataformas tecno-productivas, reflejadas en la crisis ambiental que se vive en el planeta.

Figura 4. Relaciones entre naturaleza y valor desde la economía neoclásica



Fuente: Elaboración propia

2.2 Teorías del valor de los recursos naturales

Como se ha señalado hasta ahora, las teorías de valor ofrecidas por la economía, han adolecido de un carácter integral que les permita ajustarse al mundo real de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. De esta forma, se han desconocido los descubrimientos y enfoques de otras ciencias y disciplinas que vinculan con mayor fuerza la preponderancia de los recursos naturales en el sistema económico global, principios conceptuales como la complejidad o la entropía a los que la economía ha desdeñado, invisibilizando la complementariedad de los valores tangibles e intangibles de la naturaleza en la construcción de una nueva propuesta teórica del valor.

Uno de estos dominios teóricos, que permitió un acercamiento a las representaciones de la realidad, fue la Teoría General de los Sistemas que a través de la aplicación de los isomorfismos de otras ciencias como la química, la física y la biología, logra descifrar la subordinación del subsistema económico a los límites espaciotemporales de la naturaleza, principio que permanece aislado del análisis económico dada la "ceguera y el

ensimismamiento” que aducen Martínez-Alier y Roca (2000), permanece en la mente de algunos economistas.

Sin duda, la emergencia de las leyes de la entropía es otro fuerte postulado para poner límites a la racionalidad económica dominante. Gracias al trabajo integrador de Georgescu-Roegen, entre la termodinámica y los procesos económicos, se llegó a entender que la baja entropía, de la que se alimenta toda vida económica, es una condición necesaria para que algo tenga utilidad, argumentos que según Leff (2004), han hecho que la termodinámica surja como una física del valor económico.

De la misma forma, la revolución mental de la complejidad de Prigogine y Moran han sembrado inmensas dudas en la conciencia económica sobre el verdadero conocimiento de las relaciones entre la naturaleza y la economía. Tal como lo sugieren de Groot, Wilson y Boumans (2002), entender la complejidad ecológica de la naturaleza (estructuras y funciones) y la capacidad que tienen los procesos y componentes naturales de proveer bienes y servicios que satisfagan directa o indirectamente las necesidades humanas, se puede tener una noción más acertada y completa del conjunto de elementos de la naturaleza a los que el ser humano puede otorgar algún grado de valor.

Otro componente más que se une a la necesidad de la reconceptualización teórica del valor, parte de los análisis sociales de la cultura como emergencia de la naturaleza. Desde este punto de vista se concibe que el desarrollo de la mente humana guarde una estrecha relación con su entorno natural, conformando valores intangibles del desarrollo cultural de cualquier sociedad. Al respecto Vidart (1997, 318) afirma que “...*la mente humana es fabricante y portador de axiologías, el agente y el recipiente de la cultura... y la cultura condensa en sí los más altos valores de la humanidad*”.

La meta en el siguiente aparte del texto es sintetizar los aportes de diversas disciplinas al concepto alternativo de valor de la naturaleza, teorías que abren la posibilidad de entender la verdad pluralista del concepto de valor de la naturaleza dentro de las tres dimensiones que componen el ambiente, buscando lograr puentes conceptuales entre disciplinas para complementar los vacíos que una u otra presenten en sus metodologías y recurriendo a las diferentes escalas de medición, a la participación de los actores involucrados o la representatividad de sus intereses en las mediciones, a las escalas temporales como factor de medida y al principio de precaución frente a los límites de la conmensurabilidad de los elementos de la naturaleza y la sociedad.

2.2.1 El valor de los recursos naturales y de las externalidades del mercado

Con la crisis ecológica causada por la intensificación del modelo productivo capitalista, la cual se evidenció con mayor énfasis en las décadas de 1960 y 1970, surgieron serias inquietudes para los sistemas económicos en cuanto a la interdependencia entre el crecimiento económico y los sistemas ecológicos que lo sustentan. Factores como los límites biofísicos de la producción, el agotamiento de los recursos no renovables, los daños en la salud por el aumento de la polución y más recientemente el calentamiento

global, fueron enfrentados por la ideología económica a través de una nueva corriente conceptual denominada la Economía de los Recursos Naturales o Ambiental (EA)¹².

En términos generales, la EA intenta solucionar la incapacidad del sistema de mercado de poner un precio a los bienes y servicios ecosistémicos que son indiferentes a las preferencias de los consumidores, incluidos en las llamadas externalidades, los bienes públicos y los recursos comunes¹³, con el fin de revelar su valor económico y con ello permitir la aplicación de incentivos o restricciones que prevengan la degradación ambiental (Azqueta, 2002). Por otra parte, la EA plantea la posibilidad de *sustitución material* entre los recursos naturales, registrándolos como *capital natural*, intercambiables con los otros tipos de capital como el tecnológico o el humano, para mantener constante el stock de capital necesario para la producción (Daly, 1999). La consigna en este caso de sustitución material, como en las externalidades, es la misma, debe hallarse primero el valor económico de los recursos naturales.

Para lograr este propósito, el andamiaje teórico y conceptual del valor objetivo y subjetivo de la naturaleza fue complementado con elementos como: las perspectivas del valor para las diferentes generaciones, con el valor ecológico de la naturaleza y con la asignación de valores intangibles a sus atributos. Una de las categorías de valor más difundido y comúnmente aceptado desde la EA, es el de la *teoría del valor económico total* desarrollada por Pearce y Turner¹⁴ (1990) y posteriormente ampliada por varios autores, entre estos Azqueta (2002)(Ver figura 5). Este último, argumenta que cuestionar el valor de algo es una labor compleja que supone una operación de razón que realiza únicamente el humano, aunque no todo el valor tenga su origen en el. En tal sentido se distinguen tres tipos de valor para este autor:

- **Valor inmanente**, que pertenece a la esencia misma del ser.

¹² Desde el concepto de sostenibilidad, establecido como "...las relaciones entre los sistemas humano y ecológico que permiten mejorar la calidad de vida manteniendo la estructura, las funciones y la diversidad de los sistemas que sustentan la vida..." (CMMAD, 1988), la Economía Ambiental se ubica dentro de la llamada sostenibilidad débil que defiende elementos como la comparabilidad y la conmensurabilidad de los recursos naturales y la sustituibilidad de estos, transformándolos a capitales.

¹³ Las externalidades hacen referencia a los efectos positivos o negativos de las actividades humanas que pueden afectar o beneficiar a otros individuos y para las cuales el mercado no posee ningún tipo de transacción. Los bienes públicos son, precisamente, aquellos que su calidad afecta a toda la sociedad por igual y para los que no existe rivalidad en su consumo. Los recursos comunes contemplan bienes que son propiedad de un colectivo y que su acceso puede ser libre o restringido. Ver Azqueta (2002: 34). Estos tres tipos de imperfecciones del mercado, son a las que hacen referencia varios autores como Bermejo (2001:61), Toledo (1998:84) y Martínez (2004), como el principal cuello de botella para la articulación de la naturaleza al sistema económico.

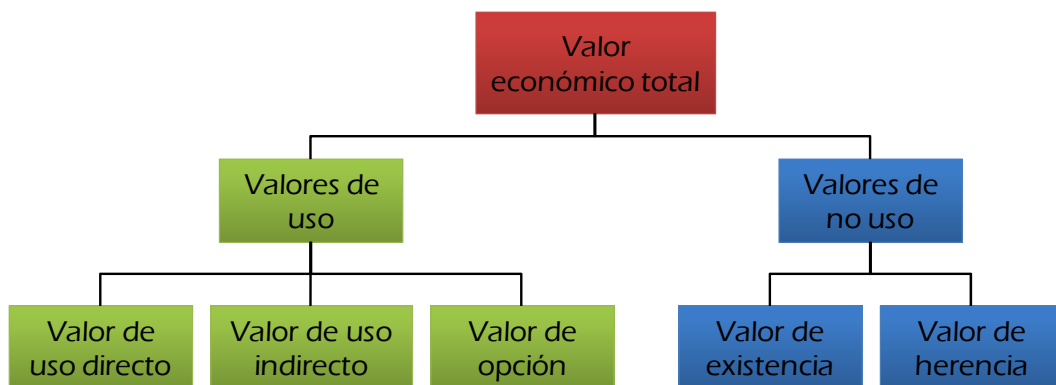
¹⁴ Turner et al (2003 citado por Carnevale et al, 2006:4), desarrolló otra clasificación de valor de los recursos naturales en la que se establecen dos grandes tópicos: Valor antropocéntrico que conceptualmente es el mismo valor económico total (valor de uso + valor de no uso) con el adicional de categorizar el valor de existencia en altruismo intra e intergeneracional y la motivación gerencial de conservar el recurso para la naturaleza misma; y el Valor no antropocéntrico que asume que las entidades de la naturaleza tienen bienes en sí mismos como los ecosistemas (Carnevale et al, 2006:4)

- **Valor intrínseco**, que siendo esencial del sujeto que lo posee, es asignado por otros.
- **Valor extrínseco**, que poseen seres u objetos, son asignados por otros pero no necesariamente por sus características.

La tipología del valor económico total distingue en primera instancia, los valores de uso, de los valores de no uso ó valores intrínsecos de la naturaleza¹⁵. Los valores de uso o beneficios del usuario se derivan del uso actual del recurso, y suelen dividirse en directos e indirectos; “...*hacen referencia al carácter instrumental que les hacen ser cosas útiles...*” (Azqueta, 2002). En tanto que el valor de la naturaleza como un beneficio potencial, como algo opuesto a su valor de uso presente, es conocido como su valor de opción. Este valor es esencialmente la expresión de una preferencia, de una voluntad a pagar por la preservación de un bien ambiental ante la probabilidad de que se haga uso de él en una fecha futura. Finalmente, el valor de no-uso, intrínseco ó valor de existencia es un valor asignado a un bien el cual no está relacionado con su uso actual o potencial.

A pesar de la amplitud con que maneja el tema conceptual del valor de los recursos naturales, la EA recae en el abordaje de la comensurabilidad crematística cómo única vía para determinar el valor total de un bien o servicio ecosistémico, el cual, debe recalcar, no es exclusivamente económico. De esta forma, la coherencia y complementariedad de la visión de valor expuesta con las herramientas básicas analíticas de la microeconomía, desembocan en el uso de la *disposición individual a pagar* por un recurso (DAP) y la *disposición a aceptar compensaciones* por un mal ambiental causado (DAC), como instrumentos para la internalización de las preferencias individuales de consumo para asignar un valor monetario (Field, 1995).

Figura 5. Tipología del valor económico total



Fuente: Modificado de Azqueta (2002:71)

¹⁵ En algunas otras referencias pueden encontrarse los términos de bienes Activos cuando se refieren a los valores de uso actual de un bien o servicio y bienes Pasivos como los valores de opción y de existencia (Martínez, 2004).

La DAP funciona con el mismo principio de utilidad marginal; a medida que aumenta la cantidad de unidades consumidas, normalmente disminuye la disponibilidad a pagar por unidades adicionales de un bien. Así, las personas muestran su preferencia por las cosas a través de la DAP, que se ve reflejada en el precio de mercado con el gasto total del bien, es decir, la primera aproximación al beneficio recibido. Pero como existen personas que están dispuestas a pagar más que el precio de mercado, se reconoce que el beneficio total también cuenta con un excedente del consumidor (Pearce y Turner, 1990) (Ver figura 1.2 en el ANEXO 1).

Las valoraciones de los pasivos o activos ambientales derivados del concepto de la DAP han dominado los estudios económicos de los recursos naturales, pero su aplicación no ha contribuido eficiente y definitivamente a la superación de la crisis ambiental causada por la excesiva producción de contaminantes que superan la capacidad de asimilación y resiliencia de los ecosistemas. No obstante, dadas las circunstancias productivas demandadas por las comunidades y su relación con el bienestar social, resulta necesario tener en cuenta la racionalidad económica, como una parte estructural y dinámica de las relaciones sociedad – naturaleza, razón por la cual, debe ser incluida dentro del modelo integral de evaluación de recursos.

2.2.2 El valor biofísico de los recursos naturales

La imposibilidad del sistema económico convencional para detener el deterioro ecológico ocasionado por su propio funcionamiento, fomentó el surgimiento de posiciones más radicales en la lucha por frenar la presión, el desequilibrio y la inequidad del humano contra su entorno, y del humano contra el humano. La Economía Ecológica (EE)¹⁶ es una respuesta ideológica a esas decisiones políticas erradas que desembocaron en un crecimiento económico desenfrenado.

Como disciplina en formación, la EE se soporta en un sistema integrado de perspectivas y conocimientos de diversas ciencias que avanza hacia la ruptura del paradigma científico predominante. Según lo plantea Costanza (1989 y 1991; citado por Toledo, 1998), se trata de una nueva ciencia transdisciplinaria, enfocada en la percepción holística de cómo se relacionan la naturaleza y la sociedad; cuáles son los cambios biofísicos y económicos que describen la conducta del sistema total; y cuál es el significado de las escalas relativas de la economía en la evolución sostenible del sistema completo.

La propuesta renovadora de los planteamientos de la EE tiene sus bases en el uso de la teoría de sistemas para el entendimiento de las jerarquías biofísicas del planeta, como un sistema total de proporciones finitas, con flujos de materia y energía, con intrincadas y complejas redes de información y sin el papel protagónico del ser humano. Esta condición conlleva a una de las máximas de la EE, quizás la principal: los sistemas económicos son

¹⁶ La sostenibilidad fuerte se centra en el análisis de los procesos y sistemas físicos y ecológicos, teniendo en cuenta los estados críticos extremos que puedan conducir a un deterioro irreversible de la naturaleza (Cristancho, 2009). Tuvo su origen en el conservacionismo naturalista del siglo XIX y en las ideas ecocentristas de promover una "estética de la conservación", una "Ética de la Tierra" o "Bioética" (Foladori y Peirri, 2005).

sistemas abiertos que se relacionan con los suprasistemas ecológicos y sociales, y están subordinados al ecosistema global, debido a la relación jerárquica entre sus estructuras y a la exclusiva dependencia energética de los procesos económicos frente a la oferta limitada de recursos no renovables en la naturaleza (Martínez-Alier y Roca, 2000; Gómez, Pimiento y Posada, 2007).

En cuanto al valor de la naturaleza, la EE no prioriza el problema de la búsqueda de este en los bienes y/o servicios naturales, ni en la mente económica de un consumidor, sino en la importancia del mantenimiento general de las estructuras y funciones ecosistémicas. De esta forma, las reflexiones sobre el valor dentro de la EE ofrecen la definición de **valor sustentable** de la naturaleza, basado en las preferencias no solo individuales sino comunitarias, necesarias para garantizar la sustentabilidad en el largo plazo y globalmente (Costanza et al, 1999).¹⁷

En tal sentido, el valor más importante sería el de la propia existencia de los mismos recursos naturales y la comprensión de las funciones que el ecosistema cumple en el proceso de producción y en la propia existencia de los seres humanos como especie (Aguilera, 2006). Bajo esta perspectiva, la interacción con las ciencias físicas y biológicas es indispensable para entender el funcionamiento y mantenimiento de las estructuras ecosistémicas, y de esta forma incluir otras variables ecológicas, aparte de los valores en términos crematísticos, en la construcción de una nueva teoría del valor.

El canal central de la EE para determinar el valor de la naturaleza es la alternativa de la **teoría energética del valor**, la cual, como lo menciona Sollner (1999; 97), ha sido rechazada en la medida que su determinismo meta-económico (energético) no es compatible con el concepto de riqueza en el comportamiento económico convencional. Sin embargo, el mismo autor señala que a causa de su papel epistemológico como principio de conservación, en economía la entidad conservada se llama valor y el valor económico, según los planteamientos de Georgescu-Roegen, se representa en la energía no degradada (baja entropía¹⁸) y en el placer de vivir.

La cadena de planteamientos de Georgescu-Roegen (1971: 348) para lograr este concepto y formular su ecuación general del valor es la siguiente: *“... el objetivo primario de la actividad económica es la conservación de la especie humana... sin tomar en cuenta los consumos exosomáticos de energía de la humanidad, que de por sí son producto de los procesos productivos económicos, las necesidades básicas fundamentales para la conservación de la especie son puramente de tipo biológicas, existiendo una relación primaria entre la baja entropía y el valor económico, debido a que la biología se alimenta de baja entropía...”*.

A su vez, si se tiene en cuenta que, desde el punto de vista puramente físico, el proceso económico desde la fabricación de bienes y servicios hasta su consumo genera pérdidas

¹⁷ Ver también Aldo Leopold y Altwater, 1993; Naess, 1988; citados por Bermejo, 2001.

¹⁸ La segunda ley de la termodinámica o ley de la entropía puede establecerse como la medida de la energía que no queda disponible como resultado de la transformación de la materia, es decir, la energía degradada (Odum y Barrett, 2006).

de valor¹⁹, pues no crea ni consume materia o energía sino que solamente transforma baja entropía en alta entropía, debe reconocerse que el verdadero producto del proceso económico no es un flujo material sino el flujo psíquico del placer de vivir de cada uno de los miembros de la población. La figura 6 esquematiza el proceso de generación de valor enmarcado dentro de las estructuras sistémicas planteadas por la EE.

En la figura 6, **E** es el valor del placer de vivir; **H** es la población activa; **H'** es la población mantenida; **I'₂** es la intensidad media del placer de ocio para la población mantenida; **I₂** es la intensidad media del placer de ocio para la población activa; **I** es el placer medio de consumir; **§** es la jornada laboral; **c** es un bien de consumo; **L** es el recurso suelo; **K** son los bienes de capital; **r** son los recursos naturales y **w** los desechos. La siguiente es la ecuación general del valor, la cual se presenta de manera explicativa a la figura 6 y no es intención del presente análisis discutir la formalización:

Fórmula 2. Función del valor desde la teoría de la termodinámica

$$\begin{aligned} \text{Valor } E = & \text{Valor}(\Delta \times r) + \text{Valor}(\Delta \times L) + \text{Valor}(\Delta \times K) + \text{Valor}(H' \times I'_2) \\ & + \text{Valor}[H \times I_2 \times (I - \delta)] \end{aligned}$$

Fuente: Georgescu-Roegen (1971:358)

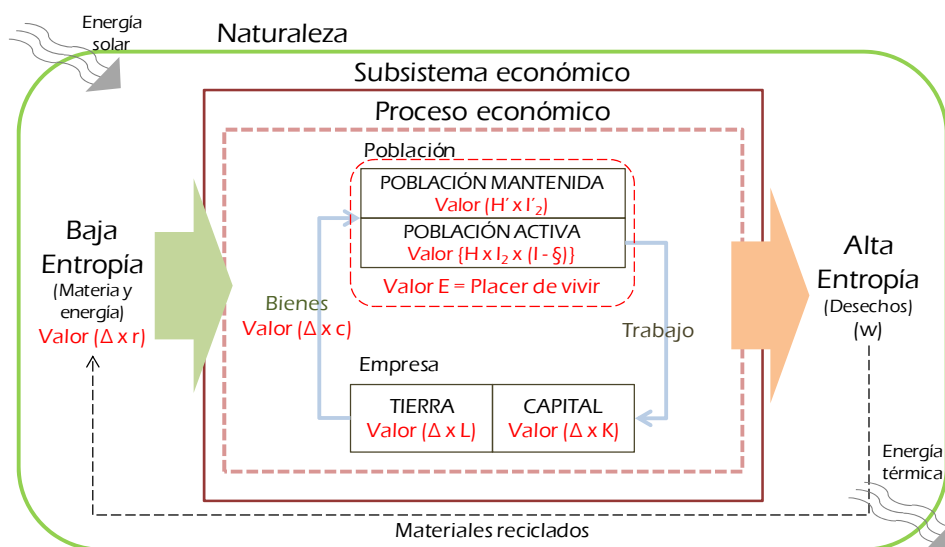
Lo resaltante en la propuesta de la nueva teoría económica del valor de Georgescu-Roegen es la integración de un principio material (la ley de la entropía) y de un principio ético, cultural y subjetivo (el disfrute de la vida), reconociendo el papel de la cultura en las formas de producción y en la evolución del consumo exosomático de energía, que genera la degradación entrópica de la materia (Leff, 2004: 140).

Aunque con los anteriores fundamentos se abrieron las puertas para caracterizar los procesos productivos, las propiedades emergentes, los balances de materia y energía y la eficiencia con que son utilizadas estas entradas para prevenir los procesos entrópicos acelerados, esta perspectiva energética de valorar la utilidad de los recursos naturales y manufacturados presenta aún dos tipos de obstáculos a resolver. Por una parte, presenta limitantes operativas en cuanto a la conmensurabilidad y comparabilidad energética de algunos elementos, servicios o degradaciones de la naturaleza, y por otra parte presenta dificultades en el cálculo energético de sistemas económicos complejos²⁰ (Sollner, 1999; Toledo, 2008).

¹⁹ Entendiendo que la baja entropía es una condición necesaria para que una cosa tenga valor, el proceso económico que describe Georgescu-Roegen reorganiza la materia generando baja entropía a partir de un gasto mayor de energía, razón por la cual se entiende la pérdida de valor aunque los bienes generados sean útiles (Georgescu-Roegen, 1971; Sollner, 1999; Leff, 2004).

²⁰ Existen otros principios teóricos de la Economía Ecológica que dan soporte al tema del valor de los recursos naturales, en cuanto a la comparabilidad y conmensurabilidad entre bienes y servicios ambientales. La comparabilidad puede ser fuerte en la medida en que dos objetos son comparables cardinal u ordinalmente y débil en la medida en que existen muchos criterios no excluyentes para priorizar. A su vez la comparabilidad débil da carácter de inconmensurable a las diferentes concepciones de los valores que vuelven incomparables a los objetos, pues los criterios de comparación son

Figura 6. La generación de valor en el proceso económico desde la Economía Ecológica



Existen unos elementos de fondo – la tierra, el capital y la población – que entran y salen relativamente intactos. Existen dos flujos, uno de entrada de baja entropía y uno de salida de alta entropía, es decir de desechos. El resultado del proceso económico, el placer de vivir (Valor E), es obtenido a partir de las sumas de valores parciales de los elementos que generan un bien de consumo (Valor $(\Delta \times c)$), más los placeres que generan el ocio y el consumo de bienes y servicios para la población activa (Valor $\{H \times I_{2} \times (I - \xi)\}$) y para la población mantenida (Valor $(H' \times I'_{2})$).

Fuente: Elaboración propia a partir de los enunciados teóricos de Georgescu-Roegen (1971:358)

En un segundo plano, aun cuando la aceptación del vínculo estrecho de las leyes de la termodinámica con los procesos económicos es inexorable, todavía existen vacíos teóricos que no permiten integrar el concepto de entropía o valor energético en los análisis de las ciencias económica y ambientales, por ejemplo, su correspondencia con los elementos de producción de fondo (trabajo, capital y tierra) o las relaciones de distribución e intercambio de unidades energéticas. Quizás esta situación se deba a los problemas de aplicación mencionados en el párrafo anterior, pero, al igual que el único numerario crematístico para medir y comparar el valor de lo natural y lo cultural, la EE no puede caer en la simplicidad y reduccionismo que implican el medir todo con formulas energéticas, desdeñando los valores intangibles que nos otorga la naturaleza²¹.

Por otra parte, si bien Georgescu-Roegen soporta la producción de alta entropía como la pérdida de valor de la naturaleza, la compleja cascada de daños ecológicos que causan los procesos entrópicos económicos y la repercusión que tienen en el costo de producir nuevos bienes de consumo deberían ser considerados más activamente en la ecuación

variados, con escalas de valor diferentes (ver: Martínez-Alier y Roca, 2000; Falconi y Burbano 2004; Cruz, 2006; Castiblanco, 2007).

²¹ Debe ser aclarado en este punto, que los principios y la estructura teórica de la EE son su principal fortaleza frente a la necesidad de reconfiguración de la economía convencional. Sin embargo, como disciplina en construcción, deben ser entendido y contemplado que algunas relaciones y enlaces teóricos de sus apuestas metodológicas con las estructuras económicas, no han sido aún especificadas.

general del valor, así como la acumulación en la pérdida de placer de vivir en la medida que aumenta la contaminación y la calidad de vida disminuye.

El valor energético es una de varias formas de cuantificar el valor ecológico (biofísico) de los bienes y servicios ecosistémicos que utiliza la sociedad humana. Aunque existen otras formas de cuantificación de las variables biofísicas en los procesos económicos como la huella hídrica o los flujos de materiales, la cuantificación de la eficiencia energética ha tenido un nivel preferencial para los estudios alternativos de los procesos económicos.

Recientemente, se ha acuñado el término de *Metabolismos Sociales* para referirse a los intercambios materiales del ser humano con la naturaleza y dentro de sectores específicos de la economía como los *Metabolismos Industriales* o los *Metabolismos Rurales* (Toledo, 2008), entendiendo que las metodologías desarrolladas para cuantificar estos intercambios son un gran aporte para estimar con mayor realidad las pérdidas ecológicas causadas por los procesos económicos, más no debe convertirse en una medida absoluta de valor, pues tendería a idealizar la materialización de la existencia de la naturaleza para el ser humano.

2.2.3 El valor socio-cultural de los recursos naturales.

Hasta este punto se ha planteado la necesidad de valorar los sistemas naturales más allá de su aporte en el placer subjetivo que implica el consumo de un bien o servicio, hacia aspectos no incluidos en el pensamiento económico convencional. El placer de vivir también involucra la valoración indirecta y recíproca de la naturaleza como soporte de elementos no materiales de los sistemas sociales, constituyendo un grupo de aspectos complejos e intangibles, distantes de ser incluidos en la economía de mercados.

Sin embargo, se encuentra en crecimiento un área de análisis dentro de la EE, que gira en torno a la idea del “Capital Social²²” y a su utilidad para generar vínculos entre las decisiones sociales y sus resultados, los cuales repercuten positiva o negativamente en factores como la paz, la prosperidad económica y la calidad ecosistémica, factores necesarios para la continuidad social y la sustentabilidad del desarrollo (Kliksberg, 2000; Rudd, 2000; Portela y Neira, 2003).

Pero, para entender el concepto de capital social y su relación con el valor sociocultural de la naturaleza, debemos remitirnos al papel que juegan los ecosistemas no solamente en el contexto biofísico, sino en la conformación del entramado social que nos soporta como humanos. De Groot, Wilson y Boumans (2002) señalan que debido al trasegar de la evolución humana dentro del contexto de ecosistemas no transformados, el trabajo del

²² Según el Banco Mundial, el capital social es la más reciente forma de capital descubierta por las ciencias del desarrollo dentro de las cuatro formas de capital existentes: el capital natural que lo conforma la dotación de recursos naturales de un país; el capital construido que incluye la infraestructura y el capital financiero; el capital humano determinado por el nivel nutricional, sanitario y educativo de la población; y el capital social, sin embargo, el significado de capital social no guarda relación con el concepto de capital usado por la ciencia económica para referirse a los recursos físicos y financieros, sino que de forma figurada pretende simbolizar la importancia que tiene este tipo estructuras sociales en el funcionamiento de las actividades económicas.

cerebro humano para recopilar información y dar sentido a su existencia está fuertemente atado a las experiencias humanas con los paisajes y la biodiversidad.

En tal sentido, las estructuras y procesos de los ecosistemas naturales que proveen de bienes y de servicios al ser humano, transmiten su valor de existencia a las manifestaciones culturales de las sociedades humanas, pudiendo agruparse de la siguiente forma (De Groot, Wilson y Boumans, 2002; Chiesura y de Groot, 2003):

- La naturaleza es la principal fuente de inspiración para las expresiones artísticas y folclóricas, en las que no se tiene en cuenta la información cuantitativa que demuestra esta transferencia de valor desde la naturaleza a las sociedades.
- Los ecosistemas naturales tienen un importante valor como lugar donde las personas se recrean, se relajan y realizan actividades turísticas y ecoturísticas.
- La naturaleza posee un significado de continuidad de la información histórica, el cual se expresan a través de la ética y el valor de la herencia histórica. También los lugares naturales tienen un valor religioso y espiritual.
- La categoría de la información está dirigida a la importancia y a lo irremplazable de las funciones naturales para el cumplimiento de las necesidades sociales como la salud mental, la educación y la identidad social.
- Los recursos naturales son el punto de partida y el vínculo central a partir de los cuales se establecen lazos sociales de la satisfacción de necesidades como la nutrición, la salud y la educación que generan relaciones familiares, comerciales, normativas, de cooperación, etc.
- Los ecosistemas naturales proveen de inagotables oportunidades para estudios naturales y para la investigación.
- La información estética de paisajes y la belleza de la naturaleza tiene una relativa importancia económica, cuando influyen en el precio bienes como la finca raíz.

Estas son algunas de las evidencias de la forma de los sistemas naturales satisfacen necesidades humanas inmateriales y los múltiples valores intangibles, de la misma manera que la emergencia cultural, de la que habla Ángel-Maya (1996), debe su valor a la existencia de una naturaleza no transformada.

Debido a que el valor de estos beneficios recibidos de la naturaleza se acumula no solo en lo individual sino en la comunidad que ellos componen, la evolución de las estructuras sociales conlleva al desarrollo de las normas y las creencias que regulan el comportamiento grupal y que tienen efectos en la sociedad como un todo. En el mejor nivel expansivo, elementos como las instituciones, los derechos de propiedad, el sistema legal y las estructuras de gobierno es reconocido como capital social (Rudd, 2000).

Este marco de variables políticas e institucionales tienen un alto peso en la realidad, configurando el telón de fondo en el que se cuelgan todos los procesos económicos y sociales, e incluso repercutiendo en el soporte biofísico del sistema. De esta forma, la configuración del capital social de una región determina la forma en que se utilizan los

recursos naturales, los flujos de los valores generados en los procesos económicos, la distribución de las riquezas y el deterioro ecológico permisible por la misma comunidad.

La institucionalidad se cuenta como el conjunto de reglas formales e informales y sus mecanismos de ejecución que inciden sobre el comportamiento de individuos y las organizaciones de una sociedad (Kliksberg, 2000). Para Rudd (2000) el fortalecimiento de las instituciones es tan importante para el desarrollo, como lo es el fortalecimiento económico, junto al cual surge la necesidad de lograr un desarrollo social, mejorar la equidad, fortalecer la democracia y preservar los equilibrios medioambientales.

Un ejemplo de institucionalidad son las políticas y los mecanismos de acceso a los recursos naturales que determinan los niveles de equidad social, componente del capital social que marca la reciprocidad con que se genera valor a través del desarrollo de los elementos sociales, económicos y ecológicos de una región. Al respecto Kliksberg, (2000: 5) afirma que la desigualdad *“hace disminuir el capital social y ello afecta fuertemente factores como la nutrición, la salud y la educación de la población, aparte de la mayor presión sobre los recursos naturales, dispuesta por las condiciones de pobreza”*²³.

Por las razones expuestas, debe entenderse que el capital social es una forma de capital que no se disminuye con su uso, sino que por el contrario, aumenta con su empleo. Para Chiesura y de Groot (2003), los métodos que determinan su valor consisten en la interpretación en términos de significancia, significados, percepciones y asociaciones cualitativas, mediante el apoyo de las ciencias sociológicas y psicológicas para analizar la importancia de los ecosistemas naturales y sus funciones para las sociedades humanas.

²³ Las condiciones de pobreza conforman círculos viciosos o síndromes de sobre-utilización de los recursos naturales que aumentan la presión y su deterioro (Ver Alzate, 2006).

3 APROXIMACIONES METODOLÓGICAS PARA LA VALORACIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES

El afán por lograr una estructura metodológica de valoración en la que se integren todas las perspectivas del valor de los recursos naturales radica en que los niveles de deterioro de los ecosistemas están llegando a niveles alarmantes, razón por la que se requiere una valoración que tenga en cuenta no solo los aspectos económicos, sino los impactos positivos y negativos, sociales y ecológicos, que han acarreado.

A su vez, el reto de encontrar un lenguaje común en las valoraciones para solucionar estos problemas de inequidad y degradación, no consiste en erigir otro sistema de medida unívoco, sino la búsqueda de elementos acordes con la realidad heterogénea, que permitan tomar decisiones correctas para el desarrollo, por encima de hacer conteos minuciosos de calorías o de activos económicos.

La meta consiste en la búsqueda de puentes conceptuales entre las ciencias ambientales para llenar los vacíos que una u otra presenten en sus métodos, recurriendo a la pluralidad de escalas de medición, a la participación de los actores involucrados o la representatividad de sus intereses, a las escalas temporales como factor de medida, al entendimiento de la integralidad y complejidad del ambiente y al principio de precaución frente a los límites de la conmensurabilidad de la naturaleza y la sociedad.

3.1 La visión integral y compleja en la valoración de los recursos naturales

Las revoluciones en el pensamiento humano han desatado importantes cambios en los patrones de comportamiento de la sociedad y especialmente de la sociedad con la naturaleza. La revolución científica de siglo XVII le otorgó el poder al humano de conocedor y dominador de la naturaleza. Según Morin (2004, 63), con el paradigma de la simplificación científica el pensamiento cayó en la *"inteligencia ciega"* que lo limitó al *"destruir los conjuntos y las totalidades, aislando todos los objetos de sus ambientes"*.

A pesar del cambio en el paradigma científico sucedido en el siglo XX, que incluyó conceptos como la relatividad, la entropía, el principio de incertidumbre y la complejidad de la realidad, varias ramas del conocimiento social como la economía persisten en la idea de los enfoques lineales, sectoriales y parciales para abordar los problemas y conflictos ambientales (Foladori, 2001).

Una de las razones para que persista el reduccionismo en los análisis económicos radica en la ausencia de integralidad. En otras palabras, la ausencia de visión holística de mundo no ha permitido comprender el comportamiento de las relaciones entre los sistemas naturales y sociales complejos y la importancia, por encima del valor, de cada uno de sus elementos constitutivos para el equilibrio de la ecosfera.

El primer paso para incorporar la integralidad y la complejidad dentro de los métodos de valoración parte, como lo sugieren de Groot, Wilson y Boumans (2002), en comprender la

conformación ecológica (estructuras y funciones) y la capacidad que tienen los procesos y componentes naturales de proveer bienes y servicios que satisfacen directa o indirectamente las necesidades sociales.

Estas estructuras ecosistémicas son el resultado de procesos evolutivos del sistema ecológico. A su vez, las funciones ecosistémicas son el resultado de complejas interacciones entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema, a través de fuerzas conductoras universales de materia y energía (de Groot, Wilson y Boumans, 2002). En el ANEXO 2 se presenta la clasificación de 24 funciones ecosistémicas modificadas del autor de Groot, a partir de las cuales se pueden identificar los bienes y servicios ecosistémicos que se busca valorar²⁴.

Relacionar los bienes y servicios ecosistémicos con las estructuras y funciones ecológicas a las que pertenecen, permite identificar el nivel de importancia y los beneficios ampliados que se derivan de su uso y existencia, y permite dimensionar los múltiples valores que posee cada elemento en el ambiente.

3.2 Estructura metodológica para valorar integralmente los recursos naturales

Un paso posterior aquí es determinar los posibles métodos de valoración de los bienes y servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta, como lo señalan Falconi y Burbano (2004), que ningún método debe ser descalificado ni subestimado pues su referente teórico constituye un aporte a la construcción de integralidad. Así, cada método de valoración logra una aproximación al valor desde su enfoque teórico, requiriéndose la interacción de métodos que complementen la visión de ambiente (económicos, socioculturales y ecológicos), para lograr así una aproximación capital natural²⁵.

Aproximaciones al valor económico. Estas hacen referencia al pequeño subconjunto de los bienes y servicios ecosistémicos que gozan de mercado y precio, que aunque pueden estar subvalorados, la integración de métodos permite complementar su valor, sin que se genere una doble contabilidad.

La necesidad de incluir los métodos de valoración de la EA es, por una parte, debido a su estrecha relación con las actividades antrópicas de producción y consumo, para las cuales los estudios de valoración de los pasivos y activos ambientales tienen un amplio uso en la actualidad, gozan de flexibilidad y adaptabilidad a diversas situaciones e incluyen el componente social y de preferencias a la hora de realizar las valoraciones, como lo resaltan Lomas et al. (2005).

²⁴ Existen otras clasificaciones previas en las que también se subdividen en cuatro principales grupos, aunque no tan sistémicas como la presenta de Groot et al (2002) (Ver Azqueta, 2002; Barbier, Burgess y Folke, 1994, citados por Foladori, 2001).

²⁵ Desde la visión de la economía neoclásica el capital natural es visto como un stock de recursos para la producción y el consumo, afirmando que es fácilmente sustituible y reproducible por otras formas de capital. El concepto que aquí se adopta incluye también las funciones y valores de la naturaleza que son intangibles, como "un incontable, un tipo de metáfora para referirse a la exploración de un sistema aprovechado con tres variables fundamentalmente diferentes pero necesariamente interrelacionadas: ecológicas, económicas y socio-culturales" (Chiesura y de Groot, 2003, 221).

Aproximaciones al valor socio-cultural. Los elementos que componen el valor desde las percepciones socio-culturales son totalmente diferentes a lo tangible, aunque dependan de la preservación de la naturaleza. Para este sistema socio-cultural, Chiesa y de Groot (2003) afirman que el concepto de valor es primordialmente interpretado en términos de significancia, significados, percepciones y asociaciones cualitativas entre la naturaleza y la mente humana, que permitieron el desarrollo histórico de las capacidades cognitivas, espirituales y artísticas de cada sociedad.

Los métodos para capturar un valor de las preferencias socio-culturales se realizan mediante herramientas de tipo participativo como los instrumentos de tipo verbal (talleres grupales, narraciones históricas) o de tipo gráfico (cartografía social o mapas históricos) (Geilfus, 2005).

Aproximaciones al valor ecológico. Entendiendo que el mantenimiento de las estructuras y funciones de los ecosistemas, es decir que conserven la baja entropía, implica un alto valor para el beneficio humano y para el equilibrio ecológico, cualquier indicador biofísico que mida el estado y la calidad de los recursos naturales es susceptible de ser usado como medida de su valor ecológico. No obstante, los métodos de medición de los metabolismos materiales y energéticos de las sociedades permiten entender de forma más clara la pérdida o generación de valor ecológico causada por los procesos de producción-consumo de bienes y servicios manufacturados.

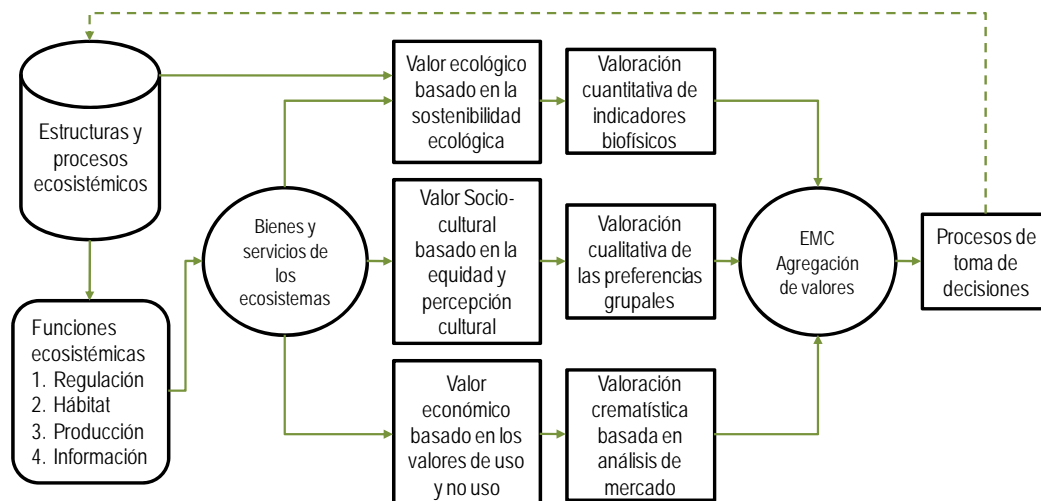
En la figura 7 se sintetiza el procedimiento para lograr valoraciones integrales a través del ejercicio de relacionar las funciones ecosistémicas y los bienes y servicios ecosistémicos con los conceptos de valor y las metodologías de valoración parcial desde cada subsistema del ambiente. El esquema señala además que no se requiere llevar a las mismas unidades de medida el valor de la naturaleza, puesto que la finalidad de el ejercicio es soportar, de maneja ajustada a la realidad, los análisis de la toma de decisiones frente al manejo que debe hacer la sociedad de los recursos naturales.

3.3 La Evaluación Multicriterio - EMC: agregación de los valores de los recursos naturales

Los problemas ambientales como la transformación de ecosistemas estratégicos, son el resultado de las complejas relaciones entre los elementos que componen el ecosistema – cultura, relaciones que reflejan los conflictos entre los valores e intereses que compiten por el uso de los recursos naturales. Para poder tomar decisiones que reviertan la transformación insostenible, se requiere evaluar, de forma integral e incluyente, las diversas aproximaciones al valor de la naturaleza que se logran desde las perspectivas económicas, ecológicas y socioculturales, para lo cual, la EMC se presenta como una

alternativa para integrar las diferentes dimensiones de una realidad en un solo marco de análisis²⁶.

Figura 7. Marco conceptual para relacionar el valor, la valoración y la evaluación integral de los bienes y servicios ecosistémicos a partir de las funciones ecosistémicas



Fuente: Modificado de de Groot, Wilson y Boumans, (2002)

Precisamente, la EMC puede definirse como ese conjunto de técnicas orientadas a asistir los procesos de toma de decisión, investigando un número de variables a la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto o complementarios (Barredo J.I., 1996, citado por Santos, 1997).

Entre las fortalezas que ofrece la EMC para el abordaje de problemas ambientales complejos en los que existen diversos criterios de valor de la naturaleza, están las de tipo epistemológico al permitir percibir y enfrentar un mundo real de múltiple representación y de complejidad reflexiva²⁷, y las de tipo operativo como la capacidad de comparar información imprecisa y mixta (cuantitativa, cualitativa, espacial, numérica, verbal) en un campo de decisión borrosa, con la participación social en la toma de decisiones y la diversidad de métodos de agregación que pueden ser usados para la representación sistémica del mundo real (Munda, 2001; Munda, 2004; Falconi y Burbano, 2004).

3.3.1 Procedimiento para la construcción del modelo de evaluación integral

Dada la importancia de incorporar en los procesos de evaluación de las transformaciones ambientales los múltiples criterios de valoración de dichas transformaciones, el modelo de evaluación debe incluir información temática cuantitativa y cualitativa. Así mismo, como las transformaciones en el campo de lo ambiental tienen su base en la transformación

²⁶ La metodologías de EMC están basadas en la idea de conmensurabilidad débil en la que la cuantificación y la comparación entre opciones están basadas en una escala ordinal de medida (ver Lomas et al, 2005).

²⁷ Los sistemas reflexivos son aquellos sistemas complejos que tienen las propiedades de conciencia y propósito (Munda, 2001).

geográfica del territorio, el modelo debe incluir variables de tipo espacial, en la medida que los Sistemas de Información Geográfica ofrecen amplias alternativas de diagnóstico y procesamiento de datos espaciales. Así mismo, los planteamientos de la EMC permiten generar alternativas en los procesos de toma de decisiones llevándolas al campo territorial, supliendo así la demanda de soluciones a los problemas espaciales complejos.

A continuación se señalan los elementos y el procedimiento de aplicación de las herramientas multicriterio para la construcción de un modelo de evaluación de transformaciones ambientales que incorpore, de manera fácil y sistemática, las valoraciones parciales desde las perspectivas ecológicas, económicas y socioculturales (Santos, 1997; Gómez y Barredo, 2005; Alzate, 2008).

3.3.1.1 Requisitos del modelo

Los elementos necesarios para la construcción de una EMC son:

Los objetivos: Dentro de la EMC, un objetivo se puede entender como una función a desarrollar; aquí el objetivo indica la estructuración de la regla de decisión o el tipo de regla de decisión a utilizar. De una forma más clara pueden ser entendidos como las alternativas a la solución de un problema ambiental en particular, las cuales pueden ser complementarias o conflictivas, pero que por lo general deberían indicar la dirección de cambio deseada (Munda, 2004; Santos, 2007)²⁸.

Los criterios: Son aquellos que dan la base para la toma de una decisión, base que puede ser medida y evaluada. Los criterios usados para la evaluación de las transformaciones ambientales en el Páramo de Guerrero corresponden a las diferentes valoraciones parciales de los recursos naturales desde las tres perspectivas ambientales señaladas en la figura 7. La selección de estos criterios se realizó en disertaciones grupales y por consulta a expertos²⁹. Los criterios utilizados incluyen factores y restricciones:

- Factor: Es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, éste por lo tanto debe ser medido en una escala continua.
- Restricción: Es un criterio que restringe la disponibilidad de algunas alternativas según la actividad evaluada; con este tipo de criterio se excluyen varias categorías de la capa analizada para la evaluación.

Las variables espaciales: La medición o evaluación de cada criterio esta intermediada por las variables espaciales que lo aterrizan a escala geográfica o que lo explican espacialmente. Por ejemplo, si un criterio de evaluación son las condiciones de suelo, una

²⁸ A pesar que es claro el conflicto ambiental que se presenta en el Páramo de Guerrero entre las actividades productivas y las de conservación y preservación, del cual se hablará en una sección posterior, esta propuesta se centra más en la proyección de las perspectivas de valor de los bienes y servicios del ecosistema, y en la combinación de las escalas de medición, que en la propuesta de alternativas de manejo de los recursos naturales del páramo.

²⁹ Las disertaciones grupales fueron realizadas por el grupo de investigación en Desarrollo Territorial Sostenible, así como también fueron consultados integrantes del Grupo de Investigación en Ecología del Paisaje y Medio Ambiente de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) <http://www.redibec.org/revibec.html>.

variable espacial será la capa temática de unidades homogéneas de suelo, que a su vez puede ser explicada por uno o más componentes espaciales específicos como las condiciones de enraizamiento o drenaje del agua.

Las reglas de decisión y la evaluación: El proceso de aplicar las reglas de decisión es llamado evaluación. El principal tópico en la EMC está relacionado con la forma como debe combinarse la información, a partir de diversos criterios, para formar un índice particular de evaluación. La regla de decisión determina la contribución individual de cada uno de los factores, para integrar los resultados después de su homogeneización. Esta operación puede realizarse mediante una función de selección, que establezca de forma lógica y/o matemática la medición de las aportaciones parciales de los factores y su adición ponderada.

3.3.1.2 Agregación de la información

En la figura 8 se esquematizan los elementos que componen la EMC y los procesos que se llevan a cabo para la combinación de la información. Debido a que la finalidad de este trabajo es el planteamiento del modelo de agregación, varios de los procedimientos enunciados en la figura 8 no se realizaron debido a que son requeridos para la implementación del modelo, más no para su enunciado.

Dentro de los diferentes métodos de EMC, las técnicas adaptadas a la lógica de la realidad borrosa ofrecen unas ventajas de aproximación a la realidad imprecisa de factores biofísicos y culturales. Una percepción borrosa es un juicio de una condición que no es medida con base en un método preciso, sino que más bien se asigna un valor intuitivo (Alzate, 2008), contrario a la lógica binaria de 0 y 1, verdadero o falso. Por lo tanto esta teoría está diseñada para tratar problemas, elementos o factores sin límites bien definidos y se sustenta en la idea de que el ambiente no está compuesto por partículas elementales indivisibles y discretas, sino que se trata de un continuo con diferentes propiedades en diferentes localizaciones (Gómez y Barredo, 2005).

Para factores continuos, una combinación lineal de pesos es la técnica de EMC más usada (Voogd, 1983, citado por Alzate, 2008). Para esta técnica, se siguen los siguientes pasos:

- Definir las categorías lingüísticas de las variables según la lógica del problema a evaluar. Esto sería identificar las categorías de alto – bajo, caliente – frío, etc., para cada factor acorde con los niveles críticos e ideales.
- Identificar y etiquetar las funciones de membresía³⁰ para cada los factores continuos que permitan llevar a valores de 0 a 1 y estandarizar todos las variables a esta escala numérica (Ver ANEXO 3).
- Establecer los ponderadores o pesos otorgados a cada variable.

³⁰ Las funciones de membresías son herramientas que permiten estandarizar factores o variables a rangos entre cero y uno para que puedan ser comparados en la misma escala de medición.

- Aplicar el modelo, superponiendo las capas – criterios entre ellas, es decir, la sumatoria de las multiplicaciones de cada componente individual por el peso otorgado a cada criterio.

Fórmula 3. Combinación lineal de pesos

$$S = \sum W_i X_i$$

Fuente: Voogd (1983, citado por Alzate 2008)

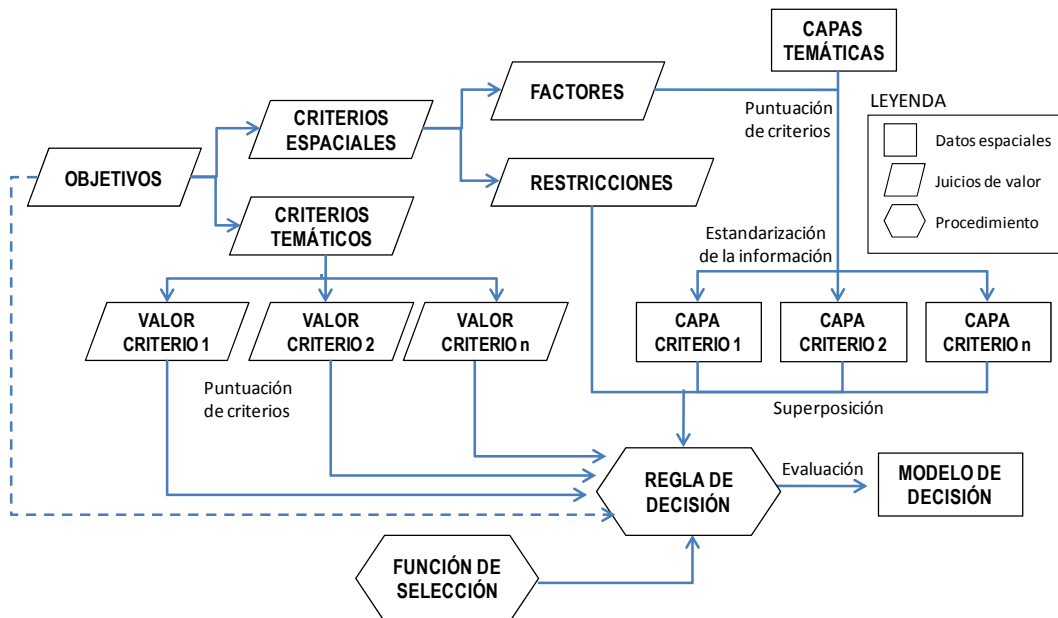
Donde:

S = Aptitud

W_i = Peso del criterio (factor) i

X_i = Valor de la alternativa del factor i

Figura 8. Marco conceptual para relacionar el valor, la valoración y la evaluación integral de los bienes y servicios ecosistémicos a partir de las funciones ecosistémicas



Fuente: Adaptado de Gómez y Barredo (2005)

El resultado de este procedimiento son los criterios espaciales y temáticos estandarizados, ponderados según su importancia y agregados, de tal forma que se obtendrá información localizada del valor de los recursos naturales en diferentes zonas de área transformada, información que permitirá la evaluación de alternativas de manejo sostenible.

4 LAS TRANSFORMACIONES AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE GUERRERO

Interpretando a Toledo (2008), la transformación de la naturaleza puede considerarse como uno de los cinco fenómenos que involucra el metabolismo de materiales y energía que realizan los seres humanos organizados en sociedad (apropian, circulan, transforman, consumen y excretan), independientemente de su situación en el espacio y en el tiempo. Asimismo, durante este proceso general de metabolismo, se genera una situación de determinación recíproca entre la sociedad y la naturaleza, pues la forma en que los seres humanos se organizan en sociedad determina la forma en que ellos transforman a la naturaleza, la cual a su vez condiciona la manera como las sociedades se configuran.

La transformación de los ecosistemas es entonces un proceso necesario para el ser humano, en la medida que este último requiere la reorganización de los elementos que componen la naturaleza para realizar las actividades que satisfacen sus necesidades. En el caso de las actividades primarias, enfocadas en la producción de alimento, estas requirieron la modificación progresiva de los ecosistemas hacia agroecosistemas más homogéneos que permitieran estandarizar y controlar las variables ecológicas para maximizar la oferta de alimentos, atendiendo al mayor crecimiento demográfico y a las demandas del mercado³¹.

Apoyándose en Márquez (2004), se puede hacer una lectura histórica de los procesos de transformación de los ecosistemas de páramo en Colombia, en la que se logra distinguir una lenta y poca modificación de sus estructuras hasta la entrada de los paquetes tecnológicos de la llamada “revolución verde” principalmente para el cultivo de papa³². Posteriormente, se da una marcada aceleración de la transformación del ecosistema. Adicionalmente, no se puede descartar el papel de los páramos como línea de frontera, en donde, por las condiciones sociopolíticas nacionales, fueron a parar familias desplazadas quienes ejercieron mayor presión sobre los recursos naturales restantes.

Entre las razones que pueden explicar la reciente transformación de los ecosistemas de páramo localizados en lugares inaccesibles, está precisamente el haber adquirido una importancia estratégica en el aprovisionamiento de bienes y servicios ecosistémicos. En tal sentido, las condiciones ecológicas de los ecosistemas de páramo han sido causa también de su transformación.

El Páramo de Guerrero es un apropiado reflejo de los cambios estructurales y funcionales que presentan estos ecosistemas. Allí, la transformación ambiental se ve reflejada principalmente en la modificación de las coberturas vegetales para la ampliación de la frontera agrícola, de la cual se derivan cambios en las demás estructuras y funciones del

³¹ En el libro “La energía de los sistemas agrarios”, de Campos y Naredo (1980), se hace un recorrido histórico de la evolución de los sistemas de producción de alimentos, en el que aborda el tema de la modificación de los entornos naturales para justificar el aumento de la producción.

³² Ver publicación de Méndez (2007) sobre las condiciones tecnológicas que determinaron la expansión de la frontera agrícola en los páramos.

ecosistema, factores que han deteriorado la vida de especies animales y de los humanos en la región. Dicha transformación es funcionalmente compleja y muy dinámica y repercute en el campo de lo social y lo económico, subsistemas que también sufren modificaciones en sus estructuras, ejemplo de esto que, existe una conexión entre transformación y empobrecimiento a partir de la pérdida de bienes y servicios ecológicos como consecuencia de la transformación.

Debido a que la transformación ambiental en el Páramo de Guerrero es un resultado de los procesos de interacción entre el ecosistema y la sociedad, esta no puede analizarse en forma completamente sectorial o desde la perspectiva de una sola disciplina, porque son el resultado de interacciones multidimensionales. Según Alzate (2006), la comprensión de la dinámica de transformación en páramo de Guerrero está supeditada a la conjunción, interacción y sinergia de varios procesos socioeconómicos, políticos, culturales y biofísicos, que ocurren a diversas escalas (nacional, regional, local), razón por la cual, a continuación se abordará la influencia de que cada uno de esos subsistemas en los procesos de transformación del Páramo de Guerrero.

4.1 Contexto institucional de las transformaciones ambientales

Un primer análisis de las transformaciones ambientales del Páramo de Guerrero es abordado desde el contexto institucional, que de alguna forma se constituye en el trasfondo regulatorio de los usos y manejos de este ecosistema. Reconocer el significado de la estructura institucional, que involucra elementos como el marco normativo y legal, las entidades públicas y privadas con injerencia en el páramo, las organizaciones sociales y ambientales mediadoras del conflicto por el territorio y la misma comunidad con su praxis cultural, es indispensable para la comprensión de los comportamientos individuales y sociales de los actores que han interactuado en el páramo durante los últimos 50 años, y que son responsables de su deterioro.

Para realizar la identificación y análisis de la estructura normativa necesariamente se tuvo en cuenta la percepción de la comunidad a través de talleres realizados sobre “mapas de actores”, “mapa histórico y línea del tiempo”, “entrevistas a actores”, complementada con información secundaria de cada municipio.

4.1.1 Actores involucrados

La finalidad de construir un mapa de actores no solo es identificar quienes han intervenido en la transformación, sino también identificar y analizar sus intereses, su importancia e influencia sobre los resultados de la intervención del ecosistema de Páramo.

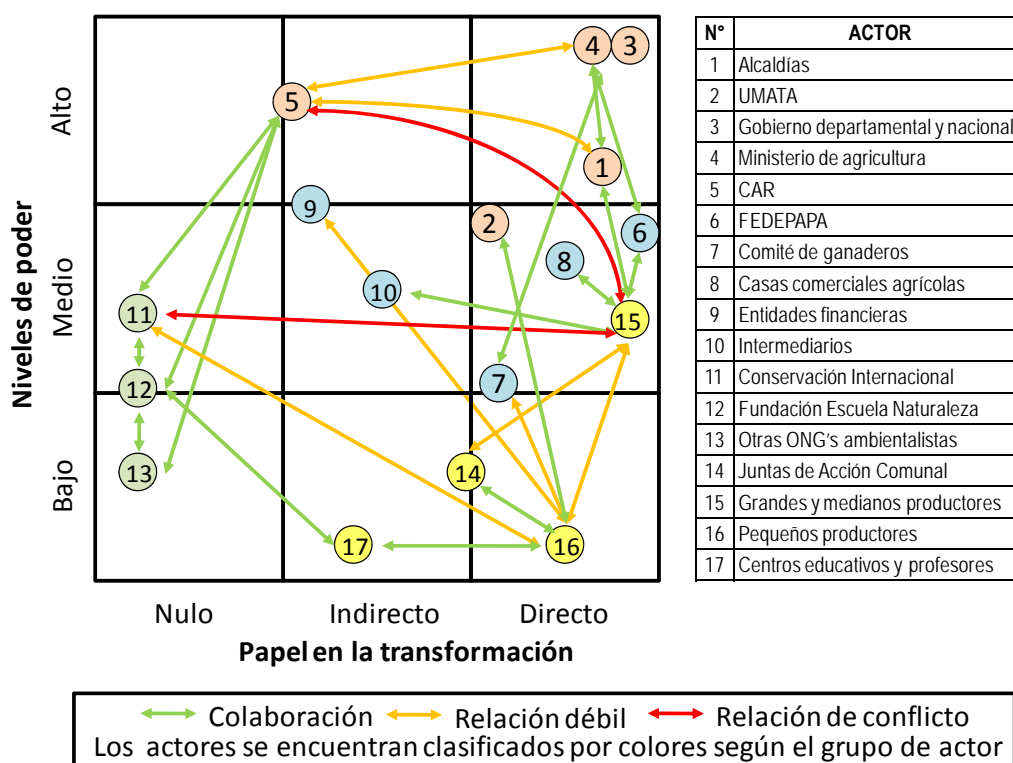
En consistencia con lo afirmado por Martín (1999), para quien el abordaje de las redes sociales se caracteriza por considerar a la sociedad en términos de estructuras las cuales se manifiestan por diferentes formas de relaciones entre actores sociales, en el Páramo de Guerrero la dinámica de relaciones entre productores, entidades y organizaciones, según sea el interés en un objetivo y/o la jerarquía de poder que los distintos actores

ocupan en dichas redes, van a definir sus juicios de valor, creencias y comportamientos frente a los recursos naturales.

La figura 9 sintetiza el comportamiento de los actores locales, regionales y nacionales con presencia en el Páramo de Guerrero frente a los procesos de transformación y su tendencia en la percepción del valor de los recursos naturales del ecosistema de páramo. La explicación detallada de la figura 9 se encuentra en el ANEXO 4.

En el mapa de actores sobresalen las relaciones de colaboración técnica, financiera, política y social alrededor de las actividades agropecuarias, principales responsables de la transformación, frente a las relaciones de colaboración de las autoridades y grupos conservacionistas que buscan detenerla. Entre estos dos grandes grupos de actores surgen las relaciones de conflicto.

Figura 9. Mapa de actores en la dinámica ambiental del Páramo de Guerrero



Fuente: Elaboración Propia a partir de Martín (1999)

En su conjunto, los actores que dinamizan en el Páramo de Guerrero son responsables por omisión, falta de gestión o acción directa, de las transformaciones biofísicas, sociales y económicas de la principal fuente de recursos de la región. Sin embargo, dada la heterogeneidad de percepciones, de las cuales no se puede saltar a conclusiones inmediatas sobre las posiciones de las partes interesadas, pueden existir beneficios sociales y económicos que justifiquen la transformación parcial de los ecosistemas, entre ellas valdría preguntarse si existe el suficiente grado de organización coordinación y

retroalimentación entre los actores para garantizar la sostenibilidad de los recursos paramunos que generan las riquezas en la zona.

4.1.2 Políticas ambientales y agropecuarias en conflicto

Más allá de la acción de las entidades, la teoría neoinstitucional define las instituciones como las “reglas de juego” de la acción humana. Estas reglas pueden ser formales (normas, instrumentos de política) e informales (percepciones, costumbres). Dentro de estas mismas reglas cobran relevancia las políticas públicas, entendidas como procesos inherentemente políticos, más que la simple ejecución instrumental de decisiones racionales; buscan modificar ciertas situaciones o alcanzar ciertos resultados, por ejemplo, en un sector económico o en el ordenamiento de un territorio (León, 2002).

A lo largo de la historia, el marco institucional construido en un territorio como el Páramo de Guerrero ha permitido la transformación de los ecosistemas allí presentes, particularmente a través de las actividades agropecuarias. Es así como la política pública territorial, la sectorial (agropecuaria) y la ambiental se desarrollan e interactúan generando una serie de cambios dinámicos en los ecosistemas.

La política sectorial³³ ha permitido la consolidación tanto de las actividades productivas como de los gremios que las representan, particularmente en el caso de la papa la acción del gremio (Fedepapa) ha estado ligada al desarrollo de los sistemas de producción, con las consecuencias que ello ha generado en materia de ampliación de la frontera agrícola, pérdida de coberturas vegetales, afectación de los recursos hídricos, entre otros.

La política territorial ha buscado el ordenamiento de las actividades bajo el supuesto de lograr una disminución en los impactos negativos generados. Este objetivo se ha visto truncado en la medida que los principales actores de los procesos de transformación (los productores agropecuarios) conciben una identidad y una pertenencia más hacia lo sectorial que hacia lo territorial. En últimas, los productores confían más en el gremio que los representa que en las autoridades político-administrativas y/o ambientales.

En cuanto a la política pública ambiental, esta se ha consolidado en la zona de estudio a partir de la década de 1990, especialmente con la declaratoria de áreas de reserva para la protección de los recursos hídricos que abastecen a los municipios. Este importante avance no deja de generar conflictos entre los productores, las autoridades municipales y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, debido a que cada instancia defiende sus propios intereses.

³³ Entre otros instrumentos políticos utilizados por el gobierno para fomentar el aprovechamiento de los recursos de los ecosistemas colombianos, entre estos los páramos y el de Guerrero en nuestro caso, están: la “ley de tierras” (ley 200 de 1936) que legalizaba la tierra a quien la usara con fines productivos; la ley 100 de 1944 que promovió la aparcería y la colonización no planificada; la misión Currie en la década de 1950 que impulsó la construcción de infraestructura vial que acercó más las tierras no colonizadas a la agricultura; la creación de instituciones como el ICA y CORPOICA que extendieron a los productores de papa las técnicas de revolución verde. Para ver más normas y hechos que fomentaron la colonización del Páramo de Guerrero consultar Méndez (2007).

Aquí cobra relevancia la formulación e implementación de una política pública integral que no sólo busque la protección de los ecosistemas sino el desarrollo de las actividades productivas bajo esquemas de conservación.

4.2 Contexto biofísico de las transformaciones ambientales

Las modificaciones biofísicas representan las pruebas más visibles de la transformación ambiental que ha tenido el Páramo de Guerrero. Entre estas, la ampliación de la frontera agrícola en detrimento de las coberturas vegetales de páramo y de bosque alto andino es quizás la primera y más contundente acción de apropiación de este ecosistema con fines productivos. Esta destrucción de la vegetación condujo, escalonadamente, a la desprotección de los suelos, a la desregulación de los caudales de agua y a la pérdida de biodiversidad, entre muchos síntomas más del cambio.

En las siguientes páginas se describe brevemente la transformación de componentes biofísicos principales del Páramo de Guerrero a causa de las actividades agropecuarias en la zona.

4.2.1 Geomorfología

Según informe de CI-CAR (2001), las geoformas de las que se encuentra compuesto el Páramo de Guerrero son serranías altas con laderas empinadas y cimas tendidas redondeadas, alcanzando alturas de hasta 3.600 m.s.n.m, las cuales se alternan con alargados valles modelados en forma de U de alturas sobre los 2.800 m.s.n.m.

También es común la presencia de altiplanos, depresiones tectónicas que durante su formación fueron ocupadas por cuerpos de agua, posteriormente sedimentada, lo cual dio origen a topografías planas. Durante la orogenia andina, las depresiones que luego se constituirían en altiplanos, estuvieron sometidas a condiciones climáticas diferentes, por lo tanto, sus sedimentos incluyen facies lacustres, fluvio-lacustres, fluvio-glaciares y fluvio-volcánicas.

En las observaciones de campo se percibe que las zonas más onduladas son las que más presión agrícola han soportado. Esta transformación inició con la mayor exposición a factores moldeadores como el viento y las precipitaciones, a partir de la eliminación de las coberturas vegetales. Ya, en una segunda instancia, la continua mecanización de los suelos y la colmatación de los valles y depresiones, moldearon el relieve a formas menos angulosas y cada vez más redondeadas, apropiadas para la producción agropecuaria.

Sin embargo, a esta gran condición de transformación, se pueden anexar otros síntomas negativos como la modificación de las zonas de recarga de acuíferos, aumento de la erosión de suelos, los movimientos de remoción en masa y el hundimiento de geoformas.

4.2.2 Recurso edáfico

Acorde con lo mencionado por León (2007), sobre la baja vocación agropecuaria de los suelos de los páramos debido a sus características químicas y físicas, la gran mayoría de formaciones edáficas del Páramo de Guerrero presentan pendientes muy inclinadas a escarpadas (superiores al 25%), profundidades superficiales (25 – 50 cm), temperaturas bajas, pH ácidos, bajo contenido de bases (Na, K, Ca, Mg) y altos contenidos de vidrio y minerales volcánicos, condiciones que determinan sus niveles bajos y muy bajos de fertilidad natural (CI-CAR, 2000). Este conjunto de circunstancias conllevan a considerar a los suelos de páramo como suelos “marginales para la producción agropecuaria, tal como lo señala Alzate en su estudio (2006).

No obstante, la presencia de zonas ligeramente planas en valles estrechos y depresiones, aunado a la disposición de paquetes tecnológicos de especies mejoradas genéticamente como la papa y algunos pastos, promueven el uso agrícola intensivo en el Páramo de Guerrero, al ser las únicas alternativas de sustento para la población. En tal sentido se debe señalar, que los suelos de páramo ofrecen una productividad necesaria para la subsistencia alimenticia de sus habitantes, sin recurrir al uso de mecanización ni de insumos químicos, panorama diferente a los objetivos comerciales de los monocultivos que desplazaron de la zona otros cultivos tradicionales.

El uso permanente y generalizado en actividades de producción agropecuaria en suelos cuya vocación natural es la conservación, y las inadecuadas prácticas de manejo agronómico, configuran el panorama acelerado de transformación de este recurso en el último medio siglo. Efectos como el cambio en la morfología del suelo por la constante mecanización, compactación en las zonas planas, pérdida de la poca fertilidad natural, erosión y la contaminación por agroquímicos, que aniquila la microfauna, son síntomas que degradan progresivamente el páramo y parecen irreversibles ante la negativa de respetar la verdadera vocación de sus suelos.

4.2.3 Recursos hídricos

El páramo de Guerrero es un páramo seco de acuerdo con la clasificación de sus niveles de pluviosidad, que corresponden a precipitaciones bianuales (abril-mayo, octubre-noviembre) que en promedio oscilan entre 750 mm y 1.100 mm anual³⁴. Este nivel bajo de precipitación otorga mayor importancia a la llamada “precipitación horizontal”, la cual no podría captarse de no ser por las coberturas vegetales que cumplen esta función receptora.

La canalización y circulación hídrica de este sistema se hace a través de una gran cantidad de corrientes de agua que se agrupan en tres principales cuencas: al Río Neusa, el Río Frío y el Río Negro. Adicionalmente, la región cuenta con tres cuerpos lénticos, el

³⁴ Este valor indica la altura que alcanza el agua caída durante el año 2.000 en un metro cuadrado de superficie, información calculada a partir de 15 estaciones meteorológicas de varias instituciones. CI-CAR (2001) indica que esta cifra de precipitación está reducida en un 27% debido a la presencia del fenómeno climático del pacífico para ese año.

embalse de Pantano Redondo y el del Neusa que fueron construidos para aprovechar el potencial hídrico en actividades de minería y consumo urbano, y la Laguna Verde que se encuentra en relativo estado de conservación.

El volumen hídrico manejado por esas cuencas es tan amplio que sus aguas irrigan un gran número de municipios (14) antes de la desembocadura en su principal receptor, el Río Bogotá, recorrido en el que sus aguas alimentan los ecosistemas de sabana y son utilizadas para el funcionamiento social y económico de la región. Según informe de la EAAAZ (2000), la cantidad promedio anual que produce el sistema del Páramo de Guerrero es del orden de los 10.375.344 m³, con caudales medios de 180 y 50 litros por segundo para las cuencas de Neusa y Río Frío, que de ser posible su almacenamiento, alcanzaría para abastecer una población de aproximadamente 190.000 habitantes durante un año, o para realizar dos cosechas de papa en una extensión de 1.750 hectáreas (EOT Tausa, 2000; PDM Tausa, 2008).

El principal uso de las aguas del sistema hídrico de Guerrero es el abastecimiento de los acueductos veredales y municipales que cubren los requerimientos de las poblaciones de Zipaquirá, Cogua, Nemocón, Sutatausa, Cucunubá y Tausa y una pequeña porción de Bogotá. En un segundo renglón de usuarios, se encuentran los más de 20.300 predios agropecuarios³⁵ de la zona de estudio, que utilizan el agua para actividades como el riego, bebida para animales, lavado de equipos, lavado de tubérculos, reservorios y fumigaciones.

El principal factor de transformación del recurso hídrico es la disminución de la disponibilidad de agua causada por la deforestación de la vegetación nativa, que se identifica con síntomas como los niveles freáticos bajos y la disminución de caudales. A esta situación se le suman la sedimentación, la colmatación de embalses y la contaminación por agroquímicos, todos ellos efectos de la presión continua de los cultivos mecanizados y las pasturas durante más de cuatro décadas.

4.2.4 Recursos biodiversos

Por el alto grado de endemismo de especies vegetales, de aves y anfibios, el páramo es uno de los ecosistemas más frágiles e importantes en cuanto a ecología, evolución y conservación (Ojeda, 2001). En tal sentido, con el alto grado de intervención y transformación de las coberturas vegetales del Páramo de Guerrero de las últimas décadas³⁶, resulta obvio inferir la pérdida de la estructura la de circulación de materia y energía, que desencadenó la desaparición de especies de fauna y flora.

Las actividades agropecuarias son la principal causa de presión sobre la biodiversidad en este páramo. La pérdida de coberturas vegetales que servían de refugio y alimento a los animales, la prevalencia del monocultivo, la paramización, la aparición y aumento de

³⁵ Valor consultado en los sumarios estadísticos catastrales de la vigencia 2009 (IGAC, 2009).

³⁶ Según los resultados de transformación de las coberturas vegetales de Alzate (2006), la mitad del bosque Alto Andino se perdió entre las décadas del 40 al 50.

plagas y enfermedades y en general la pérdida y modificación de las funciones ecosistémicas, son los síntomas que hablan de la transformación biodiversa del páramo.

Pese a su alto grado de intervención, el Páramo de Guerrero aún guarda gran riqueza de especies. Dentro de la fauna registrada, cabe mencionar la presencia de 9 especies diferentes de anfibios, 7 de reptiles, 94 de aves y 22 de mamíferos, elementos que reafirman la importancia del Páramo de Guerrero como hábitat para la fauna silvestre (CI-CAR, 2001).

4.3 Contexto socio-cultural de las transformaciones ambientales

La transformación ambiental de la zona del hoy Páramo de Guerrero causada por las actividades agrícolas principalmente, entre estas el cultivo de la papa, inicia desde la apropiación de este territorio por parte de tribus Muisca. El historiador Roberto María Tisnes (citado por CI-CAR, 2001), relata la dinámica de la población Muisca en torno al intercambio de productos de diferentes climas, artículos de alfarería y tejidos, en importantes mercados como el de Zipaquirá.

Con la colonización de los españoles, especies animales y vegetales europeas también colonizaron los ecosistemas del nuevo mundo. Los territorios Alto Andinos fueron los primeros en ser transformados por la agricultura y la ganadería, dadas las condiciones biofísicas similares a las de los ecosistemas europeos. El asentamiento de comunidades campesinas y de hacendados en las zonas de páramo, fortaleció las actividades agropecuarias que aumentaron el uso de recursos naturales del páramo (leña, agua, plantas medicinales), en la medida en que se amplió la demanda de productos alimenticios por el crecimiento poblacional. La “revolución verde” de mediados del siglo XX constituye la última etapa en la ocupación, y la que ha generado la mayor transformación del páramo hasta hoy en día.

Pero las modificaciones en el ecosistema repercuten en la misma sociedad que las generó, transformando las costumbres, tradiciones y las percepciones que sobre el páramo se han construido en el transcurso histórico antes mencionado. Al respecto, Molano (1983, 1988) relaciona la construcción cultural en torno al páramo como el resultado histórico de su apropiación:

“Desde la concepción de un mundo mítico en las culturas indígenas, donde el páramo fue habitado, gobernado, poseído, conservado y cualificado por los dioses, hasta la penetración, adecuación, explotación, cuantificación y desequilibrio geocológico de los proyectos ganaderos, mineros, agrícolas, urbanos, turísticos, estratégicos y científicos de las sociedades colonial y republicana; existen concepciones, visiones, formas de apropiación, formas de uso, sistemas de manejo, percepciones, metodologías y cotidianidad de sus habitantes, todo lo cual ha integrado esa cultura de alta montaña; no sólo como conciencia y sentimiento de identidad para sus moradores, sino como frontera a la cual está unida nuestra comprensión y también nuestra conciencia de un mundo que nos rodea en las

alturas ecuatoriales y al cual también pertenecemos por integración, por identidad o por interés” Molano (1983).

Apoyado en la importancia que tiene la construcción de identidad cultural en un territorio para la conservación de sus estructuras y funciones, se debe mencionar que el panorama cultural del Páramo de Guerrero en la actualidad es empobrecedor. Los discursos productivistas y el enfoque positivista institucional que influenciaron las prácticas locales, generaron en sus pobladores cambios en la concepción del páramo, en la idea del paisaje conservado y en la identificación de los problemas ambientales, limitándoles las posibilidades de gestionar la solución de sus problemas.

El resultado de este contexto, es la continua pérdida de identidad territorial de las comunidades que, aunado a la subvaloración de la finitud de los recursos naturales del páramo, determinan su insostenibilidad a mediano plazo.

4.3.1 Dinámica poblacional: el páramo urbanizado

Uno de los factores que explica la transformación sociocultural del Páramo de Guerrero es su comportamiento poblacional. En concordancia con la relación existente entre densidad de población y presión sobre el medio biofísico, la mayor concentración de población en la parte central del país, como la cordillera Oriental, condujo a las menores áreas relictuales de vegetación presentes hoy en día (aproximadamente 19%) (Márquez, 2004).

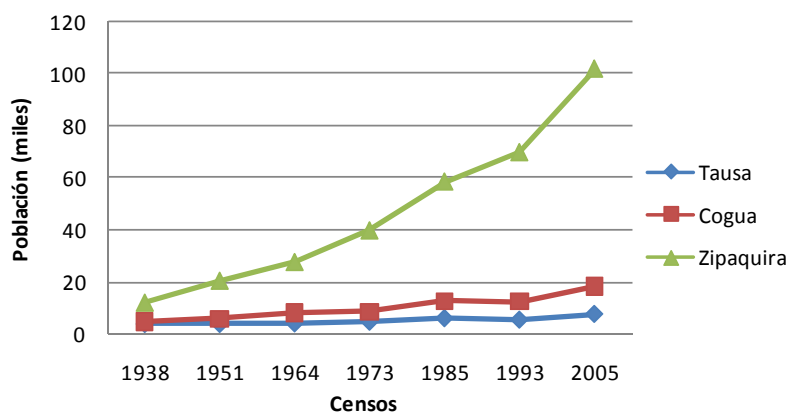
Con base en lo anterior, se puede inferir que la presión poblacional sobre el Páramo de Guerrero condujo a su transformación progresiva, jalonada por factores como: la cercanía y los vínculos con centros urbanos como Zipaquirá y Bogotá; el aumento en la demanda de alimentos y de recursos como el agua; los mayores requerimientos de mano de obra para aumentar la producción agropecuaria y minera; la ampliación de la cobertura de servicios públicos como la electricidad y acueducto; y la fragmentación paulatina de la propiedad rural, condujeron a su transformación en un páramo urbanizado.

Si se toma como referencia la información censal de los municipios que hacen parte de la zona de estudio, se observa una tendencia leve pero constante al aumento de la población (Ver figura 10). Sin embargo, aunque los datos son totales para cada municipio, la población rural (13% Zipaquirá, 60% Cogua y 90% Tausa) puede haberse disminuido por el aumento de las migraciones hacia los centros urbanos a causa de la pérdida en la rentabilidad de las actividades agropecuarias y en búsqueda de mejores condiciones de vida.

La dinámica actual de la población del Páramo de Guerrero es el resultado de variados factores sociales, económicos, políticos y hasta ecológicos. Entre las causas y síntomas que determinaron la urbanización del Páramo de Guerrero están: la continua fragmentación de las propiedades pequeñas y el crecimiento de los grandes y medianos predios, procesos que promovieron los modelos urbanos de caseríos y de agrupaciones

familiares³⁷; la migración hacia zonas de frontera para aprovechar las mejores condiciones climáticas para el cultivo de la papa; el aumento en la población flotante de otras regiones contratada como jornaleros en el cultivo de la papa; la compra de predios para la conformación de áreas protegidas que produjo migraciones a centros urbanos; presencia del fenómeno de arrendamiento de predios; entre otros.

Figura 10. Dinámica poblacional de Zipaquirá, Cogua y Tausa (1938 – 1950)



Fuente: Elaboración propia a partir de los censos nacionales de población, DANE 1938, 1951, 1964, 1973, 1985, 1993 Y 2005

4.3.2 Calidad de vida de la población

Una de las tesis que explica la transformación de los ecosistemas argumenta la relación que debe existir entre la modificación del territorio y el desarrollo que genere a sus habitantes. En tal sentido, hablar del contexto social de la transformación del Páramo de Guerrero significa remitirse a la información que dé cuenta de la calidad de vida que han adquirido las comunidades a lo largo de los procesos de apropiación y transformación del ecosistema con fines productivos.

Mediante el indicador de Necesidad Básicas Insatisfechas –NBI³⁸, se puede tener una aproximación sobre las condiciones de vida y el nivel de pobreza de la población. En el caso del Páramo de Guerrero, los municipios que lo cobijan presentan mejores nivel de vida a nivel rural que urbano, siendo Cogua el municipio cuyos hogares tienen mejor nivel de vida a nivel rural; su porcentaje de miseria es de 4,5% y de NBI es de 21,7%; le sigue

³⁷ Según información obtenida por CI-CAR (2001), la mayoría de hogares en el Páramo de Guerrero están conformados por 2 a 5 personas (54,2%), seguido por hogares entre 5 y 7 personas (18,8%), confirmando el tamaño de la población que habita el páramo.

³⁸ "El indicador de NBI busca determinar, con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado, son clasificados como pobres. Los indicadores simples seleccionados, son: viviendas inadecuadas, hacinamiento crítico, servicios inadecuados, alta dependencia económica, niños en edad escolar que no asisten a la escuela." (Dane, 2010) web http://www.dane.gov.co/index.php?Itemid=831&id=346&option=com_content§ionid=35&task=category

Zipaquirá con 5,6% de miseria y 23,8% de NBI y finalmente Tausa presenta un 10,6% de miseria y 39,4% de NBI (CI-CAR, 2001).

Aunque el indicador de NBI incluye información del nivel escolar de una población, esta no refleja de forma general el nivel educacional de las poblaciones, para tener una idea más amplia de este aspecto se pueden considerar los valores porcentuales de alfabetismo, que para los tres municipios es alto, con valores en Zipaquirá, Cogua y Tausa del 93%, 90% y 84% respectivamente³⁹.

Las condiciones de salud de los residentes del sector rural de los tres municipios coinciden con la generalidad de todo el departamento, caracterizado por la persistencia de enfermedades infecciosas asociadas a problemáticas como al inadecuado saneamiento ambiental, los malos hábitos higiénicos y alimenticios y la poca capacidad de respuesta de los servicios de salud.

A nivel rural el acceso de los servicios de energía, acueducto y alcantarillado no sobrepasa el 24% (Zipaquirá 23,9%, Cogua 22,4% y Tausa 6,9%). Los sistemas de acueductos rurales no cuentan con ningún sistema de tratamiento para la potabilización del agua y su manejo está a cargo de las Juntas de Acción Comunal o de Juntas Administradoras. En cuanto al sistema de recolección de residuos sólidos, estos son dispuestos sin ningún tipo de manejo en botaderos a cielo abierto, en áreas públicas y privadas. Los botaderos se ubican en zonas aledañas a fuentes hídricas y frecuentemente se recurre a la práctica de la quema, ya sea en los mismos botaderos o en las casas.

A pesar que los anteriores indicadores sociales no reflejan un grado alarmante de precariedad, dadas las condiciones de riqueza que rodean las explotaciones paperas, ganaderas y mineras de la zona, se creería que la calidad de vida de los habitantes del páramo debe ser mejor. Sin embargo, los síntomas sociales negativos de la transformación ambiental del páramo, causados por la actividad agropecuaria, permean temas de gran sensibilidad como la inseguridad alimentaria motivada por el monocultivo, el ingreso per cápita condicionado a la rentabilidad de los cultivos, la salud afectada por el uso de agroquímicos y la imposibilidad de progreso académico de los agricultores y sus familias.

4.4 Contexto sectorial agropecuario de las transformaciones ambientales

La actividad agrícola, el primer trabajo sedentario de la humanidad, ha existido en el Páramo de Guerrero desde hace cientos de años, cubriendo las necesidades alimenticias de sus pobladores. No obstante, solo a partir del afán colonizador de los gobiernos en la década de 1940, para impulsar el desarrollo mediante el abastecimiento de alimentos a la población nacional, se contemplo la necesidad de ampliar la frontera agrícola hacia las

³⁹ Según una encuesta realizada por Colombia Internacional a 661 personas del Páramo de Guerrero, la mayoría están ubicadas en un nivel de educación primaria (86.8%), seguido por personas con un nivel de educación secundaria (9.1%) (CI-CAR, 2001).

zonas de páramo para abastecer de cebada las cervecerías y de papa a la capital del país (Méndez, 2007).

Con la superación del aislamiento de estas zonas distantes, tras la construcción de infraestructura vial, se dio el punto de partida para la tecnificación del cultivo de la papa en los páramos de Colombia. Las condiciones fitosanitarias aptas para la producción de semilla y los continuos estímulos oficiales para la tecnificación del cultivo, culminaron en la introducción gradual de mano de obra, insumos agrícolas y maquinaria al páramo, en la medida que los efectos demostrativos de los aumentos en productividad iban convenciendo a los campesinos (Robles, 1988, citado por Méndez, 2007).

Dadas las dinámicas locales del Páramo de Guerrero, la difusión de los resultados positivos, el mayor contacto con las instituciones y la presencia de la ambición capitalista, determinaron la consolidación del gremio papero en la zona, sector que cuenta hoy en día con gran poder e influencia sobre los pequeños, medianos y grandes productores.

Por otra parte, aunque la tecnología para la producción bovina intensiva entró al país justo con las tecnologías de la “revolución verde”, su implementación en el Páramo de Guerrero estuvo atada a la asociación con la fertilización del cultivo de la papa, la cual subsidia los rendimientos en la carne y leche que se extrae de la zona⁴⁰. Así mismo, la disponibilidad de pastos resistentes como los *ryegrass* y razas de alta productividad y resistencia como *Holstein* y *Normando*, reforzaron la actividad ganadera y fortalecieron la alternancia papa – pastos, como el sistema productivo más difundido, de mayor rentabilidad y con mayor responsabilidad en la transformación ambiental de esta región.

4.4.1 Importancia del crecimiento económico

La importancia sectorial del cultivo de papa se ve reflejada en el desarrollo de la agrocadena y en los indicadores económicos de este cultivo a nivel nacional y regional. Según FEDEPAPA (2004), al ser la principal actividad agrícola de clima frío, el cultivo de la papa sobresale por ser una importante fuente de empleo rural y por generar ingresos a los agricultores minifundistas, los cuales son predominantes en esta producción.

Dentro de los municipios que comprenden el área de estudio, Zipaquirá sobresale como el municipio de mayor obtención de papa, entre los 250 municipios que la producen, con aproximadamente el 16% de la producción nacional, que equivaldrían a 50.000 toneladas anuales. Esta cifra corresponde a la producción de 415 unidades productoras, 376 productores y una extensión de 1.574 Ha, para el segundo semestre del año 2002, datos que cambian la época del año y los precios del mercado (FEDEPAPA, 2002; DANE, 2003).

⁴⁰ El fenómeno de la “revolución verde” agrupó tecnologías en maquinaria, química de abonos y mejoramiento genético tanto para plantas como para animales. En el caso de la ganadería bovina, esta se considera también un cultivo en su fase agronómica, por tanto, muchas de las tecnologías tradicionales de cultivo del páramo de Guerrero fueron desplazadas por tecnologías para el cultivo de papa.

Zipaquirá ofrece el mejor ejemplo de crecimiento económico rural a partir del cultivo de la papa, pues esta actividad ocupa el 87% del área municipal destinada a las actividades agropecuarias según su POT, asegura gran parte del porcentaje de empleo agropecuario del municipio (16,2%) y se le otorga una alta participación en el PIB per cápita rural municipal (\$5,19 millones), sin tener en cuenta, los empleos indirectos y la renta generada por actividades de distribución de insumos, empaques, transporte terrestre, maquinaria, semillas, generación de valor agregado, procesamiento y comercialización, derivadas de la producción de la papa (CCB, 2005).

A nivel económico también se hacen evidentes síntomas de la transformación del páramo. Factores como la sustitución de la mano de obra por mayor tecnificación o la variación en los costos, la rentabilidad y los precios pagados por los productos, configuran el negocio de la papa y su “simbiosis” económica con la producción ganadera.

Sin embargo, dada la contextualización de la calidad de vida de los habitantes rurales de este municipio mencionada anteriormente y la disminución de los pequeños productores en el negocio de la papa⁴¹ por la pérdida en la rentabilidad, se podría afirmar que los altos niveles de crecimiento económico que genera el cultivo de la papa, producto de la apropiación y transformación de los ecosistemas de páramo y bosque alto andino, no se tradujo en el desarrollo equitativo de las familias que habitan dichas zonas, quienes, en su mayoría, aún tienen un limitado acceso a los factores de producción, servicios públicos, educación, salud, asistencia técnica agrícola, obras de infraestructura y recreación.

4.4.2 Estructura de la propiedad rural

Entender la estructura y distribución de la propiedad rural en un ecosistema tan rico en recursos naturales como el páramo, permite evaluar de forma indirecta si la transformación que se derivó del uso de los suelos orgánicos, de las aguas o de la fauna y flora, entre otros recursos, pudo equivaler a un impacto positivo en el desarrollo social y económico igualitario o permitió simplemente la aparición de grandes propietarios de gran poder político y de la acumulación.

Dadas las condiciones sociales de producción encontradas durante los trabajos de observación en el Páramo de Guerrero se determinó que los sistemas productivos de papa y ganadería existentes según la distribución de la propiedad se pueden clasificar como: economía campesina (0 – 3 hectáreas), pequeños productores (3 – 10 hectáreas), medianos productores (10 – 50 hectáreas) y grandes productores (mayor a 50 hectáreas).

Existen diferencias significativas entre estos niveles de producción que determinan la intensidad con la que usan los recursos naturales del Páramo de Guerrero. Aunque cabe mencionar que a la luz de las prácticas de revolución verde para actividades agrícolas como el cultivo de papa, las diferencias en el deterioro de la naturaleza se remiten más a

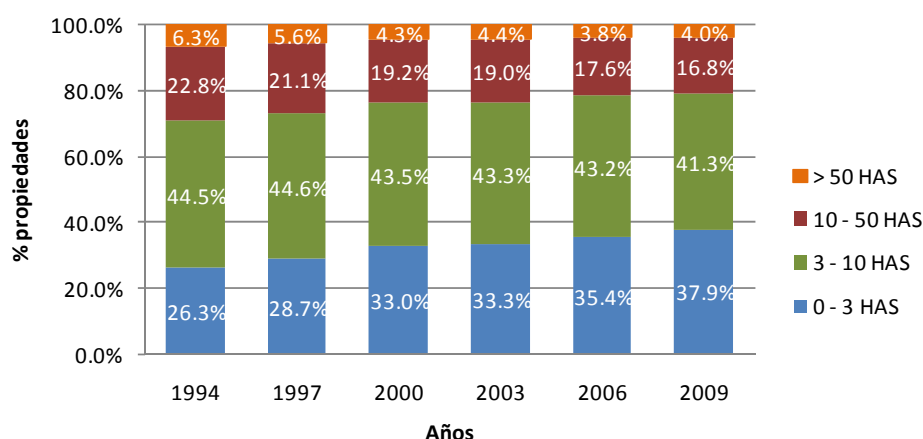
⁴¹ La mayoría de los predios entrevistados en lo referente a cargas de producción en el último año, arrojó una producción entre 10 a 100 cargas 149 (52.5%), seguidos por los predios de menos de 10 cargas 66 (23.2%) y las fincas que producen más de 250 cargas 38 (13.4%), corroborando la baja participación en el negocio de los pequeños productores. (Información tomada de entrevista personal con el productor Luis Eduardo Gutiérrez, Abril de 2009).

la extensión en el área de las explotaciones, que al uso de técnicas y de insumos agropecuarios externos. En el caso de la actividad ganadera, la capacidad de inversión en tecnológica determina con mayor precisión las explotaciones que generan un mayor daño en el ambiente debido a que esta favorece el aumento en la densidad de animales por unidad de área.

No obstante, como lo interpreta Alzate (2006), la degradación sucesiva del ambiente en el Páramo de Guerrero está asociada a la población rural pobre o de bajos recursos que ejerce una mayor presión sobre los recursos, generando aún mayor marginalidad socioeconómica.

La tendencia de un mayor número de economías de subsistencia y pequeñas producciones aplica para los tres municipios durante el periodo señalado, pero tan solo es significativo el aumento de las economías campesinas, lo que ratificaría el aumento de la marginalidad socioeconómica de este tipo de producción y la mayor degradación del suelo, principalmente (Ver ANEXO 5). Esto puede ser verificado en la figura 11.

Figura 11. Comportamiento de las explotaciones agropecuarias en el Páramo de Guerrero 1994 - 2009



Fuente: Elaboración propia a partir de los sumarios estadísticos anuales del IGAC

Empero, si se tiene en cuenta la superficie veredal que ocupan las explotaciones de mayor marginalidad socioeconómica que tan solo es del 6% para Cogua, 3% para Tausa y 5% para Zipaquirá, se determinaría que estas no son las principales causantes de deterioro ambiental del páramo frente a las medianas y grandes explotaciones que, con más del 70% del territorio, aplican mayor intensidad tecnológica.

Por lo anterior, cabe mencionar que la transformación ambiental del Páramo de Guerrero no puede ser otorgada a priori a la presencia de un mayor número de explotaciones de economía de subsistencia (fragmentación) o a la mayor extensión de las grandes producciones (concentración), puesto que intervienen otros aspectos como el nivel

tecnológico utilizado por cada productor, el fenómeno de arrendamiento de predios o de lotes para el cultivo de papa para la producción escalonada⁴².

4.4.3 Caracterización de los sistemas de producción

Los sistemas de producción pueden definirse de acuerdo con la disponibilidad y características de los recursos, los patrones de producción, la productividad, los ingresos, entre otras variables. La clasificación de sistemas de producción usualmente se deriva de estudios de diagnóstico y de gestión para el manejo de fincas. La división en sistemas de producción se justifica por la existencia de diferencias importantes tanto en los recursos disponibles y la tecnología aplicada, como en los productos generados y sus usos, haciendo viable el establecimiento de clasificaciones y/o tipologías.

Anterior a esta investigación no existían para el Páramo de Guerrero estudios de caracterización o diagnóstico de los sistemas de producción de ganadería bovina ni de ganadería asociada con papa. Un primer acercamiento a las características de este tipo de sistemas en la zona de estudio se logró, producto de esta investigación, a partir del análisis de los datos consolidados de las fichas de registro para 246 predios donde se realiza la vacunación contra fiebre aftosa y la aplicación de encuestas a los productores (Ver ANEXO 6).

El principal efecto de la ganadería bovina en la zona es la transformación de las coberturas naturales para el establecimiento de potreros, y en la medida en que la actividad se realiza con mayor intensificación se potencializan otros impactos como compactación de suelos, contaminación de cuerpos de agua, pérdida de biodiversidad, entre otros.

En la tabla 1 se hace una comparación de la actividad ganadera bovina llevada a cabo en zonas altas y zonas muy altas del Páramo de Guerrero. Esta es una clasificación muy básica que posteriormente se utiliza como insumo en la identificación y caracterización de los sistemas productivos.

A su vez, los sistemas productivos de papa varían de una región o locación a otras, según las condiciones biofísicas, sociales y económicas presentes en ellas. Estas características influyen directamente en las prácticas o actividades que desarrolla un productor en su sistema finca. En el ANEXO 6 (tabla 6.3) se describen las actividades más relevantes en un sistema de producción de papa, haciendo la diferenciación entre sistemas productivos tecnificados y convencionales.

⁴² El ciclo estacional escalonado hace referencia a una técnica de cultivo empresarial de papa, que tiene en cuenta factores como altitud, clima (precipitaciones), época del año y la oferta del tubérculo, para realizar cultivos periódicos en diferentes lotes y con ello, hacer un mejor manejo de las plagas, de la estacionalidad del agua y de los precios del mercado. Cabe señalar que para llevar a cabo este modo de cultivo, el productor debe poseer varios lotes o tomarlos en arriendo, característica común de medianos y grandes productores. (Información tomada de entrevista personal con el productor Luis Eduardo Gutierrez, Abril de 2009).

Tabla 1. Comparación de la actividad ganadera en zonas altas y muy altas del Páramo de Guerrero

ASPECTO PRODUCTIVO	ZONAS ALTAS (\leq 3300 m.s.n.m.)	ZONAS MUY ALTAS ($>$ 3300 m.s.n.m.)
Sistema productivo	Tendiente a sistemas dedicados a la lechería o en su defecto se practica un doble propósito con mayor número de ordeños y cultivos de papa más tecnificados.	Por las condiciones se tiende a dejar los animales en engorde, principalmente machos. Son sistemas de ceba o doble propósito con tendencia a producción de carne.
Tipo de pasturas	Se encuentran forrajes con alta demanda de insumos, como son el pasto raigrás o especies de leguminosas como lotus o carretones (tréboles).	Pastos de bajo valor nutritivo, que dan cuenta de lotes en estado de descanso para ser usados en rotación con cultivos de papa.
Carga animal	Por la oferta de alimento existe presencia de mayor número de animales por unidad de área, que puede oscilar entre 2 a 5 por hectárea.	Por la reducida oferta de alimento son características las cargas animales menores a 2 bovinos/Ha.
Tipo racial	Predominan las razas especializadas para leche como Holstein negro y rojo y razas de doble propósito como la Normando.	Presencia de Normando y cruces de esta raza con bovinos criollos o mestizos, debido a la rusticidad requerida en estas zonas.
Tecnificación y uso de insumos	Es evidente la tecnificación en equipos e instalaciones ganaderas. Así mismo, el uso de agroquímicos para el mantenimiento de pasturas, medicamentos veterinarios e insumos para el ordeño.	La presencia de tecnología es poca o nula en algunos casos. El potencial genético de los animales y las pasturas es mucho más reducido. Pueden existir bebederos y saladeros portátiles.
Pendiente del terreno	Las condiciones de pendiente permiten realizar las actividades productivas ganaderas y paperas con mayor facilidad.	Existen lomeríos y pendiente moderada a pronunciada. Aunque esto dificulta las labores, se observan cultivos y potreros en los límites con las áreas de páramo.
Arvenses y vegetación nativa	La presencia de árboles nativos es reducida; esta se limita a las rondas de los cuerpos de agua o están aislados en los potreros. Las arvenses son controladas con productos químicos.	Los potreros se encuentran invadidos por arvenses, debido al bajo control. Los árboles y arbustos se encuentran dispuestos en pequeños parches que en algunos sitios conforman corredores de vegetación.
Disponibilidad del recurso agua	El agua para estos sistemas es más demandada por la necesidad de riego, limpieza de equipos de ordeño y mayor número de lotes en cultivo y animales. La ubicación de las explotaciones es estratégica con respecto a este recurso.	El agua en estas zonas es más escasa y por la pendiente de los terrenos se dificulta su retención. No hay una demanda del recurso tan elevada y las especies que allí se manejan son más resistentes a su escasez.
Objeto social de la actividad	Por las condiciones antes descritas se puede inferir que el objetivo de estos sistemas es más comercial, en la medida en que se tiene una mayor rentabilidad y un flujo de caja constante, especialmente en el caso de la lechería.	En estas zonas la ganadería constituye más una actividad de subsistencia o permite generar unos excedentes de capital a largo plazo, cuando los animales finalizan su ciclo de ceba y son vendidos en ferias ganaderas. No existe liquidez constante en el negocio por lo que las inversiones son menores.
Presencia de viviendas	Al ser sistemas más tecnificados y con mayores inversiones, la presencia de viviendas aledañas es mayor, puesto que requieren de más control de las actividades y procesos productivos. Así mismo, las condiciones de vivienda pueden ser mejores en estas locaciones.	La presencia de viviendas en estas zonas es menor, dadas las condiciones del entorno y debido a que el sistema no demanda mayores cuidados ni mano de obra. Las condiciones de vida en estas zonas son deficitarias.

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.1 Características de los sistemas de producción de papa

En cuanto a la producción de papa, es evidente en la zona denominada Páramo de Guerrero el predominio de sistemas de producción convencionales, característicos de la revolución verde, desarrollados por grandes productores en predios propios o arrendados a otros productores de menor escala productiva; estos últimos han visto limitada su actividad debido a que no cuentan con el capital de trabajo necesario. Esta situación configura un proceso de oligopolización en la oferta regional de papa, que está siendo controlada por un grupo de grandes productores con actividad en la zona.

Las características observables de los sistemas de papa, dan cuenta del uso generalizado y permanente del paquete de agroquímicos en las diferentes etapas del cultivo, prácticas de labranza en zonas de ladera que afectan las condiciones del suelo, deforestación que incluye la transformación de las rondas de ríos y quebradas, uso de mano de obra foránea que no cuenta con las condiciones laborales necesarias para el desarrollo de este tipo de actividades, entre otros elementos de este monocultivo comercial que denotan la alta presión sobre los recursos de los ecosistemas de páramo.

Aunque en esta zona lo normal es que en las rotaciones del cultivo de la papa se realicen dos ciclos productivos consecutivos entre períodos de barbecho o pastoreo, en algunos casos se dan hasta tres o cuatro cultivos seguidos, lo cual no permite que los suelos recuperen sus condiciones, exponiéndolos a procesos de degradación o remoción.

Es importante resaltar que esta región es de las más importantes para la producción de papa a escala nacional. Algunos de los grandes productores con presencia en la zona hacen parte de las esferas directivas del gremio (Fedepapa), han participado en el desarrollo de variedades más productivas, son productores de semilla certificada y participan en la comercialización de insumos y maquinaria para el cultivo.

A partir de la información procedente de las encuestas de caracterización, se establecieron una serie de características o tendencias generales de la producción papera en el Páramo de Guerrero, entre las cuales se destacan las siguientes:

- El 62,8% de los predios con actividad ganadera, incluyen dentro de sus actividades la producción de papa.
- En promedio, por cada predio, se destinan 12,4 hectáreas para el cultivo de papa, divididas en 3,3 lotes.
- Entre las razones que se tienen en cuenta para destinar áreas de la finca al cultivo de papa, se destaca la pérdida de productividad del pasto.
- Las prácticas que predominan para la adecuación del suelo son el arado y el surcado, mientras que para las prácticas de labranza se utiliza principalmente el arado (de cincel o de disco) y el rotocultor.
- El uso del tractor para estas labores es generalizado. Los propietarios de la maquinaria son los grandes productores, quienes la alquilan a los pequeños y medianos.

- Las variedades de papa más cultivadas en la región son la pastusa normal, la parda pastusa y la pastusa suprema, siendo esta última variedad la más difundida en años recientes debido principalmente a su mayor rendimiento en comparación con otras variedades.
- En promedio, el cultivo de papa tiene una duración en la zona de siete meses, con un período de descanso de 3,4 años. En un lote se realizan dos cultivos continuos y se tiene un rendimiento promedio de 16 toneladas (aproximadamente 180 cargas) por hectárea.
- Se realizan dos aplicaciones de fertilización química en cada cultivo, en una cantidad promedio de 1444,6 Kg/Ha. En los pocos casos donde se utiliza fertilización orgánica (principalmente con gallinaza), se hace una sola aplicación a razón de 507,7 Kg/Ha en promedio. Para la enmienda (corrección del pH del suelo) se aplican en promedio 510 Kg de cal dolomita por hectárea.

En cuanto a la aplicación de plaguicidas y/o herbicidas se llevan a cabo alrededor de 10 aspersiones (aplicaciones) en un ciclo de cultivo, en cantidades que varían según el producto utilizado y el nivel de afectación o infestación.

4.4.3.2 Caracterización de los sistemas de producción bovina

Hasta hace algunos años, la ganadería bovina en el Páramo de Guerrero se desarrollaba como una actividad complementaria a la producción de papa, incluso marginal con relación a esta última, a fin de aprovechar los períodos de descanso del suelo entre los ciclos de cultivo. No obstante, la dinámica de la actividad ganadera ha llevado al establecimiento de sistemas predominantes o permanentes en la zona, manejados por medianos y grandes productores que cuentan con la capacidad económica de inversión y, así mismo, les permite tener una liquidez constante a diferencia de otras actividades agropecuarias.

El análisis de la información permitió la identificación de los siguientes sistemas de producción de ganadería bovina en el Páramo de Guerrero: a) Lechería, b) Doble propósito, c) Ceba, d) Cría y levante.. La caracterización los dos principales sistemas se presenta en los numerales siguientes y el resumen de la información de los sistemas de producción bovina puede ser observada en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de la caracterización de los sistemas de producción agropecuarios del Páramo de Guerrero

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	Unidad	LECHERÍA	CEBA	DOBLE PROP	CRÍA - LEVANTE
INFORMACIÓN GENERAL					
ESTRUCTURA GENERAL DE LA FINCA (Área) (Ha)					
Altitud promedio	m.s.n.m	3,260	3,338	3,200	3,400
Total explotaciones	Unidad	21	23	28	6
Si existe relación con la papa	%	61.9%	60.9%	67.9%	50.0%

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	Unidad	LECHERÍA	CEBA	DOBLE PROP	CRÍA - LEVANTE
INFORMACIÓN SOBRE ASPECTOS AMBIENTALES					
SUELOS					
Si presenta zonas compactadas por pisoteo	%	47.6%	39.1%	46.4%	16.7%
Si presenta zonas de bajo enraizamiento	%	14.3%	26.1%	32.1%	0.0%
Si presentan áreas con pérdida de suelo	%	4.8%	13.0%	10.7%	0.0%
AGUA					
Si presenta pérdida en disponibilidad de agua	%	61.9%	60.9%	64.3%	83.3%
BIODIVERSIDAD					
Si presenta pérdida de coberturas vegetales	%	38.1%	21.7%	39.3%	33.3%
INFORMACIÓN SOBRE PASTOREO					
ESTRUCTURA DE PASTOS Y FORRAJES					
Pastos introducidos 90-100%	%	90.5%	43.5%	64.3%	83.3%
Falsa poa – Ryegrass	%	33.3%	21.7%	35.7%	50.0%
MANEJO DE PRADERAS					
Fertilización para renovar praderas	%	4.8%	13.0%	14.3%	0.0%
Sistema de pastoreo rotacional: cerca fija	%	57.1%	78.3%	50.0%	66.7%
Periodo de rebrote 45-60 días	%	57.1%	26.1%	57.1%	50.0%
Carga animal promedio 1 – 2	%	52.4%	60.9%	60.7%	66.7%
Promedio de los que hacen fertilización química	Kg/ha	350.0	420.0	373.8	500.0
INFORMACIÓN SOBRE EL CULTIVO DE PAPA					
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL CULTIVO					
Pérdida productiva de pasto	%	30.8%	71.4%	52.6%	66.7%
Duración del periodo de descanso	Años	3.3	3.8	3.3	3.3
Promedio cultivos continuos de papa	Unidad	1.7	1.9	1.9	2.3
Promedio rendimiento por hectárea (Ton)	Ton/Ha	18.9	15.7	14.4	15.7
Promedio de aplicación: Química	Kg/Ha	1403.1	1478.6	1427.8	1566.7
INFORMACIÓN SOBRE PRODUCTOS					
LECHE					
Leche diaria (Por animal) en época seca	Litro	11		8	
Leche diaria (Por animal) en época de lluvias	Litro	12.5		9.4	
Precio promedio litro leche	\$	731		705	
ANIMALES - CARNE					
Vende los animales a intermediarios	%	83.3%	78.3%	85.7%	0.0%
Precio promedio novillas de vientre	\$	800,000		800,000	900,000
Precio promedio animales cebados	(\$/Kg)	-	3,396	3,302	
PAPA					
Vende la papa central de abastos	%	53.8%	85.7%	57.9%	66.7%
Precio promedio carga de papa	\$	77,083	87,500	70,105	86,667

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	Unidad	LECHERÍA	CEBA	DOBLE PROP	CRÍA - LEVANTE
INFORMACIÓN SOBRE ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS					
PAPA					
Promedio de trabajadores permanentes	Unidad	1	0	1	0
Promedio de trabajadores ocasionales	Unidad	2	2	2	1

Fuente: Elaboración propia

a) Sistemas de producción de lechería

En sistemas de producción de lechería se clasificaron 21 de las 78 fincas caracterizadas (26,9%). El 61,9% de estas 21 fincas incluye dentro de sus actividades la producción de papa. De acuerdo con la estructura de la encuesta, a continuación se especifican los aspectos biofísicos, de gestión ambiental, productivos y socioeconómicos que caracterizan este sistema productivo.

Aspectos biofísicos: En la zona de estudio, este sistema se desarrolla a altitudes menores a 3300 m.s.n.m., en predios que en promedio tienen un área total de 66,1 hectáreas y que en la mayoría de los casos (71,4%) pertenecen a un único propietario.

Debido a las mayores exigencias en términos de producción de pasto, este sistema es el único donde una parte considerable de los productores (42,9%) acostumbra a realizar análisis de suelos para obtener las recomendaciones de fertilización según las necesidades. El mayor porcentaje de problemas de compactación es debido a la mayor densidad de animales y a mayor frecuencia en la mecanización.

En cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico, el 61,9 % de las fincas clasificadas en el sistema de lechería se ven afectadas por la disminución de los caudales durante el período seco. Aunque los productores reconocen ampliamente la pérdida en la disponibilidad del recurso, no lo hacen con los posibles impactos que su actividad productiva puede generar sobre la cantidad y calidad del mismo.

Manejo de residuos: El vertimiento de las aguas domésticas se realiza principalmente en pozo séptico; donde existen establos, las aguas de lavado se disponen en canales (vallados). En el 90,5% de los casos, los excrementos de los animales se dispersan en los potreros sin ningún tipo de tratamiento.

Aspectos productivos: Debido a la mayor demanda de insumos para la producción de leche y a las necesidades de manejo de los animales, es común encontrar, en este tipo de sistemas, instalaciones como son bodegas, establos y corrales. Solamente el 19% de las fincas clasificadas en sistemas de lechería cuenta con sala de ordeño. En cuanto a equipos de producción el 57,1% de los encuestados posee equipo de ordeño, el 14,3% tanque de frío, el 33,3% tractor y sus implementos y el 19% equipo de riego. Este componente tecnológico, basado en el mayor uso de recursos físicos o materiales, es una de las características que diferencian el sistema de producción de lechería.

Se utilizan primordialmente pastos introducidos, con base en raigrás sólo, en mezcla con falsa poa o con falsa poa y azul orchoro. El 38,1 % de los productores dicen utilizar pastos de corte en una baja proporción.

Las praderas se renuevan a través de la rotación con cultivos (básicamente papa) o con prácticas de renovación mecánica y fertilización. En el 57,1% de las fincas se usa el sistema de pastoreo rotacional con cerca fija, el 28,6% utiliza pastoreo por franjas y el 14,3% combina ambos sistemas. En el 52,4% de los casos se manejan cargas de 1-2 animales/Ha y el 19% tiene 0,5-1 animales/Ha.

En el 76,2% de las fincas lecheras caracterizadas se realizan dos ordeños diarios. Esta actividad se desarrolla de forma manual (47,6%), con equipo de ordeño fijo (28,6%) o portátil (23,8%). La producción de leche diaria por ható en época de lluvias promedia los 500,5 litros, equivalente a 12,5 litros/animal; en época seca los productores reportan una disminución en la producción de leche del orden de 8%.

Aspectos socioeconómicos: Este sistema es más demandante de mano de obra debido principalmente a las labores de ordeño. La lechería ocupa al 39,9% de los trabajadores permanentes relacionados con la actividad ganadera en la región, y al 35,4% de los ocasionales.

Aproximadamente el 40% de los costos de producción corresponde a la compra de insumos para ganadería (fertilizantes, sales, alimento balanceado, droga veterinaria, entre otros); porcentaje que se incrementa cuando se produce papa en la finca. La mano de obra equivale al 30%. El porcentaje restante (30%) se distribuye entre costos como el alquiler y mantenimiento de equipos e instalaciones, compra de implementos de trabajo, pago de impuestos y servicios públicos, entre otros.

b) Sistema de producción doble propósito

Fueron clasificadas 28 fincas dentro de este sistema de producción (35,9% del total de fincas caracterizadas). En el 67,9% de estos sistemas de doble propósito también se maneja la producción papera. Las características más importantes del sistema ganadero doble propósito, desarrollado en el Páramo de Guerrero, se describen a continuación.

Aspectos biofísicos: Los sistemas de doble utilidad (producción de leche y animales cebados en una sola unidad productiva) se dan en diferentes rangos de altitud dentro de la zona de estudio priorizada, pero con tendencia a su masificación en altitudes mayores a 3300 m.s.n.m. El promedio del tamaño total de los predios es de 35,5 Ha, correspondiendo el 73,8% de esta área al uso en pastos.

Según su percepción, el 46,4% de los encuestados reportan problemas de compactación por pisoteo del ganado, con un grado de afectación de alrededor de 1 Ha. En algunos casos (10,7% de las fincas), se reconocen problemas muy localizados de arrastre de suelos por acción del agua (erosión hídrica).

Al igual que en los otros sistemas de producción, las explotaciones ganaderas doble propósito se ven afectadas por la disminución en la disponibilidad de agua durante el

período seco. Solamente en estos sistemas se tuvo un reconocimiento (7,1% de los casos) de los problemas de calidad en el recurso hídrico.

Manejo de residuos: Las aguas domésticas se vierten en el suelo (28,6% de las fincas), en vallados (21,4%) o en pozo séptico (21,4%). Los excrementos de los animales se dispersan en los potreros, las basuras orgánicas se incorporan al suelo o se queman, y las inorgánicas generalmente se queman.

Aspectos productivos: A diferencia de los sistemas de producción de lechería, la inversión en recursos físicos (equipos e instalaciones) es mucho más baja en el doble propósito. En ningún caso se encontró sala de ordeño o equipos para riego; sólo en el 10,7% de las fincas encuestadas se cuenta con establo para el manejo del ganado, el 7,1% posee equipo de ordeño y el 10,7% tractor.

La base forrajera son los pastos introducidos, principalmente la mezcla raigrás-falsa poa. No obstante, hay presencia de gramas nativas y del pasto conocido como pelo e' burro.

La renovación de praderas se hace básicamente a través de la rotación con cultivos (papa). En el 50% de las fincas se usa el sistema de pastoreo rotacional con cerca fija, el 39,3% utiliza pastoreo por franjas y el 10,7% combina ambos sistemas. Se manejan diez potreros por finca en promedio, con áreas mayores a 1 Ha. En el 57,1% de los casos se tienen períodos de descanso de los lotes entre 45 y 60 días, y en el 39,3% es mayor a 60 días. Se manejan cargas de 1-2 animales/Ha en el 60,7% de las fincas y de 0,5-1 animales/Ha en el 28,6%. La raza más utilizada en ganaderías doble propósito de la zona es la Normando, ya sea pura o en cruces con Holstein, ganado criollo o mestizo.

Lo común en estos sistemas es realizar un ordeño diario (75% de las fincas), en forma manual (92,9%). La producción promedio de leche por hatillo en época de lluvias es de 158,2 litros/día, equivalente a 9,4 litros/animal; según los ganaderos en época seca se disminuye la producción de leche en un 12,5%.

Aspectos socioeconómicos: Los sistemas de doble utilidad son menos demandantes de mano de obra que los de lechería. En fincas de doble propósito labora el 29,7% de los trabajadores permanentes y el 30,8% de los ocasionales, relacionados con la actividad ganadera en la zona de estudio.

Los insumos para ganadería representan aproximadamente el 50% de los costos de producción en estos sistemas; la mano de obra equivale al 20%. El porcentaje restante (30%) incluye costos de mantenimiento de instalaciones y equipos necesarios para la producción, pago de impuestos, servicios públicos y transporte de animales.

4.5 Representación ambiental del Páramo de Guerrero

Como síntesis y complemento de la contextualización de las transformaciones ambientales del Páramo de Guerrero se presenta a continuación un diagrama esquemático de los factores y de algunas de las relaciones principales que marcan la tendencia a la transformación de este ecosistema (Ver figura 12).

Entendiendo que los modelos de interpretación ambiental pretenden aproximar el comportamiento real de un territorio, el diagrama presentado propone una representación ambiental general que sintetice los componentes del medio ecosistémico y del sistema cultural⁴³. Estos órdenes se encuentran vinculados a través de las interacciones en torno a las actividades agropecuarias y las relaciones señalan las tendencias a la transformación del páramo.

El diagrama muestra una serie de componentes ambientales del Páramo de Guerrero, interdependientes entre sí, que se clasifican en tres grandes grupos: (1) los elementos de organización y estructuración social que contienen la lógica de los valores e intereses para la apropiación del territorio (módulos de color azul), que a través de (2) los instrumentos, técnicas y procesos productivos (módulos de color naranja), condujeron a la transformación de (3) las funciones y estructuras del ecosistema de páramo (los módulos de color verde). Así mismo, las modificaciones en el ecosistema conllevaron a transformaciones recíprocas en la organización social como la marginación socioeconómica, en los procesos productivos como la intensificación del cultivo de la papa y en usos alternativos del suelo como la creación de reservas forestales.

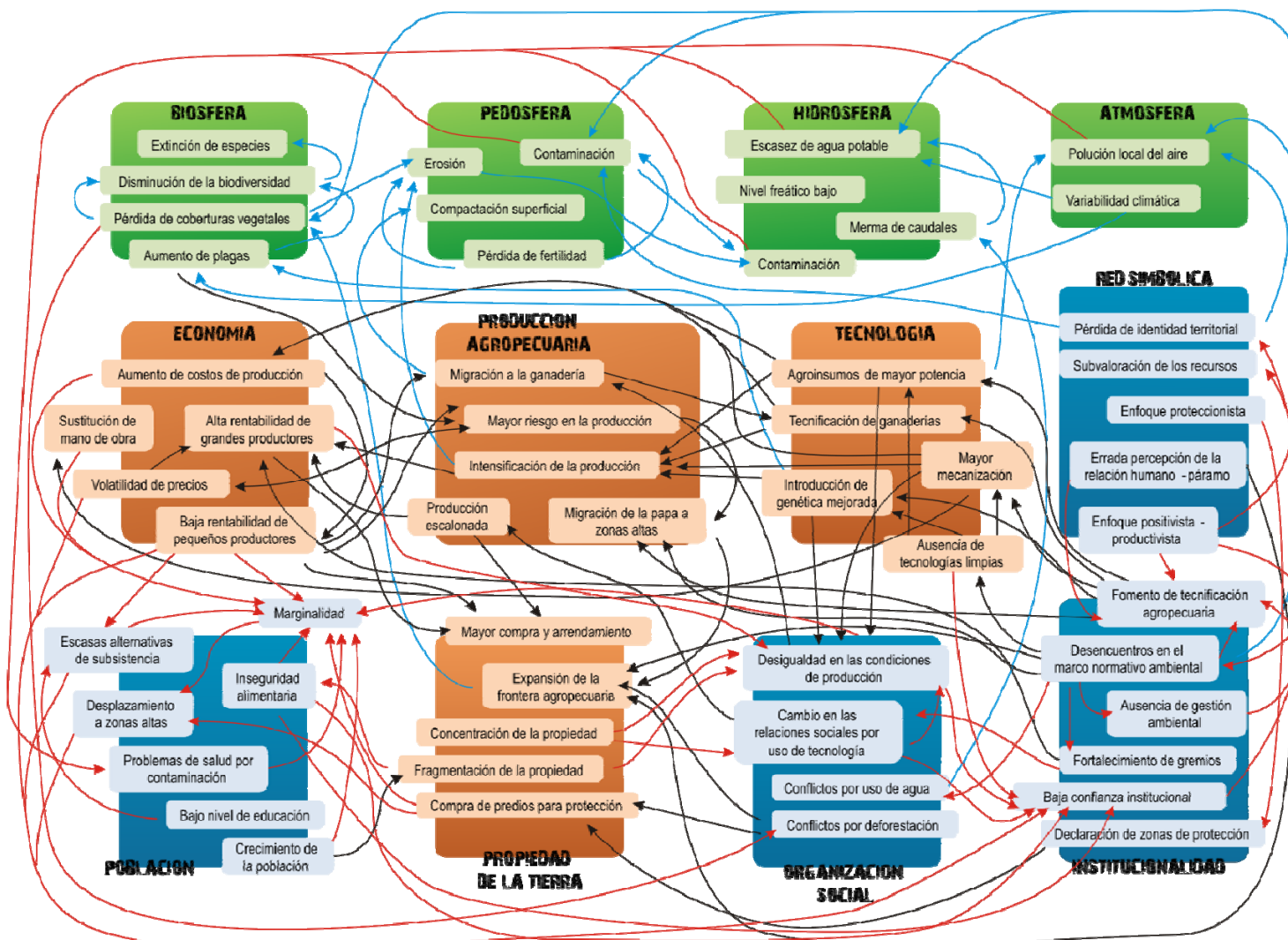
Los módulos de los componentes ambientales contienen a su vez las principales señales y efectos de la transformación ambiental del Páramo de Guerrero, los cuales se encuentran relacionados con flechas que indican la tendencia a la transformación de las funciones y estructuras ecosistémicas (flechas de color azul), la tendencia a la transformación de los instrumentos y medios de producción (flechas de color negro) y la tendencia a la transformación de las estructuras y organización social de los actores involucrados (flechas de color rojo).

Dentro de esta interpretación ambiental del Páramo de Guerrero se pueden hacer lecturas más detalladas de las relaciones entre componentes y entre señales de la transformación., Sin embargo, como se mencionó al principio de este capítulo, la transformación ambiental del páramo es el resultado de variados procesos antrópicos y ecológicos que la convierten en funcionalmente compleja y muy dinámica, razón por la cual, a lo largo de este capítulo han sido explicadas algunas de las relaciones, otras se mencionan sucintamente y otras requieren de trabajos de investigación más detallados y centrados en componentes específicos⁴⁴.

⁴³ Es importante señalar que el diagrama no corresponde a un modelo de interpretación ambiental formal, ni este busca cuantificar las relaciones entre los factores de la transformación, en cambio, pretende únicamente, resumir algunas de las cualidades de la transformación ambiental mencionadas en los apartes anteriores. Este esquema se construyó con el apoyo del equipo de trabajo del grupo de investigación en Desarrollo Territorial Sostenible y con aportes de Alzate (2006).

⁴⁴ Para ampliar más las relaciones entre síntomas de la transformación ambiental del Páramo de Guerrero, consultar Alzate (2006) en las relaciones de la marginalidad socioeconómica y del componente edafológico, Méndez (2007) en las relaciones del componente tecnológico, en las relaciones del componente agrícola y político ver Valbuena (2006). Así mismo se podrán consultar investigaciones que explican las relaciones del componente institucional ver Cubillos (2010) y las relaciones de la biosfera ver Chavez (2010) trabajos de grado del grupo de investigación en Desarrollo Territorial Sostenible de la Universidad Nacional de Colombia.

Figura 12. Mapa de componentes y relaciones de la transformación ambiental en el Páramo de Guerrero



Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo interdisciplinario del grupo de investigación en Desarrollo Territorial Sostenible.

5 ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS TRANSFORMACIONES AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE GUERRERO

Tal como se ha mencionado, calcular el valor total de un bien o servicio, o de un ecosistema es un ejercicio aproximativo debido a la dificultad de involucrar la complejidad de todos los elementos, relaciones y funciones de la naturaleza en el valor de los bienes y servicios ecosistémicos apropiados por el humano. No obstante, la similitud con que se pueda acercarse a la realidad dependerá de las variables seleccionadas y de la información disponible para lograrlo.

El Páramo de Guerrero simboliza una fuente de recursos naturales importantes e imprescindibles para el bienestar de los pobladores de su área de influencia. Aparte de las funciones hídricas, la regulación climática y ser refugio de especies endémicas de flora y fauna, que le otorgan gran importancia paisajística a este ecosistema, sus recursos son el sustento económico de decenas de familias campesinas, que tradicionalmente cultivan la papa y los pastos para ganadería. Por tal motivo, los criterios que se utilicen para evaluar las transformaciones del páramo con miras a su sostenibilidad, deben tener en cuenta la coexistencia entre el ser humano y la naturaleza.

Debido a la necesidad de proteger un ecosistema estratégico, como han sido denominados los páramos por el papel fundamental que cumplen en el sostenimiento de procesos naturales, sociales, económicos, ecológicos y culturales (Márquez, 2004), esta propuesta de evaluación integral de las transformaciones ofrece la posibilidad de calificar la calidad y cantidad de los recursos fundamentales para la sostenibilidad del ecosistema como el suelo y las coberturas vegetales, permite contar con indicadores biofísicos para medir la eficiencia en el uso de materia y energía en los procesos de producción y consumo, incluye la importancia del bienestar social en el estado de los bienes y servicios ecosistémicos y determina las bases para la evaluación de las alternativas de manejo existentes y las propuestas en los planes de desarrollo territorial para la toma de decisiones relacionadas con la intervención o preservación de los recursos naturales allí presentes.

Este diseño de valoración integral abarca criterios que miden la dinámica espacio temporal de algunos bienes y servicios ofrecidos por el Páramo de Guerrero, desde la cuantificación física de los recursos, las percepciones de sus habitantes en cuanto al uso de los recursos, la calidad de vida y el bienestar que brindan o restringen, y los comportamientos de los mercados como el agua y de tierras. En el ANEXO 7 se presenta una síntesis de los criterios propuestos para evaluar integral y parcialmente las transformaciones en el Páramo de Guerrero y en la que se depositan los tópicos teóricos mencionados a lo largo del texto.

En el ANEXO 7 se clasifican los criterios según el componente ambiental y las funciones ecosistémicas que se valoran, incluye las posibles variables espaciales y temáticas que se calcularían y el procedimiento general para su obtención y explica, fundamentalmente,

la relación que existe entre el criterio seleccionado con el valor social, ecológico y/o económico de los bienes o servicios ecosistémicos a los cuales pertenecen las funciones que cobija.

Cabe señalar que la lógica utilizada para relacionar el papel de la variable con el valor de los recursos naturales, consiste en determinar que los recursos naturales que presentan mayor degradación o escasez tienen un mayor valor debido a que tienen un mayor costo su recuperación con fines proteccionistas o requiere más tecnología para hacerlos productivos. Esta, aunque es una lógica de mercados, permite determinar el valor de compensación que se debe incorporar, sea este de tipo técnico, educativo, legal, social, e incluso, económico.

5.1 Descripción de algunos criterios de evaluación y de sus valoraciones parciales

Como complemento a la propuesta de los criterios de evaluación de las transformaciones ambientales del Páramo de Guerrero, a continuación se ampliará la explicación de algunos de los criterios, haciendo énfasis en el significado del criterio, en la pertinencia de su uso, en las variables o indicadores que utiliza, en los procedimientos metodológicos para su cálculo u obtención y, por último, se presentan unos resultados parciales y aproximados de su aplicabilidad para el Páramo de Guerrero.

5.1.1 Transformación de las coberturas vegetales

Como ya se ha mencionado, la modificación de las coberturas vegetales es el síntoma más visible de la transformación ambiental del Páramo de Guerrero, razón por la cual, la identificación, caracterización y seguimiento de las coberturas vegetales y de los usos de los suelos, permiten develar la dinámica de estas transformaciones en el contexto de un análisis multitemporal.

La modificación de las coberturas naturales tiene, entre otras consecuencias, la pérdida de regulación del recurso hídrico, predispone los suelos a la erosión, provoca la desaparición de especies de fauna, cambia los patrones microclimáticos y genera una modificación en el paisaje. Por el contrario, la presencia de zonas de protección donde las transformaciones ambientales han sido mínimas, tienen un alto valor para el equilibrio tanto del ecosistema como de los agroecosistemas.

El análisis espacial de las coberturas vegetales se realiza a través de sistemas de información geográfica, con la interpretación de imágenes aéreas y satelitales. Con el fin de ilustrar la dinámica de los cambios de las coberturas vegetales en el Páramo de Guerrero, se muestran los resultados de la interpretación fotográfica en un periodo de tiempo de setenta años, desde 1940 hasta el año 2007, realizado por el grupo de

investigación en Desarrollo Territorial Sostenible del Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia⁴⁵.

El análisis realizado para caracterizar la transformación de las coberturas vegetales del Complejo Páramo de Guerrero en las décadas comprendidas en el periodo 1940-2007 y analizar el proceso de cambio de las coberturas naturales y semi-naturales. Para esto se utilizaron mapas de clasificación de coberturas de los años 1940, 1950, 1960, 1977, 1988, 1998 y 2007 (Alzate y Pacheco, 2010)⁴⁶, se reconocen las siguientes coberturas para la zona: Bosques, páramo, arbustos, actividad agropecuaria, tierras desnudas, cuerpos de agua, turberas y vegetación en transición (Ver figura 13 y ANEXO 8).

El análisis se basa en el cambio de las coberturas naturales frente al avance de las coberturas semi-naturales, puesto que son las coberturas que presentan evidencia más visible de las transformaciones entre la década de 1940 y el 2007.

Coberturas vegetales y usos

Los principales tipos de cobertura identificados en las imágenes de 2007 fueron: cultivos transitorios que en su mayoría es papa (23.5%), áreas de pastos nativos (3.7%) e introducidos como falsa poa y ryegrass (23.5%), bosques naturales (14.2%) Bosques plantados (2.7%), vegetación de páramo (7.6%), vegetación rupícola (11.5%), arbustales (3.3%), chuscales (1.3%), tierras degradadas (0.4%), turberas (0.02%), lagunas naturales (0.1%) y cuerpos de agua artificiales (2.6%); correspondientes a 36.000 hectáreas que comprende la zona de estudio del Páramo de Guerrero.

Dinámica de las coberturas vegetales y del uso del suelo entre 1940 y 2007

Al comparar las imágenes satelitales se observaron algunas claras tendencias a la degradación de las coberturas naturales y la expansión y establecimiento de las coberturas semi-naturales en el Páramo de Guerrero.

Los bosques naturales, que para la década de 1940 ocupaban una extensión de 14.000 hectáreas, es decir, cerca del 40% del área de estudio, han perdido el 64% de su extensión al 2007, siendo el periodo de entre los años 1960 y 1977 en el que más se deforestó, coincidente con las fechas de entrada de maquinaria al páramo y con las políticas de fomento agropecuario. Este tipo de coberturas resulta ser el más perjudicado por la expansión de la frontera agrícola, pues está conformada por poblaciones de árboles de gran tamaño que requieren de muchos años de sucesión vegetal para regenerarse.

⁴⁵ Como parte del trabajo interdisciplinario del Grupo de Investigación en Desarrollo Territorial Sostenible, con el cual se comparten varios de los resultados del presente estudio, el aporte al análisis de las coberturas vegetales consistió en el apoyo a interpretación de fotografías en el área de pastos y en la verificación de las coberturas en campo.

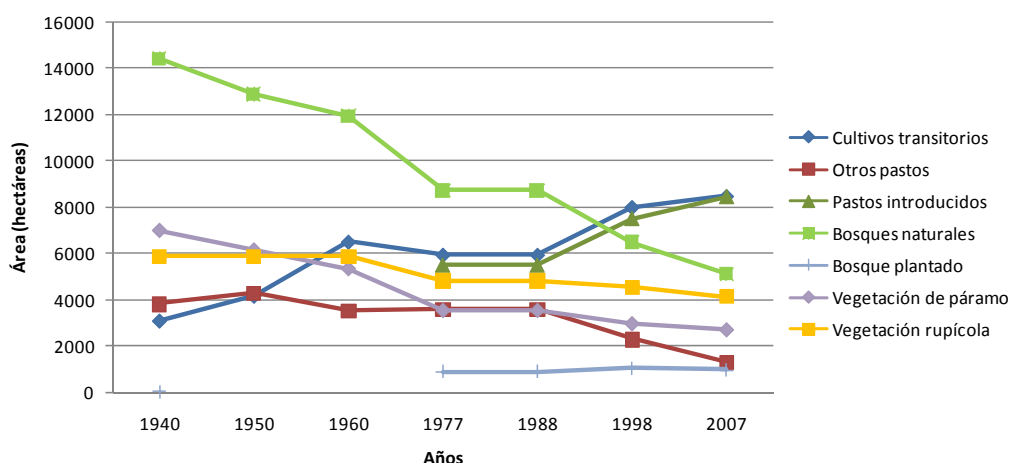
⁴⁶ Para el estudio fueron empleadas fotografías aéreas e imágenes SPOT y LANDSAT. Para las décadas de 1940, 1950 y 1960 se realizaron mosaicos de fotografías aéreas de distintas temporalidades de la década. Fueron utilizadas imágenes de los programas Landsat MSS de 1977, SPOT 1 de 1988, SPOT 4 de 1998 y SPOT 5 de 2007. El procesamiento digital se realizó con los software *Erdas® Imagine 9.1.*, *IDRISI® Taiga* y *ArcGis® 9.3.*, y como fuentes de información secundaria se utilizó cartografía básica del IGAC y de Conservación Internacional.

La vegetación de páramo representaba para la década de 1940 el 19.2% del área de estudio, mientras que para el 2007 tan solo es el 7.6%. Su disminución, cercana al 61%, es el resultado de la presión agropecuaria ejercida principalmente entre 1960 y 1977 (33.5%). La tendencia actual muestra un leve descenso en la degradación de esta cobertura, pues su disminución entre los años 1998 y 2007 se ubicó en 8.7%.

El soporte que explica las tendencias degradantes en las coberturas naturales es el incremento en las áreas del cultivo de papa y pastos. La papa, principal cultivo transitorio de la zona, ocupaba en la década de 1940 solo el 8.5% del área del páramo. Su crecimiento ha sido del 175% al año de 2007, aunque la tendencia en la última década ha sido a estabilizarse, quizás por la pérdida en la rentabilidad de este negocio.

Por su parte, los pastos introducidos son el otro tipo de cobertura semi-natural que más ha incrementado su presencia en el Páramo de Guerrero. Fueron llevados a la zona en la década de 1970 y para el año de 1977 ya contaban con una extensión de 5.504 hectáreas (15,1%), casi igualando la extensión de los cultivos transitorios (16,3%) en tan solo pocos años de establecidos. Debido a la pérdida en la rentabilidad de las actividades agropecuarias, se produjo una migración a actividades como la ganadería, con la cual se promovió la tecnificación de animales y pastos, situación que explica el incremento en 53.6% de las coberturas de ryegrass y falsa poa en el páramo hasta el 2007.

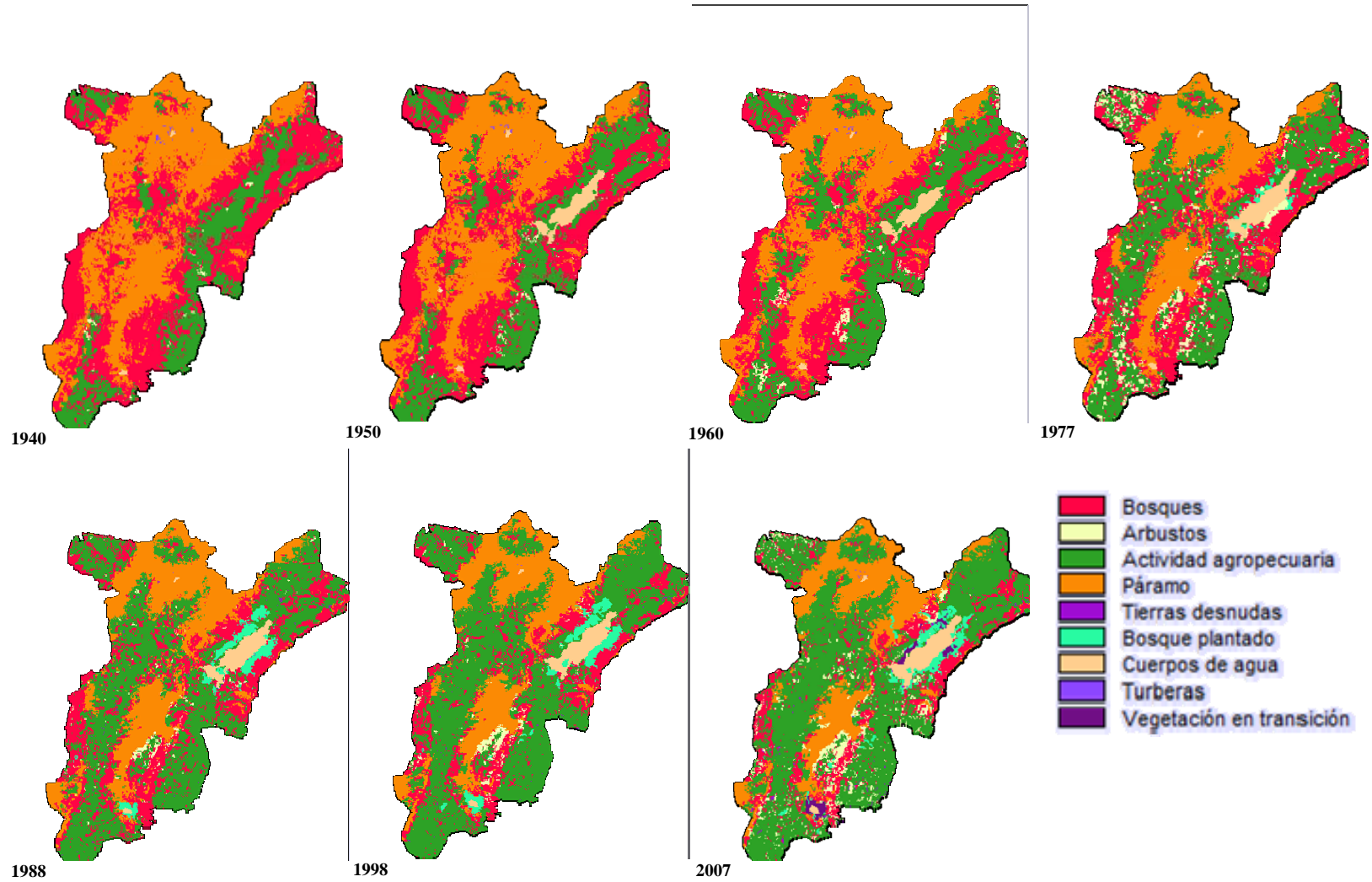
Figura 13. Comportamiento de las coberturas vegetales en el Páramo de Guerrero 1940 - 2007



Fuente: Elaboración propia a partir de Alzate y Pacheco (2010)

Debido a que este análisis espacial de las coberturas naturales se trata de una herramienta de uso reciente, se puede estudiar con mayor precisión la dinámica de la expansión de la frontera agrícola, responsable de la pérdida de las coberturas naturales bosque alto andino y páramo, y de gran parte de estructuras y funciones de este ecosistema. De la misma forma, permite explicar la disminución en el avance de la frontera agrícola debido a la declaración de las reservas forestales protectoras de los últimos años.

Figura 14. Dinámica espacial de las coberturas del Páramo de Guerrero 1940 - 2007



Fuente: Alzate y Pacheco (2009)

5.1.2 Balance hídrico: agua virtual

Es de gran conocimiento que la continua provisión de agua en altas cantidades y calidades es uno de los servicios ambientales fundamentales para las poblaciones directas e indirectamente relacionadas con los ecosistemas de páramo. No obstante, ante la relativa abundancia de este recurso en estas zonas y su aparentemente lento proceso de degradación y agotamiento, la sociedad en general no ha tenido en cuenta la ineficiencia en el uso de este líquido vital y los graves daños ambientales que le generan.

A nivel del sector agropecuario la situación es más delicada, puesto que en el cultivo intensivo de papa y pastos en los páramos, para el abastecimiento de las cadenas comerciales de estos productos, se hace uso del agua en la fuente, donde su importante oferta y la ausencia de épocas de escasez marcada conllevan a una inadecuada gestión y manejo, condición que sin duda determina una infravalorización del recurso dentro de los factores de producción y por ende en los precios de los productos primarios en el mercado.

Pérez (2006) reitera esta situación al afirmar que a nivel del sector agropecuario en Colombia existe una marcada ausencia de estudios que relacionen la dinámica del comercio de los bienes agropecuarios y la influencia que los patrones de consumo han ejercido sobre el uso del agua.

Para poder cuantificar este tipo de relaciones, la Economía Ecológica ha consolidado una serie de herramientas que permiten integrar la dinámica económica con el consumo de recursos naturales. Entre estos desarrollos está el indicador de Huella Hídrica de Cultivo o Agua virtual, conceptos que se pueden sintetizar como *“la cantidad de agua consumida en el proceso de elaboración de un producto”* (Allan, 1998; citado por Madrid y Velázquez, 2008, 32), o la dimensión física de los procesos económicos de producción en cuanto al uso del agua.

El siguiente ejercicio es una aproximación del indicador de Agua Virtual para la producción de papa y de ryegrass (*Lolium spp.*) en el Páramo de Guerrero, para el cual se tuvo en cuenta la información de las encuestas de caracterización de los sistemas productivos aplicadas a los productores de la zona, como también información secundaria de otros estudios sobre Huella Hídrica y Agua Virtual enlistados en el material bibliográfico referenciado. Los resultados presentados son aproximaciones al valor real, el cual debe construirse a partir de información primaria de la zona como aforos de cosechas o los cálculos de evapotranspiración real, razón por la cual, este ejercicio sirve como punto de partida para investigaciones similares en la zona de estudio.

Cálculo del Agua Virtual: Para conocer la dinámica en el uso del agua de un cultivo de la papa y del ryegrass en el Páramo de Guerrero debe tenerse en cuenta las características del cultivo en la zona, presentadas en el numeral 4.4.3 sobre caracterización de los sistemas productivos.

El volumen total de agua usada para producir una cantidad determinada de toneladas de cultivo (AVC), es calculado como:

Fórmula 4. Agua virtual

$$AVC_p = RAC * Rendimiento$$

Fuente: Pérez (2006)

Donde RAC corresponde a los requerimientos de agua del cultivo (m³/Ha) y el Rendimiento corresponde al volumen de producción por unidad de área (ton/Ha).

El requerimiento de agua por cultivo es calculado por acumulación de datos sobre evapotranspiración diaria del cultivo ET_c (mm/día) para cada fase del ciclo biológico de la planta.

Fórmula 5. Requerimiento de agua de cultivo

$$RAC = 10 * \sum_{d=1}^{lf} DF(K_c * ET_0)$$

Fuente: Pérez (2006)

Donde K_c es el Coeficiente de Cultivo⁴⁷ para cada estadio de la planta; ET₀ es el valor de la evapotranspiración de referencia⁴⁸ local o regional; DF es la duración de la fase de cultivo en días; la sumatoria corresponde a los valores de evapotranspiración para cada fase del cultivo; y donde el factor de 10 permite convertir los mm/m² en m³/Ha. La figura 15 ilustra el comportamiento de la demanda de agua de un cultivo de papa según su Coeficiente de Cultivo K_c. utilizadas para papa y para ryegrass en el caso de pasturas para ganadería.

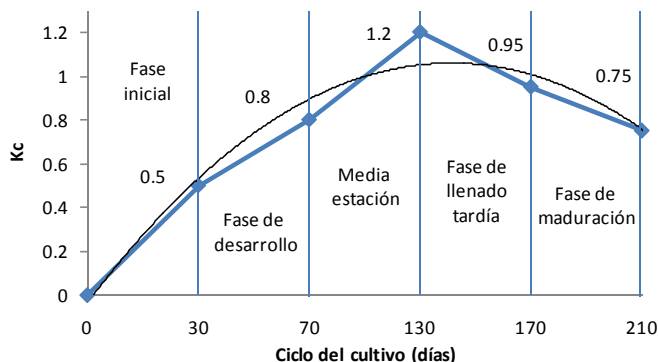
Adicionalmente, se incluye en el cálculo de este indicador un factor de corrección de los requerimientos de agua del cultivo propuesto por Pérez (2006), el cual tiene en cuenta que los aumentos en rendimientos de producción no obedecen en su totalidad a una mejor eficiencia en el uso de los recursos como el agua, sino que la demanda de agua del cultivo es directamente proporcional a los rendimientos del cultivo, de tal forma que cada unidad de aumento en los rendimientos agrícolas se traducen en un incremento de 0.6 unidades de agua por unidad de superficie del cultivo. El restante 0.4 de la unidad de agua se otorga a los mejoramientos impulsados en el metabolismo de la planta⁴⁹. El ANEXO 9 muestra la síntesis de los cálculos de AV para los cultivos mencionados.

⁴⁷ El coeficiente de cultivo K_c es un índice de corrección de la evapotranspiración de cada tipo de cultivo. Se calcula de acuerdo a la variedad de cultivo, el clima y las etapas de crecimiento del cultivo, no obstante, en la práctica sus valores no cambian tanto y regularmente se usan los coeficientes ofrecidos por la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés, 2006a).

⁴⁸ La Evapotranspiración de referencia fue tomada de un estudio hecho por Cenicafe para la región cafetera de la cordillera central en Colombia, en el que se incluye zonas de páramo (Jaramillo, 2006).

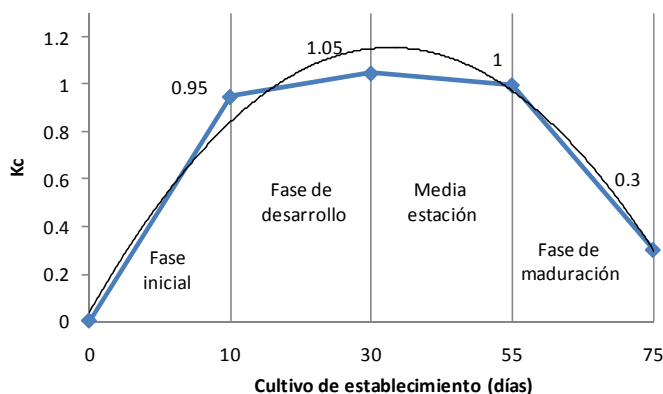
⁴⁹ En el caso del cultivo de la papa los mejoramientos genéticos desarrollados por entidades como CORPOIRCA y FEDEPAPA han permitido el aumento en los rendimientos de cosechas, situación aún más evidente en los municipios del área de estudio, los cuales se encuentran en dentro de los más productivos del país.

Figura 15. Comportamiento del coeficiente de cultivo (Kc) para la producción de papa



Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2006a)

Figura 16. Comportamiento del coeficiente de cultivo para la producción de pasto ryegrass



Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2006a)

Los resultados encontrados se cotejaron con la extensión de las coberturas semi-naturales de cultivos transitorios y de pasto ryegrass para el año 2007 (8.472 Ha y 6.347 Ha respectivamente), señalando que para la estructura agrícola del momento en el Páramo de Guerrero, se consumieron 40.557.158 m³ de agua para el cultivo de papa y 9.992.716 m³ para el cultivo de ryegrass durante un ciclo de cultivo, lo que da un total⁵⁰ de 50.549.875 m³.

A pesar de lo aproximativo que resulta la cifra anterior, su gran proporción señala la relevancia que tiene el concepto de Agua Virtual en cuanto al consumo elevado de los primeros usuarios de este bien, es decir, las producciones agropecuarias, y a su vez permite dimensionar el comercio desigual de recursos, al entender la relocalización

⁵⁰ El valor total es hipotético si se tiene en cuenta que el área de cultivo de papa no corresponde al área de cultivos transitorios, pero si en su mayoría, y que el cálculo del RAC para el pasto ryegrass se hizo para el periodo de establecimiento de la pastura y en la realidad, el área de cultivo de este pasto en el páramo, se encuentra en diferentes ciclos de crecimiento y de rebrote.

comercial que sufre el agua del páramo cuando se extraen los recursos naturales y producidos del páramo.

5.1.3 Percepción cultural de los recursos naturales

La realidad social del Páramo de Guerrero muestra una dinámica conflictiva entre la comunidad que lo habita y su entorno natural, tal como ha sido mencionado en varios apartes del presente estudio. Las familias de los pequeños productores y campesinos, quienes son los principales habitantes del páramo, reciben continuamente influencias y presiones de sectores comerciales, de las entidades gubernamentales, de los medianos y grandes productores, de los grupos de conservación y autoridades ambientales, de las universidades y centros de investigación, entre otros actores, sobre la forma en que deben relacionarse con el ecosistema de páramo.

Por tal razón, se debe entender que la percepción ambiental que continuamente construyen estas comunidades es una de las causas más importantes de la transformación del ecosistema, aunque no sea visible ni cuantificable. Sin embargo, entender aspectos de la red simbólica en la que actúan las comunidades del páramo, es decir, ideas, relaciones y prácticas habituales, permite visualizar la identidad y respeto por el entorno natural y por las personas mismas. De esta forma, se puede calificar el valor social y cultural que la comunidad guarda por cada uno de los recursos que compone su ecosistema.

El criterio de la percepción sociocultural del valor de los recursos naturales del Páramo de Guerrero, no cuenta con indicadores cuantitativos, sino que, de forma cualitativa y ordinal establece la importancia que tiene la naturaleza en la producción, en la salud, en la educación, en la alimentación, en las actividades de esparcimiento y en la vida misma de los habitantes del Páramo de Guerrero, concepciones que se construyeron a través del trabajo de campo, que incluyó herramientas participativas (talleres, entrevistas y caminatas) como talleres de mapas de actores, evaluación de recursos y mapas históricos, entrevistas, recorridos de reconocimiento y charlas⁵¹. (Ver ANEXO 10)

¿Cómo se entiende lo natural?

El entorno “natural” de la vereda es entendido por las comunidades como el medio de subsistencia. Allí, realizan todas las actividades cotidianas en torno a las actividades agropecuarias, razón por la cual, la naturaleza es entendida principalmente como fuente de elementos para la producción (matrices de evaluación y uso de recursos).

¿Cómo ordenan según su importancia los recursos naturales?

El orden de importancia de los recursos obtuvo gran similitud entre los habitantes de las veredas visitadas. En orden de mayor a menor importancia los recursos se calificaron en: agua, suelo, plantas (alimenticias y medicinales), aire, árboles, animales domésticos, leña,

⁵¹ Este ejercicio incluyó únicamente las veredas Guerrero Occidental, Guerrero Oriental y Río Frío de Zipaquirá y Llano Grande de Tausa.

animales silvestres, carbón y piedra, jerarquía en la que hay que resaltar que las necesidades básicas familiares, como la alimentación o la salud, tienen mayor influencia y le sigue la importancia que tiene los recursos en las actividades productivas agropecuarias.

¿Cuáles son, según su importancia, los usos que se les da a los recursos naturales?

Agua: El agua tiene un papel central como recurso más necesario: “Todos los usos de la finca tienen agua, y si no, no hay finca” (Río Frío); “El agua es el recurso número uno para nosotros” (Guerrero Oriental). Entre los usos principales están la alimentación y bebida, el aseo personal, el riego, para bebida de los animales, sirve como desagüe y de últimas reconocieron el agua como elemento vital para la vegetación natural.

Suelo: A este recurso se le usa principalmente en la producción, pero también se reconoce su importancia como espacio para vivienda, espacio para la recreación y espacio para los árboles y animales silvestres.

Árboles: La comunidad resalta su papel en la conservación de los suelos, pues “Los árboles protegen el suelo de los rayos del sol pues dan sombra para que no se esterilice la tierra”. Igualmente nos comentaron que son útiles para contener movimientos en masa.

Plantas: El uso medicinal, la alimentación de las personas y de los animales fueron los más importantes. Se identifican las plantas aromáticas producidas en el páramo: el toronjil, el cidrón, el tomillo, la mejorana, la alcachofa, la ruda, la albahaca, la hierbabuena y la caléndula. Paralelamente las plantas utilizadas en la alimentación y cultivadas localmente: el brócoli, la mora, el maíz, el papayo, el lulo, la arracacha, la feijoa, la cebolla y la coliflor.

Animales silvestres: Según la comunidad, el uso principal y único que se les da a los animales silvestres es la contemplación, sin embargo, se cree que hay personas que cazan con fines deportivos en la zona. Así mismo, mencionaron la presencia de águilas, conejos, faras, zorros y algunos curíes. Pese a ello, manifestaron la disminución de esas especies.

La comunidad logra identificar que los recursos no sólo son generadores de bienes, sino también de servicios ambientales, pues se mencionaron servicios como: mecanismo de seguridad, utilización como lugar para la recreación, espacio para la construcción y vivienda, medicinal, generación de sombra, ornamento, control de plagas, protección de nacimientos de agua, piedra como filtro para limpiar el agua, animales domésticos como compañía, hábitat y refugios de animales, protección contra la erosión, producción de oxígeno y conservación.

¿Cómo es la disponibilidad y acceso a los recursos del páramo?

La disponibilidad de los recursos del páramo está sujeta a la ubicación de la vereda en donde se realizaron los talleres. Así, por ejemplo, recursos como el agua se encuentran en mayor cantidad en las zonas altas que en las zonas bajas, la disponibilidad de madera

está sujeta a aquellas zonas donde aún conservan relictos de bosque, sin embargo, en términos generales, la percepción de disponibilidad de recursos es aceptable y su acceso es amplio en todas las veredas, pero inferior a años anteriores. En el ANEXO 11 se observa la percepción sobre la disponibilidad de los recursos en el páramo.

La comunidad considera que la mayoría de los recursos no son lo suficientemente abundantes. De todos los recursos algún porcentaje de la población considera que son escasos. Es evidente que los habitantes perciben que la principal problemática es la escasez de los recursos usados como combustible, leña o carbón, y para la construcción, la piedra.

5.1.4 Valoración del acceso a la propiedad

La forma como se dan los procesos de apropiación y distribución de tierras determinan gran parte de la presencia de conflictos sociales y ambientales, en especial fenómenos como la expansión de la frontera agrícola hacia zonas no intervenidas del páramo de Guerrero, la acumulación de tierras y la especulación en los precios de mercado de tierras.

El objetivo de valorar el acceso a la propiedad es calcular, en términos de distribución, la equidad con que los habitantes del Páramo de Guerrero hacen uso de los recursos naturales, debido a que la excesiva fragmentación o la excesiva concentración de la propiedad son fenómenos que pueden acarrear una mayor transformación ecosistémica, de la cual, la principal afectada resulta ser la población local.

Mediante el uso de la información básica predial consignada en el reporte uno de catastro (IGAC), se estableció la estructura predial a partir del cálculo del indicador *coeficiente de GINI* y de su interpretación en la curva de Lorenz, así mismo se relaciona esta información con los sistemas productivos⁵². Cabe señalar que aunque este indicador permite analizar la distribución y equidad del suelo e indirectamente de otros recursos, no constituye un indicador social verdadero, para lo cual se requiere complementar con indicadores sociales como las NBI.

En términos generales, para la zona de estudio en el periodo de 1994 – 2009 se observa una concentración alta y estable de la propiedad, determinada por la confluencia de varios procesos de descomposición y recomposición de predios. De tal forma que las acciones políticas, comerciales y legales que se dieron durante este periodo de tiempo en la zona, compensaron una excesiva fragmentación de predios o una elevada concentración de territorio en pocas manos.

El panorama de inicio mostraba una mayor concentración de la superficie en los predios de medianos y grandes propietarios; para 1994 el 67.4 % de los propietarios poseían predios de menos de 10 Has y ocupaban el 20.1 % del área total, lo que indica que el 79.9

⁵² Este ejercicio incluyó únicamente las veredas Guerrero Occidental y Guerrero Oriental de Zipaquirá, San Antonio y Salitre de Tausa y Paramo Alto de Cagua, veredas ubicadas en las zonas más altas del área de estudio total.

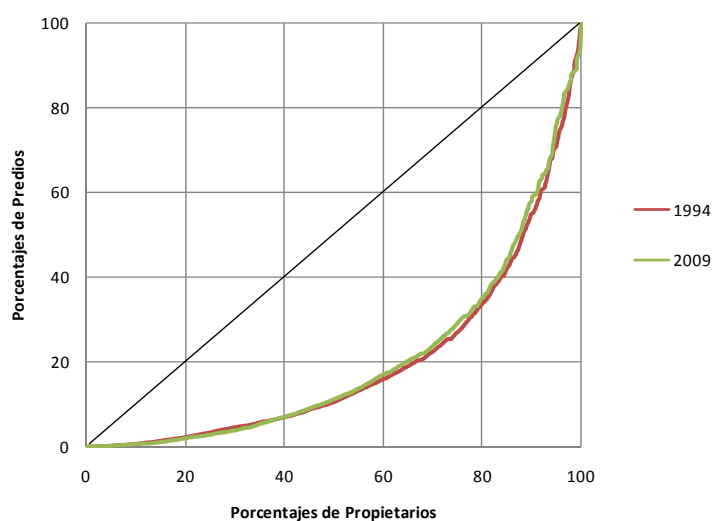
% del territorio del páramo se encontraba en manos del 32 % de los propietarios constituidos en medianos y grandes explotaciones.

Durante el transcurso del periodo de tiempo hasta el año de 2009 se ve que la concentración descendió levemente pues las explotaciones de economía campesina y de pequeños productores aumentaron en superficie en 6.1% frente al aumento en el número de propietarios de 5.1%, y por ende una reducción en el número de predios, propietarios y superficie de las medianas y grandes producciones.

Esta desconcentración leve es relativa si se tiene en cuenta que los procesos políticos de compra de predios para la configuración de las reservas forestales de los municipios de Cogua y Zipaquirá se concentraron en las grandes propiedades, situación que de no haber sucedido, reflejaría aún más la desigualdad social. De igual forma, el fenómeno comercial de arrendamiento puede entenderse como una concentración no oficial de las tierras y de los recursos naturales, que aunque genera una retribución económica por el uso del suelo, esta no es suficiente para compensar la degradación del ambiente.

Para visualizar mejor el estado de concentración de tierras en el páramo, se puede recurrir a la curva de Lorentz de la figura 17, en la que se puede observar que el cambio en la concentración fue muy leve. (Ver ANEXO 12).

Figura 17. Curva de Lorentz de la distribución de la propiedad en la zona de páramo de Guerrero 1994 – 2009



Fuente: Elaboración propia

Según esta representación gráfica, se corrobora lo expuesto anteriormente y se puede afirmar que por lo alejadas que están las curvas de Lorentz de la diagonal de equidistribución y por la lectura que se puede hacer de cualquier punto de la curva (por ejemplo el 60% de la población tan solo es propietaria del 17% de área predial), la concentración es evidente en esta zona.

No obstante, como en este caso, las curvas de Lorentz se cruzan en varios puntos, no se puede diferenciar a simple vista cual es el caso de mayor concentración. De esta forma,

como lo sustenta Lora (2005), la curva de Lorentz provee un criterio de ordenamiento incompleto o cuasi-ordenamiento, que no pueden aplicarse a cualquier par de curvas, razón por la cual debe apoyarse en el coeficiente de Gini para diferenciarlas.

El coeficiente de Gini global obtenido para el año de 1994 es de 0.611, y corroborando lo mencionado, para el año de 2009 disminuyó a 0.597. En ambos casos se puede hablar de una alta concentración de la propiedad por estar sobre 0.5.

Existen diferencias marcadas entre las subzonas del área de este estudio para el periodo analizado: la concentración es más marcada en las veredas de San Antonio y El Salitre (Tausa) con una tendencia al alza, mientras que el comportamiento inverso del las veredas de Guerrero Oriental y occidental (Zipaquirá) frente a la de páramo Alto (Cogua) pueden dar explicación a la compensación de los procesos de partición y compra que resultaron en una relativa estabilidad de la estructura predial (Ver grafica 7).

Vereda Páramo alto (Cogua): Esta vereda presenta la mejor distribución de la propiedad y la menor concentración debido a que las explotaciones de pequeños productores y economías campesinas (79%) están constituidas por una mayor cantidad de superficie (38%), en relación con las demás veredas. De la misma forma, es la que presenta menor número de propiedades y propietarios de más de 50 hectáreas. La concentración se presenta principalmente en medianas producciones.

Aunque el coeficiente de Gini presentó un progresivo crecimiento y un importante repunte en el último trienio (0.01), esta vereda mantiene una concentración estable (Ver ANEXO 12).

En relación al estado de transformación ambiental de la vereda de Páramo Alto, según las observaciones hechas en campo, esta vereda presenta un mayor número de árboles quizás por la tradición de poner cercas vivas para delimitar predios.

Veredas de San Antonio y El Salitre (Tausa): en esta vereda es más evidente el proceso de concentración. Las explotaciones de economía campesina y los de pequeña producción representan el 72% de los predios en la vereda y abarcan apenas el 18% de la superficie. A su vez, el número de propiedades y la extensión de las medianas y grandes explotaciones se han mantenido y en algunos casos han aumentado. Por otra parte, el índice de Gini se comportó con tendencia al alza durante el último trienio presentó un leve descenso. Estas veredas muestran un notorio proceso de deforestación y los cultivos de papa se presentan en zonas más altas. (Ver ANEXO 12).

Veredas de Guerrero Oriental y Occidental (Zipaquirá): Esta vereda presenta una situación más particular que las anteriores. El comportamiento de la concentración arranca con un descenso abrupto de esta debido a la masiva compra de predios que se dio para la conformación de la reserva forestal del municipio. No obstante, posterior a este proceso, la vereda retomó la tendencia a la concentración. (Ver ANEXO 12).

La desconcentración paso de 0.63 en 1994 a 0.55 en 2009 según Gini, pero en promedio los predios de economía campesina y pequeñas producciones totalizan el 77% del total y

ocupan tan solo el 24% de la superficie. A las medianas explotaciones se les puede responsabilizar por el grado de concentración reflejado

Cabe señalar que la intervención ambiental en estas veredas es más notoria, hay menos presencia de coberturas vegetales, especialmente nativas, quizás debido a la mayor presencia de medianas y grandes explotaciones que implementan prácticas productivas más intensivas, principalmente para ganadería. Esta condición se ve reflejada en la mayor ampliación de la frontera agropecuaria (109 Has).

5.1.5 Valor comercial del agua

Determinar el valor total del agua ha sido un problema aún no resuelto, debido principalmente, a las diversas y específicas funciones que cumple este recurso en el sistema global. En la mayoría de los casos, el valor del agua se ha restringido a su precio productivo, tanto agrícola e industrial, o de consumo urbano en general. No obstante, el agua presenta otros valores añadidos de carácter ambiental y social que no se tienen en cuenta para la asignación de valor.

A cualquier escala, el agua representa el recurso más valioso por su carácter generador de vida. Si bien, para la humanidad y las sociedades es un factor de desarrollo, su escasez o deterioro puede generar enfermedades, atraso y miseria. Teniendo en cuenta la inequitativa distribución espacial de este recurso, se han conformado mercados de agua, a manera de permisos o derechos transables⁵³, para lograr que las personas tengan acceso a este. Sin embargo, su comportamiento como un bien económico es aún confuso, debido a que no se trata de un mercado definido por claros derechos de propiedad, y porque el recurso no es comercializable, su servicio de distribución si lo es⁵⁴.

Como lo señala la FAO (2006b), un cálculo verdadero del valor del agua requiere tanto la inclusión del bien, como los servicios que presta en cada una de las tres dimensiones básicas: el valor económico por su uso en las funciones de producción, los valores ambientales como la función de las corrientes de agua en el mantenimiento de la biodiversidad y la integridad del ecosistema, y los valores sociales, que básicamente pueden significar el uso del agua para producir alimentos y para la higiene.

Ante tal panorama, consolidar un valor absoluto e integral del agua resulta una tarea más que difícil, pero en la cual, la Economía Ambiental ha dado unos primeros pasos teniendo en cuenta el valor subjetivo de las preferencias individuales. Por tal razón, la inclusión del valor del agua desde la perspectiva del mercado, como uno de los criterios dentro de la propuesta de valoración multicriterial de las transformaciones en el Páramo de Guerrero,

⁵³ En Colombia, se realiza la asignación del recurso mediante el otorgamiento del derecho al uso, otorgado mediante las concesiones de agua que autorizan las Corporaciones Autónomas Regionales. El contrato de concesión de aguas es limitado en el tiempo y no se rige por el derecho privado (Tovar, 2006).

⁵⁴ En términos generales las tarifas para los usuarios del servicio de acueducto constan de un cargo fijo que sale de los costos fijos administrativos en que incurre la empresa, y un cargo por consumo en metros cúbicos que resulta de los costos de operación, conducción, mantenimiento, potabilización y distribución del líquido (Resolución CRA No. 287 del 25 de mayo de 2004).

se toma como un referente y punto de partida para establecer un valor básico a partir del cual se puedan integrar los demás tipos de valor que ofrecen otras disciplinas.

El ejercicio parcial que se propone es el cálculo del valor de referencia del servicio de acueducto para el consumo urbano de la población de Zipaquirá, que aunque su consumo no sea tan alto como el de actividades económicas como las agropecuarias, si es principal destino urbano del agua que filtra el sistema hídrico de Guerrero. Los cálculos del ejercicio se presentan en el ANEXO 13.

Un primer paso del ejercicio fue calcular la curva y función de demanda, con las cuales se pudo conocer la relación entre las cantidades consumidas de agua y los precios asignados a los usuarios del municipio de Zipaquirá⁵⁵. Este ejercicio permitió comprobar la ley de la demanda decreciente, en la que se observa que el comportamiento en las cantidades demandadas de agua se comporta de manera inversa con el comportamiento de los precios de este bien, según lo teorizan Samuelson y Nordhaus (1999) (Ver ANEXO 13). Según la función de la demanda:

Fórmula 6. Función de demanda del servicio de distribución del agua

$$Q = \frac{[P - 1620,4]}{-26,1}$$

Fuente: elaboración propia

se obtuvo un comportamiento de la elasticidad de la demanda de 1,34, lo que significa, que por cada punto porcentual de variación en los precios del m³ de agua, las cantidades demandadas varían en 1,34 %, es decir, la demanda de agua es elástica con respecto a los precios (Ver ANEXO13)⁵⁶. Aunque se supondría que la demanda del agua, por ser un bien necesario para la vida, se comporte de manera inelástica ante el cambio en los precios, se puede presentar esta elasticidad baja en la medida en que existen otros usos no vitales para ese bien, incluso en estratos bajos.

En una segunda instancia, con la misma función de demanda y la curva de la demanda, se realizó el cálculo del valor económico del servicio agua, debido a que estas permiten deducir la DAP total por un consumo específico y la DAP marginal por una unidad adicional (m³) de uso del recurso, el cual depende de lo que una persona está dispuesta y puede sacrificar para conseguirlo según sus ingresos (Field, 1995).

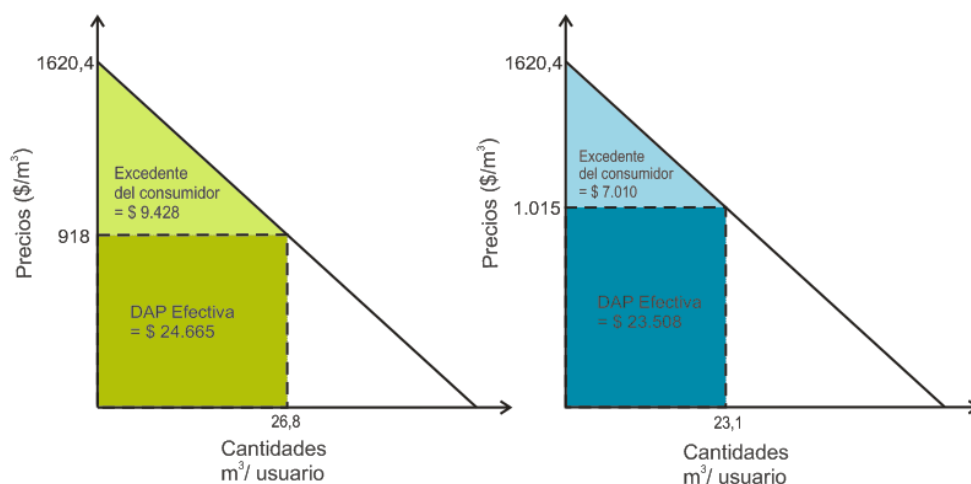
Como se observa en la figura 18, el valor efectivo que paga un usuario por 26,8 m³ de agua a un precio de \$ 918/ m³ es de \$24.665, sin embargo el recibe un beneficio adicional (\$9.428) que es el que se encuentra debajo de la curva de demanda, y aunque no lo paga, si está dispuesto a hacerlo. Este beneficio es decreciente en la medida en que el

⁵⁵ Se reconoce, para el ejercicio, que los estratos bajos de los servicios de acueducto presentan un menor consumo suntuario del recurso y que este se aproxima más a un consumo mínimo vital para mantener una calidad de vida aceptable. El consumo promedio de una familia de estrato 1 esta en 396 litros diarios y el precio promedio que pagan es de \$ 966 pesos por m³

⁵⁶ La reducida serie de datos y la poca fiabilidad de los mismos influye en este resultado debido al bajo grado de significancia del R² (0,33), razón por la cual este ejercicio se presenta a manera de ejemplo, y por lo tanto, se recomienda para futuras investigaciones contar con series de datos más precisas.

usuario consume más unidades de este bien, puesto que también disminuye la DAP por unidades adicionales de agua.

Figura 18. Excedente del consumidor y disponibilidad a pagar (DAP) para dos precios de consumo de agua del estrato 1 de Zipaquirá



Fuente: Elaboración propia

- Comportamiento del excedente del consumidor y de la DAP para el precio de \$ 918 (5% menos del promedio facturado)
- Comportamiento del excedente del consumidor y de la DAP para el precio de \$ 1.015 (5% superior al promedio facturado)

Si se aumenta el precio del agua un 10%, es decir, el m³ asciende a \$ 1.015, cambia el valor que efectivamente paga el usuario por un menor consumo de 23,1 m³ de agua, disminuyendo a \$ 23.508. Así mismo, el excedente del consumidor disminuye a \$ 7.010. La diferencia entre los excedentes del consumidor y entre las DAP efectivas de estos dos precios determina el valor económico que tiene el servicio de distribución de un m³ de agua adicional para un usuario de estrato 1 en el municipio de Zipaquirá, el cual está en **\$340,8** (Ver ANEXO 13).

Para hacer una lectura de este valor se deben tener en cuenta varias apreciaciones de este ejercicio. Por una parte, como lo resaltan Pearce y Turner (1995), la DAP nos ofrece un indicador monetario de preferencias, una guía inicial para ver lo que las personas están dispuestas a pagar, la cual se considera, debería aproximarse al valor que la sociedad da a ese recurso que se ha consumido. Por otra parte, se debe tener en cuenta que la DAP por m³ de agua de la población urbana de Zipaquirá no es la misma que la DAP de los productores agropecuarios del Páramo de Guerrero, tal como sería diferente, para ambas comunidades, calcular los valores expresados a través de opciones de uso futuras del recurso hídrico, dado que las alternativas del uso del recurso para la conservación o bienestar social son disimiles.

Por último, vale la pena tener presente la posición de la Economía Ecológica frente al acceso y distribución de bienes comunes como el agua, para la cual implica lograr las relaciones “no solo por el nexo interno de la buena voluntad individual a pagar”, sino

también por relaciones de respeto, civismo y responsabilidad con los menos favorecidos, con las generaciones futuras y con las otras especies (Costanza et al, 1999, 174).

5.1.6 Avalúos catastrales

Los factores que determinan el cálculo de los avalúos catastrales son variados y principalmente obedecen a las propiedades que tenga el predio para la producción agropecuaria. El método utilizado actualmente por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2009) es el cálculo de las Áreas Homogéneas de Tierras con fines Catastrales (AHT), el cual permite realizar los avalúos en forma masiva y rápida al determinar espacios de la superficie terrestre homogéneos en parámetros relacionados con factores del medio biofísico y que permitan cuantificar sus propiedades con valores numéricos.

No obstante, el indicador que se construye a partir de la sistematización de información biofísica, llamado “Valor Potencial”, no se utiliza como factor de precio en la valoración económica de precios rurales, sino que es usado como indicador de calidad en la clasificación de las tierras.

Se reconoce la pertinencia del uso de este tipo de información catastral en la medida que, como el caso de las valoraciones de precios Hedónicos enfocadas en bienes raíces, se relaciona los precios de los bienes con variables directas o indirectas de temas ecológicos, con la diferencia que, el cálculo del avalúo catastral no tiene en cuenta los comportamientos de los compradores ni sus preferencias para establecer el precio. Los indicadores biofísicos utilizados y los procedimientos generales del método AHT se esquematizan en la figura 14.1 del ANEXO 14.

El valor potencial es un índice numérico que representa la capacidad productiva de las tierras con base a las propiedades agronómicas de los suelos, el clima y el relieve. Este índice se calcula mediante la sumatoria de los puntajes establecidos para cada uno de los componentes de las condiciones agronómicas.

A pesar que la información catastral consolidada para este estudio no disgrega el valor del predio con el del área construida, razón por la cual no se puede identificar el valor potencial de los avalúos para el Páramo de Guerrero, a continuación se presentan un análisis general de los avalúos prediales en la zona de estudio⁵⁷, relacionados con los predios según su extensión (pequeños, medianos y grandes productores) y con el comportamiento de los avalúos desde 1994 hasta el 2007.

Al año 2009 el avalúo total de los 355 predios de la zona estudiada se ubico en los 32.750 millones de pesos, de los cuales, el 10,58% de este valor corresponde a los predios de economías campesinas, que cubren tan solo el 5,32% de la superficie y obedecen a el 37,92% de las propiedades de estudio. Llama la atención, que el precio promedio por hectárea de este tipo de explotación es aproximadamente de 6 millones, valor que va disminuyendo a medida que aumenta el tamaño de la propiedad. Esta situación se debe a

⁵⁷ Este ejercicio incluyo únicamente las veredas Guerrero Occidental y Guerrero Oriental de Zipaquirá, San Antonio y Salitre de Tausa y Paramo Alto de Cogua, veredas ubicadas en las zonas más altas del área de estudio total.

la mayor proporción de área construida por superficie del predio de las economías de subsistencia y posiblemente indica que el valor económico de las viviendas sobrepasa el valor del predio. En la figura 14.2 del ANEXO 14 se muestra la información para las pequeñas, medianas y grandes producciones.

La dinámica temporal de los avalúos muestra que la tendencia de los predios pequeños a valorizarse, posiblemente, por el aumento en las áreas construidas, pero también debido al al crecimiento del porcentaje de superficie ligado al aumento del número de propiedades de esta extensión, es decir, a un mayor fraccionamiento. Por otra parte, los predios de grandes productores disminuyeron sus avalúos debido a la disminución de la superficie y de las propiedades, denotándose un proceso de desconcentración de la propiedad. En la figura 14.3 del ANEXO 14 se puede observar mejor esta dinámica temporal.

Aunque el manejo del índice de Valor Potencial guarda una relación importante con algunas características biofísicas de las tierras, debería ser contemplada la posibilidad de incluir dentro de los criterios para evaluar los predios de zonas como el Páramo de Guerrero, factores como los usos alternativos a la producción agropecuaria en áreas estratégicas para la conservación como este ecosistema y los servicios ecosistémicos que ofrece a las poblaciones de la sabana norte de Bogotá. De esta forma se contemplaría una valorización de las zonas aún conservadas que impidiera su uso agropecuario, por aumento de los costos de producción.

5.1.7 Valor energético de la producción agropecuaria

El aparente déficit mundial⁵⁸ en la producción de alimentos para satisfacer las necesidades de la humanidad bajo el paradigma tecnológico imperante de la revolución verde, ha llevado a profundos cuestionamientos sobre las bases materiales y energéticas que sustentan la producción agropecuaria actual. La alta y creciente dependencia de maquinaria e insumos agropecuarios para justificar mayores rendimientos, a expensas de la modificación de los ecosistemas, requiere un análisis sobre la eficiencia en el uso de estos subsidios energéticos no renovables.

Como lo señalan Fernández y Leiva (2001), las modificaciones de las funciones y estructuras ecosistémicas que realiza el hombre para potenciar la apropiación de la Productividad Primaria Neta (PPN), se realizan con energía. Desde la adecuación de la estructura del suelo mediante mecanización, hasta la aplicación de insumos químicos para controlar las plagas del cultivo, se requiere de energía auxiliar proveniente del trabajo animal, del trabajo del hombre o de los combustibles fósiles, esta última con un principal interés en cuanto a la degradación y polución que genera en los suelos fértiles, en el agua y en el aire, cuando es transformada.

⁵⁸ Elementos como la distribución y el acceso a la producción mundial de alimentos por parte de poblaciones marginales, sumado al destino de alimentos como los cereales para el consumo animal o la fabricación de agrobiocombustibles, ocasionan percepciones de escasez de alimentos.

En el caso actual de los monocultivos en los páramos, el uso de los subsidios de energías no renovables acarrea una alteración de los flujos naturales de energía de dichos ecosistemas, los cuales presentan una fundamental importancia en las funciones de regulación que cumplen los páramos y en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que ofrecen.

A diferencia de otro tipo de biomas, en los que existen amplios estudios sobre los flujos energéticos, de los páramos se conocen algunas de sus dinámicas según las características de ubicación geográfica, las estructuras que los componen y las condiciones climáticas. Molano (1983), afirma que el flujo de la energía en páramos está condicionado en buena medida por los diferentes estados físicos del agua como la presencia de neblina y la humedad del suelo, por las fuerzas eólicas que provocan variaciones térmicas y por la composición delgada de la atmósfera que permite una mayor recepción de radiación solar. A su vez, los lentos procesos de acumulación en energía química y la lenta descomposición de las estructuras orgánicas permiten comprender la productividad de estos biomas, su equilibrio y evolución, características por las que han sido denominados sistemas de mínima entropía a pesar de las altas cantidades de energía que acumulan (Bonn, 1973, citado por Molano, 1983).

La apropiación que el hombre ha hecho de la energía solar que se introduce y acumula en los páramos radica principalmente en el uso de los suelos de alto contenido orgánico y en la energía potencial del agua que allí se acumula, y que se aprovecha para generar energía eléctrica (Vélez, 2004), sin desconocer, claro está, el papel del cazador-recolector de las culturas indígenas prehispánicas en las cadenas tróficas. En el caso de los suelos, la apropiación de su productividad se dio en un principio con las adecuaciones tecnológicas usadas por los primeros parceleros para adaptar la conversión energética a sus necesidades de autoconsumo, sin conducir a un importante desequilibrio en el sistema natural. Sin embargo, ante la necesidad de aumentar los rendimientos para la creciente demanda de alimentos, se obtuvo una evolución de los cambios tecnológicos hasta llegar a los modelos productivos de la revolución verde, los cuales determinaron una progresiva transformación del ecosistema, hasta la modificación abrupta e irreparable de algunas funciones ecosistémicas vitales.

La lectura, que desde la Economía Ecológica se hace a la inclusión de grandes cantidades de agroinsumos a las funciones de producción de la agricultura, establece las dudas sobre la medición económica de la eficiente productividad agrícola desde la economía convencional, puesto que, como lo señala Martínez – Alier (2001) la productividad tiene una definición clara si se habla de un sistema abierto de entradas y salidas de materia y energía. En tal sentido, se sabe que la productividad energética disminuye con la modernización de la agricultura (Podolinsky, 1980; Rappaport 1960, citados por Naredo y Campos, 1980) (Pimentel, 1973, citado por Berrio, 1999) (Naredo y Campos, 1980).

Los balances de flujos energéticos ofrecen tan solo una forma de comparar la productividad por parte de diferentes técnicas agrícolas con una perspectiva diferente a la

de rentabilidad económica, la cual depende de los precios relativos de los diferentes inputs y productos (Martínez – Alier, 2001). Pero, si se tienen en cuenta que los valores de los productos obtenidos deberían incluir la depreciación de los recursos como la contaminación hídrica o la erosión causadas por las actividades intensivas en importaciones energéticas, y por otra parte, incluir dentro de este precio los valores de opción o de existencia y legado por la irremediable falta de disponibilidad futura del petróleo, se deduciría que la rentabilidad económica de la agricultura industrial es inviable.

La propuesta metodológica de la presente investigación incluye el balance de flujos energéticos como una medida económica de la eficiencia de entradas y salidas de un sistema económico a escala predial, y a su vez como una forma de relacionar la modificación de las funciones y estructuras ecosistémicas con la apropiación de la PPN del páramo de Guerrero. El siguiente ejercicio aproximativo del balance energético promedio de las explotaciones paperas en el Páramo de Guerrero, es un cálculo parcial debido a que toma en cuenta las relaciones de energía principales, más no incluye las intrincadas correspondencias energéticas de la realidad agroecosistémica. Sin embargo, busca ser un referente para futuras investigaciones sobre metabolismo rural en estos ecosistemas.

En el ANEXO 15 se muestran el flujo energético promedio de los sistemas de producción de papa en el Páramo de Guerrero, el flujo energético de un sistema de producción alternativo sin mecanización y los cálculos detallados para lograr el flujograma.

La energía radiante del sol que el cultivo transforma en materia orgánica representa la PPN en unidades energéticas (MJ/Ha/ciclo) correspondiente a la papa cosechada y comercializada, y a los residuos de cosecha o rastrojos que son ofrecidos como alimento a animales o consumidos por los organismos del suelo.

La energía auxiliar proviene en su mayoría a fuentes de origen fósil contenidas o utilizadas en la fabricación de fertilizantes, de enmiendas como la cal, de los pesticidas, las semillas y de los combustibles utilizados para la tracción de la maquinaria. En menor proporción, se usa energía auxiliar proveniente del trabajo humano en las actividades de siembra, aporque, fumigación, cosecha y operación de la maquinaria. Sin embargo, el cálculo de en la energía auxiliar es parcial en la medida que no incluye los gastos energéticos por el transporte de los agro insumos a la finca, ni la fabricación de maquinaria.

Los patrones de flujo y circulación de energía en los sistemas de producción intensiva de papa y un sistema alternativo menos intensivo en el uso de subsidios, difieren considerablemente. En la tabla 3 se muestran diferentes relaciones de la eficiencia de la energía de los dos sistemas.

La producción alternativa tiene una red trófica más compleja, debido a la recirculación de estiércoles, residuos de cosecha y semilla, obteniendo un ciclo de nutrientes más cerrado. Así mismo, usa la cuarta parte de la energía auxiliar importada de un sistema intensivo. A pesar que el cultivo intensivo de papa obtiene el doble de la energía comercializable en

papa, la alternativa productiva sin mecanización produce tres veces más por MJ de energía auxiliar empleado y casi cuatro (4) veces más por MJ de energía auxiliar importada, que el sistema intensivo mecanizado.

Tabla 3. Producción y eficiencia en el uso de energías auxiliares para el cultivo de papa

INDICADOR	Producción intensiva de papa (mecanizada)	Producción alternativa (sin mecanización)
PPN (MJ/Ha/ciclo)	101.103	101.103
Producción comercializable (MJ/Ha/ciclo)	52.800	24.068
Energía auxiliar	21.576	7.136
Energía auxiliar importada	21.420	5.540
Producción comercializable / PPN	0,52	0,24
PPN / Energía auxiliar	4,69	14,17
Producción comercializable / Energía auxiliar	2,45	3,37
PPN / Energía auxiliar importada	4,72	18,14
P comercializable / Energía aux. importada	2,47	4,32

Fuente: Elaboración propia a partir de Campos y Naredo (1980), Stout (1990), Gil (1995), Fernández y Leiva (2001), Moreno (2001), Connors y Loomis (2004), Alvarado (2004), Castells (2005).

La producción intensiva de papa produce más por unidad de área haciendo que sea más rentable desde el punto de vista económico, aunque dependa de los flujos continuos de los insumos y de la estabilidad de sus precios. De la misma forma, alternativas menos dependientes de energías auxiliares externas serán más estables energéticamente y presentarán un menor valor de compensación por los impactos negativos en los recursos naturales. En la figura 19 se esquematiza el flujo de energía en un cultivo intensivo de papa y algunas de sus consideraciones se explican a continuación:

- El paquete tecnológico, en este caso el de revolución verde, permite maximizar el aprovechamiento de energía solar cambiando las condiciones ambientales para el desarrollo de la planta.
- No se contempló la energía requerida para la construcción de la maquinaria utilizada.
- La alimentación necesaria para el trabajo humano puede ser suministrada por el mismo sistema o externa. Así mismo, el uso de mano de obra puede ser externo e interno.
- En algunas explotaciones puede darse un reciclaje de nutrientes y energía.
- No se contempló el gasto energético de transportar los insumos hasta los sistemas productivos.

Es importante señalar, que los análisis de la apropiación energética de un ecosistema, como lo señala Toledo (2008), son solamente un componente del análisis del proceso general del metabolismo social, “una tarea que desborda el campo de la Economía

centren en extraer la información, sino que se de una extensión del conocimiento sobre el concepto de ambiente a las comunidades que habitan el Páramo de Guerrero, pues, sin duda es un paso fundamental y punto de partida para que se dé una reconversión en el manejo sostenible de este ecosistema.

Cada criterio de evaluación sirve como un punto de partida para futuras investigaciones, razón por la cual se exponen algunos de las recomendaciones para su profundización:

- El balance hídrico y el cálculo de agua virtual para cada una de las actividades productivas y extractivas del Páramo de Guerrero requiere la recolección de información primaria con técnicas precisas que permitan resolver problemas de investigación como ¿Cuál es el volumen de agua que se extrae y traslada del sistema hídrico del páramo para satisfacer las demandas comerciales del Bogotá?, ¿Cuál es la huella ecológica de la producción agropecuaria del Páramo de Guerrero? O ¿Cómo se presenta el comercio desigual entre el ecosistema de páramo y los centros urbanos?
- El cálculo energético de las actividades pecuarias requiere complementarse con información sectorial sobre los consumos de energías no renovables en aspectos como en transporte, las pérdidas por desperdicios, los flujos de materiales reciclados, entre otros, y realizar comparaciones con sistemas de producción agropecuarios de otros páramos y zonas representativas, así como con las estructura de flujos energéticos de zonas del ecosistema sin transformar.
- El análisis de las relaciones entre la distribución de la propiedad, con la transformación de las coberturas vegetales y con la valorización de los predios, representa otra meta investigativa en la medida que permite establecer el papel de las relaciones sociales de poder en la transformación, de la misma forma en que se pueden realizar críticas constructivas y propuestas referentes a la metodología de valorar los predios en ecosistemas estratégicos en conflicto ecológico - económico como los páramos. De esta forma se podría saber si ¿La revalorización de los predios del Páramo de Guerrero permitirán el desestimulo de las actividades agropecuarias?
- Aunque el valor comercial del agua es un punto de referencia, este ejercicio requiere ser ajustado a un mayor número de población como la ciudad de Bogotá, también usuaria del recurso hídrico del Páramo de Guerrero. Este valor de referencia permite cuestionar y proponer reajustes a los cobros del servicio de acueducto de los diferentes estratos sociales y distinguir las tarifas del mínimo vital y de consumos suntuarios.

Para la aplicación de la presente propuesta metodológica, se debe considerar realizar pruebas piloto para la medición de las evaluaciones integrales de la transformación a escala veredal, procurando promediar las escalas temporales de la información, de tal forma que se puedan explicar las transformaciones ecológicas con eventos antrópicos concretos. Así mismo, se deben considerar aspectos organizacionales como la conformación de equipos idóneos de interdisciplinariedad, las alianzas con las instituciones comprometidas con la conservación del ecosistema y la participación de todos los actores y nivel institucionales responsables y comprometidos con el rescate del Páramo de Guerrero.

CONCLUSIONES

- En la actualidad, el ecosistema de Páramo de Guerrero se encuentra en los límites de su transformación y degradación. No es difícil observar las consecuencias de décadas de presión antrópica sobre los recursos del páramo. La ausencia de árboles en grandes zonas (planas y de ladera) de cultivo y pastoreo; la contaminación del aire con olores a pesticidas y polvo es evidente en amplias zonas; las corrientes de agua de las partes altas se encuentran turbias y en algunos puntos son impotables para el consumo humano; y las condiciones de pobreza y marginalidad con que viven algunas familias campesinas de la zona; son evidencias de la degradación ambiental del páramo.
- La Economía Ecológica contiene una mayor y mejor aproximación teórica del valor de la naturaleza, pues incorpora los criterios biofísicos y socioculturales en el debate. Así, la propuesta de valor de esta disciplina tiene en cuenta los principios materiales éticos, culturales y subjetivos que deben incluirse en la valoración de los bienes y servicios ecosistémicos, valiéndose de herramientas de medición no convencionales.
- La naturaleza no tiene un único valor ni un valor total. Al referirse a la importancia que tienen todos los bienes y servicios ecosistémicos en el mantenimiento de la plataforma cultural humana y en la vida misma, debe reconocerse la pluralidad de valores cuantitativos, cualitativos, inconmesurables e incomparables que contiene la naturaleza, desde los elementos hasta las complejas estructuras ecológicas.
- Según la estructura de la propiedad en el Páramo de Guerrero, existe un predominio en el número de las explotaciones de subsistencia y de pequeños productores, pero en extensión representan solo el 30% del territorio. Esta situación no permite responsabilizar directamente a la fragmentación o a la concentración como elementos transformadores del páramo, no obstante, la intensificación de la actividad agropecuaria acorde con el nivel económico de los productores, explicaría la mayor presión de las medianas y grandes explotaciones.
- Una clasificación inicial de los sistemas de producción señala la altitud como factor diferenciador de las características y relaciones con la transformación de la actividad ganadera principalmente. Las zonas menos altas cobijan sistemas de lechería y doble propósito que presentan mayor densidad de animales, mayor intensificación, rentabilidad e impactos como la compactación. Las zonas más altas son usadas para sistemas de ceba y cría y levante, en las que las condiciones biofísicas determinan una ganadería de subsistencia o de largo plazo.
- Las relaciones entre las dimensión ecosistema – cultura presentan un sentido e intensidad que explica la transformación ambiental del páramo. Así, los elementos de organización social que contienen la lógica de los valores e intereses para la apropiación del territorio, adoptaron los instrumentos, técnicas y procesos productivos, que condujeron a la transformación de las funciones y estructuras del ecosistema de páramo. De igual forma, las modificaciones en el ecosistema

conllevaron a transformaciones recíprocas en la organización social como la marginación socioeconómica, en los procesos productivos, como la intensificación agropecuaria y los usos alternativos del suelo como conservación.

- Las coberturas vegetales dominantes en el ecosistema de páramo son las semi-naturales como cultivos y pasturas. Esto obedece a una tendencia sostenida al crecimiento de las actividades agropecuarias y a la deforestación permanente de bosques y de vegetación de páramo desde, con mayor intensidad en el periodo de 1960 – 1977. En la actualidad, la vegetación de páramo representa el 7% del Páramo de Guerrero, perdiendo cerca de 2/3 partes desde 1940.
- El valor aproximado de los requerimientos de agua para el cultivo de papa y de pasto ryegrass en la zona de estudio, señala que se requieren 50,5 millones de metros cúbicos de agua por ciclo de cultivo, cifra que se puede relacionar con los 10 millones de metros cúbicos que capta el sistema de acueducto de Zipaquirá al año, y concluir que los principales usuarios de este recurso son los agropecuarios.
- La percepción que la comunidad tiene del valor de los recursos naturales del páramo, señala que aunque contemplan también algunos servicios ecosistémicos para su calidad de vida y el equilibrio ecológico, la lógica de valor productivista es preponderante, debido a la gran importancia que tiene la disponibilidad, acceso y calidad de los recursos para el cultivo de la papa.
- Según el análisis de la estructura de la propiedad, se puede hablar de una alta concentración de la propiedad (GINI 0.597) que refleja la pérdida en la participación de las familias campesinas en los negocios agropecuarios. Así mismo, fenómenos como el arrendamiento para realizar la producción escalonada de papa, genera mayor marginalidad de las pequeñas economías agropecuarias.
- El cálculo del valor comercial del agua representa una guía inicial de gran subestimación, pues no recoge la pluralidad de valores que contiene este recurso. Sin embargo, según la función de demanda de los consumos y precios pagados por los usuarios del estrato 1 de Zipaquirá, el valor del servicio de distribución de un metro cúbico de agua es de \$340,8.
- Los flujos energéticos naturales del Páramo de Guerrero se vieron modificados por la dinámica energética de los agroecosistemas y por la mayor intensificación y uso de energías externas en estos. Aunque las producciones intensivas de papa producen más por unidad de área que sistemas alternativos, la relación con la importación de energía refleja el uso ineficiente y la inestabilidad energética de este tipo de sistemas intensivos.
- Un enfoque que reconozca la integralidad y complejidad del ambiente es requerido para realizar las futuras valoraciones de bienes y servicios de los ecosistemas. Para lo cual, una conciliación entre las disciplinas encargadas de valorar el ambiente, así como el trabajo interdisciplinario para establecer un principio teórico del valor son las próximas prioridades en la agenda científica ambiental.

BIBLIOGRAFÍA⁵⁹

Aguilera, U. (2006). El valor económico del medio ambiente. [Versión electrónica]. Revista Ecosistemas 15 (2). Mayo 2006. Extraído el 15 agosto, 2008, de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=418>

Alvarado, A. (2004). Maquinaria y Mecanización Agrícola. Edit. EUNED. San José, C.R.

Alzate, B. (2006). Indicadores de sostenibilidad ambiental de tercera generación en la gestión ambiental sistémica. Caso Páramo de Guerrero. Cundinamarca. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá.

Alzate, B. (2008). Diagnóstico de la sostenibilidad ambiental. Universidad Nacional de Colombia – IDEA. Bogotá 136 p.

Alzate, B. y Pacheco, A. (2010). Caracterización de los procesos de apropiación y transformación del espacio geográfico con destino a la producción agropecuaria y diseño de la valoración económica parcial ambiental en Páramo de Guerrero (Segunda fase). Investigaciones en curso. Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Colombia

Ángel M., A. (1996). La Trama de la Vida. Las Bases Ecológicas del Pensamiento Ambiental. Cuaderno Ambiental 1. Ministerio de Educación Nacional, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales – IDEA. Bogotá D.C.

Azqueta, D. (2002). Introducción a la economía ambiental. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

Bermejo, R. (2001). Economía sostenible: Principios, conceptos e instrumentos. Ed. Bakeaz. Bilbao, España.

Berrio, R. (1999). Economía ¿Ecológica?. La contribución de Nicholas Georgescu Roegen. Traducción de Ecological Economics, Vol 28, N 1. Medellín.

Cámara de Comercio de Bogotá -CCB. (2005). Plan económico para la competitividad de Zipaquirá. Cedro impresores. Bogotá. 78 p.

Campos, P. y Naredo, J. (1980). La energía en los sistemas agrarios. Revista de agricultura y sociedad, 15. 17 – 113. Extraído el 15 agosto, 2009, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82433>.

Carnevale, N., Albanesi, R., Campagna, N., Larripa, M. y Pece, M. (2006). Valor Económico de los Servicios Ambientales: ¿eje de una política agro-ambiental para el país?. [Versión electrónica]. Revista Agromensajes de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR (16). Agosto. Extraído el 15 agosto, 2008, de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/19/9AM19.htm>

Castells, X. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos. Fundación Universitaria Iberoamericana. Ediciones Díaz de Santos.

⁵⁹ Las referencias bibliográficas corresponden a las citas del cuerpo del trabajo y a las de los anexos.

- Castiblanco, C. (2007). La Economía Ecológica: Una disciplina en busca de autor. *Revista Gestión y Ambiente de la Universidad Nacional de Colombia*. Vol 10 (3). Diciembre.
- Chiesura, A. y de Groot, R. (2003). Critical natural capital: a socio-cultural perspective. *Ecological Economics*. Vol 44. p 219 – 231.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo –CMMAD. (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.
- Connors, D. y Loomis, R. (2004). *Ecología de cultivos*. Mundiprensa libros S. A. Madrid. 591 p.
- Conservación Internacional -C.I., Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2001). *Proyecto Piloto para la Conservación y Uso Sostenible del Páramo de Guerrero*. (Documento sin publicar).
- Costanza, R., Cumberland, J., Daly, H., Goodland, R. y Norgaard, R. (1999). *Una introducción a la Economía Ecológica*. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- Cristancho, H. (2009). *Transformación de los espacios rurales en el eje norte de la sabana centro de Bogotá (Cota, Chía y Cajicá), por procesos de tercerización (1985-2007)*. Tesis Maestría Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Cruz, G. (2006). Valoración de bienes y recursos ambientales y naturales: El problema de la medición. [Versión electrónica]. *Revista Luna Azul de la Universidad de Caldas*. Numero 13. Diciembre 2001. Extraído el 15 agosto, 2008 de http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/0ea3083bRevista13_5.pdf.
- Cuevas, H. (1992). *Introducción a la Economía*. Universidad del Externado. Cuarta Edición. Bogotá.
- Daly, H. (1999). Georgescu-Roegen vs. Solow - Stiglitz. En *Economía ¿Ecológica?*. Universidad Nacional sede Medellín. Todográficas Ltda.
- De Groot, R., Wilson, M. y Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. Vol 41. p 393–408.
- Departamento Nacional de Estadísticas -DANE. (2003). *I censo nacional del cultivo de la papa*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [Versión electrónica]. Extraído el 10 febrero, 2010, de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/ena/papa_censo_cundinamarca.pdf.
- Dobb, M. (1985). *Teorías del valor y de la distribución desde Adam Smith: ideología y teoría económica*. Editorial Siglo XXI. México. 329 p.
- Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá –EAAAZ. (2000). *Información base del Páramo de Guerrero*. Informe de estado del recurso hídrico.

Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT Tausa. (2000). Acuerdo N° 28 de diciembre 29 de 2000.

Falconi, F. y Burbano, R. (2004). Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. [Versión electrónica]. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 1: 11-20. Extraído el 15 agosto, 2008, de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=418>.

Federación Nacional de Productores de Papa - FEDEPAPA. (2002). El correo de la papa: sistema nacional de información de papa. Boletín mensual No. 11 – Julio del 2002. Bogotá. 56 p.

Federación Nacional de Productores de Papa -FEDEPAPA. (2004). Guía ambiental para el cultivo de la papa. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Diagráficas. Bogotá. 56 p.

Fernández, A. (2003). Algunas nociones sobre valor económico y naturaleza. [Versión electrónica]. Revista de Ciencias Humanas de la Universidad Federal de Santa Catarina. Numero 48. Noviembre 2003. Extraído el 15 agosto, 2008 de: <http://www.cfh.ufsc.br/~dich/TextoCaderno48.pdf>.

Fernández, R. y Leiva, M. (2003). Ecología para la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Field, B. (1995). Economía Ambiental: Una introducción. Editorial McGraw-Hill. Bogotá Colombia. 587 p.

Foladori, G. (2001). La economía ecológica. En Foladori, G. y Pierri, N. (Ed) ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. (pp 175-188), Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México.

Foladori, G. y Pierri, N. (2005). ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México. 219 p. Ecological Economics Vol. 1: 11-20. Extraído el 15 agosto, 2008, de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=418>.

Geilfus, F. (1997). 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). San Salvador, El Salvador.

Georgescu-Roegen, N. (1971). The entropy law and the economic process. Harward University Press, Londres, Reino Unido. Consulta a la 1ª ed. española de 1996, La ley de la entropía y el proceso económico. Fundación Argentaria, Madrid, España.

Gil, F. (1995). Energía y mecanización en la Agricultura. Universidad Central de Venezuela. CDCH UCV. Caracas, Venezuela.

Gómez-Baggethun, E. y de Groot, R. (2007). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. [Versión electrónica].

Revista Ecosistemas 16 (3). Septiembre 2007. Extraído el 15 agosto, 2008, de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=496>.

Gómez, M. y Barredo, J. (2005). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Alfaomega. México. 276 p.

Gomez, L., Pimiento, E. y Posada, L. (2007). Ideas 9. La Economía Ecológica: Bases fundamentales. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia – IDEA. 140 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, (2009). Metodología para elaborar y revisar las áreas homogéneas de tierras con fines catastrales. 63 p.

Jaramillo, R. (2006). Evapotranspiración de referencia en la región Andina de Colombia. Revista Cenicafe 57(4):288-298. 2006.

Jevons, W. (1871). The theory of political Economy. Editor Hayes Barton Press. 267 p. Extraído el 15 diciembre 2009, de http://books.google.com.co/books?id=TZrMmmp9cNMC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q=&f=false.

Kinney, T. y Taylor, J. (1998). Investigación de mercados; un enfoque aplicado. Editorial McGraw Hill Interamericana. Bogotá.

Kliksberg, B. (2000). Capital social y cultura: claves olvidadas del desarrollo. Volumen 7 de documento de divulgación. Banco Interamericano de Desarrollo – Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL). 32 p. [Versión electrónica]. Extraído el 15 de noviembre de 2009, de <http://books.google.com.co/books?id=3YIDnefR4S4C&printsec=frontcover#v=onepage&q=&f=false>.

Leff, E. (2004). Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza. Buenos Aires. Siglo XXI editores argentina. 479 p.

León, N. (2002). El enfoque institucional del desarrollo económico. En: los cambios en la racionalidad económica. Una evaluación de la ética y la moral en los patrones actuales de desarrollo. Investigaciones en curso. Ed. Universidad de la Salle. Bogotá.

León, T. (2007). Medio Ambiente, Tecnología y modelos de agricultura en Colombia. Ideas 8. Universidad Nacional de Colombia – IDEA. Bogotá.

Lomas, P., Martín, B., Louit, C., Montoya, D. & Montes, C. (2005). Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. Madrid: Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez.

Madrid, C. y Velázquez, E. (2008). El metabolismo hídrico y los flujos de agua virtual. Una aplicación al sector hortofrutícola de Andalucía (España). Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 8: 29-47. Extraído el 15 julio, 2009 de http://www.redibec.org/IVO/rev8_03.pdf.

- Márquez, G. (2004). Mapas de un fracaso. Naturaleza y Conflicto en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales, IDEA. Bogotá D.C.
- Martín, P. (1999). El sociograma como instrumento que desvela la complejidad. [Versión electrónica]. Empiria. Revista de metodología de Ciencias Sociales. N° 2, 1999, p. 129 – 151. Extraído el 10 febrero, 2008, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=199632>.
- Martínez Alier, J. & Roca, J. (2000). Economía ecológica y política ambiental. México D.F.: PNUMA – Fondo de Cultura Económica.
- Martínez, P. (2004). Economía ambiental y ordenación del territorio. [Versión electrónica]. Revista Ecosistemas 13 (1). Septiembre 2007. Extraído el 15 agosto, 2008, de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=168>.
- Marx, K. (1980). El capital: Libro primero. El proceso de producción del capital. Editorial Siglo XXI. México. 381 p.
- Marx, K. (1981). El capital: Libro tercero. El proceso global de la producción capitalista. Editorial Siglo XXI. México. 536 p.
- Méndez, O. (2007). Análisis ambiental del cambio tecnológico en el cultivo de papa en Páramo de Guerrero, Cundinamarca (1930-2005). Tesis Maestría Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Molano, J. (1983). Estudio biogeográfico del Páramo de Guerrero. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía. Bogotá.
- Molano, J. (1988). Medio ambiente y vida natural en el páramo Andino. Rev. Estudios geográficos. No. 191. Abril-Junio.
- Moreno, G. (2001). Obtención de un modelo para la evaluación de los flujos de energía en la agricultura y su aplicación en el cultivo arroz riego en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. IDEA. Bogotá, Colombia.
- Morin, E. (2004). Introducción al pensamiento complejo. Madrid, Editorial Gedisa. P 63.
- Munda G. (2001). La evaluación Multicriterio en la valoración integral del medio ambiente. En: La roca y las mareas: Ensayos sobre economía ecológica. Universidad Nacional de Colombia. IDEA.
- Munda, G. (2004). Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. European Journal of Operational Research, 158, 662–677. Published by Elsevier B.V.
- Odum, E. y Barrett, G. (2006). Fundamentos de ecología. Cengage Learning Editores. Georgia. 598 p.
- Ojeda, D. (2001). Ecosistemas. En: El medio ambiente en Colombia (Editado por P. Leyva). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM – Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, D.C. pp. 278-346.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO, (2006a). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. [Versión electrónica]. Extraído el 15 junio, 2009, de <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (2006b). El valor del agua. [Versión electrónica]. Revista Enfoques marzo – abril 2006. Extraído el 15 junio, 2009, de <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0603sp1.htm>

Plan de Desarrollo Municipal –PDM Tausa. (2008). 2008 -2011 Déjenme Trabajar Por Mi Pueblo. El Cambio Es Ahora.

Pearce, D. y Turner, K. (1990). El desarrollo histórico de la economía del medio ambiente. Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Celeste Ediciones. Madrid.

Pearce, D. y Turner, R. (1995). Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Colegio de economistas de Madrid. Celeste ediciones. Madrid. 448 p.

Pérez, M. (2006). Comercio exterior y flujos hídricos en la agricultura colombiana: análisis para el periodo 1961-2004. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 4: 3-16. Extraído el 15 julio, 2009 de http://www.redibec.org/IVO/rev4_01.pdf

Portela, M. y Neira, I. (2003). Capital social: las relaciones sociales afectan al desarrollo. [Versión electrónica]. Revista Latinoamericana de Desarrollo Humano. PNUD. Agosto de 2003. Extraído el 15 de noviembre 2009, de <http://www.revistadesarrollohumano.org/biblioteca.asp?qcuintana10=capital+social&buscar=Buscar#all>.

Resolución CRA No. 287 de 2004. Por la cual se establece la metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.

Rudd, M. (2000). Live long and prosper: collective action, social capital and social vision. Ecological Economics. Vol. 34. pp. 131-144.

Samuelson, P. y Nordhaus, W. 2002. Economía. Editorial Mc Graw Hill. 669 p. México.

Santos, J. (1997). El planteamiento teórico multiobjetivo / multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los SIG raster. [Versión electrónica]. Revista Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía, t. 10, 1997, págs. 129-151. Extraído el 15 diciembre de 2009, de <http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?pid=bibliuned:ETFSerie6-B3DEF4BA-3143-B4C9-16C6-4D5EDF3F8AA9>

Sollner, F. (1999). Un reexamen del papel de la termodinámica en la economía ambiental. En Economía ¿Ecológica?. Universidad Nacional sede Medellín. Todográficas Ltda.

Stout, B. (1980). Energía para la agricultura mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 303 p.

Toledo, V. (2008). Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 7: 1-26. Extraído el 15 julio, 2009, de http://www.redibec.org/IVO/rev7_01.pdf.

Tovar, D. (2006). Agua, mercado y flexibilidad. En: Boletín observatorio de políticas ambientales. Número 2. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia.

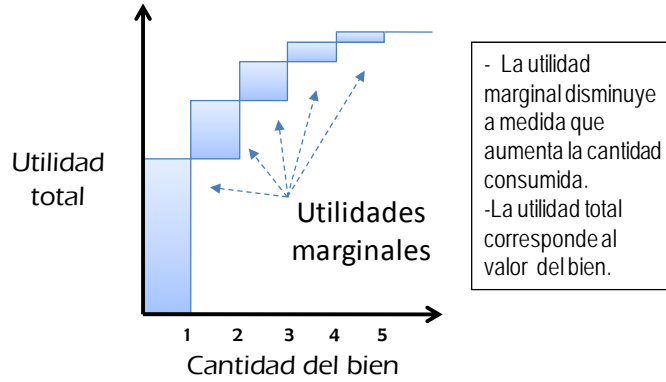
Valbuena, S. (2006). Instrumentos de política para incentivar en los productores de papa la reconversión tecnológica como alternativa para generar procesos de manejo y uso sostenible de los ecosistemas de páramo: tres estudios de caso en el altiplano Cundíboyacense. Tesis Maestría Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Vélez, H. (2004). Los páramos y la apropiación humana de la productividad primaria neta. V Conferencia Nacional de Páramos en Colombia. Memorias. Inzá. Colombia.

Vidart, D. (1997). Filosofía Ambiental: El ambiente como sistema. Editorial nueva América. 663 p. Bogotá, Colombia.

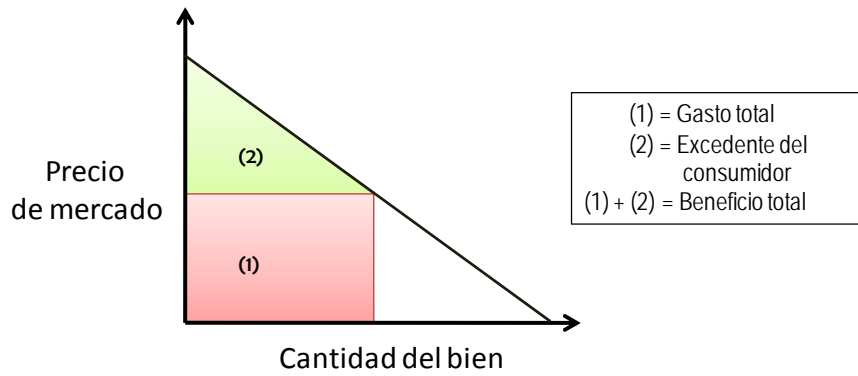
ANEXO 1. Representaciones gráficas de la teoría del valor subjetiva

Figura 1.1. Formación de valor a partir de la utilidad marginal decreciente



Fuente: Elaboración propia a partir de Samuelson y Nordhaus (2002)

Figura 1.2. Disponibilidad a pagar por los bienes y servicios ecosistémicos



Fuente: Pearce y Turner (1990:170)

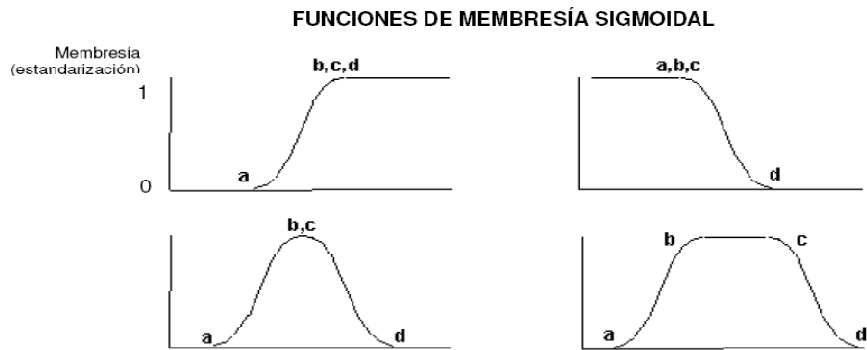
ANEXO 2. Funciones, bienes y servicios de los ecosistemas

FUN. PRINCIPALES	FUN. SECUNDARIAS	EJEMPLOS DE BIENES Y SERVICIOS
Regulación: relacionada con la capacidad natural de regular procesos esenciales ecológicos y los sistemas de soporte de la vida.	Regulación atmosférica	Protección a rayos UV y calidad de aire.
	Regulación climática	Temperatura y precipitación adecuadas
	Prevención de disturbios	Protección de tormentas, inundaciones
	Regulación hídrica	Drenaje e irrigación natural
	Disponibilidad hídrica	Agua para todos los usos.
	Contención del suelo	Prevención de la erosión y sedimentación.
	Formación de suelo	Mantenimiento de la productividad
	Regulación de nutrientes	Fertilidad de ecosistemas productivos.
	Asimilación de residuos	Eliminación de toxinas
	Polinización	Polinización de plantas silvestres y comerciales
	Control biológico	Reducción de plagas, plagas y enfermedades
Hábitat: provisión de refugio y reproducción de hábitat para plantas y animales a favor de la biodiversidad y la evolución.	Función de refugio	Provisión de espacios habitables para el mantenimiento de la biodiversidad y de especies de fauna y flora.
	Función de criadero	Permite la reproducción para el mantenimiento de la biodiversidad y de especies con valor medicinal, alimenticio y comercial.
Extracción y producción: La gran diversidad de estructuras orgánicas e inorgánicas provee una amplia gama de bienes de consumo desde alimentos, materias primas, recursos energéticos y material genético.	Alimento	Caza, recolección, pesca, cultivos acuícolas y agrícolas
	Materias primas	Materiales orgánicos para manufacturas
	Recursos genéticos	Mejoramientos genéticos
	Recursos medicinales	Medicinas y herramientas químicas
	Elementos decorativos	Materiales animados e inanimados ornamentales
	Minerales y yacimientos	Piedras, combustibles fósiles y metales.
Información: referencia la evolución cultural humana atada a los ecosistemas naturales que contribuyen a mantener la salud mental humana	Información estética	Contemplación paisajística
	Función recreativa	Turismo, deportes, actividades de esparcimiento
	Información artística y cultural	Expresión de la naturaleza en libros, películas, cuadros, folclore, arquitectura y religión
	Información histórica	Memoria histórica de los ecosistemas
	Ciencia y educación	Fuente de conocimientos científicos

Fuente: Modificado a partir de de Groot et al (2002) y Gómez-Baggethun y De Groot (2007)

ANEXO 3. Funciones de membresía

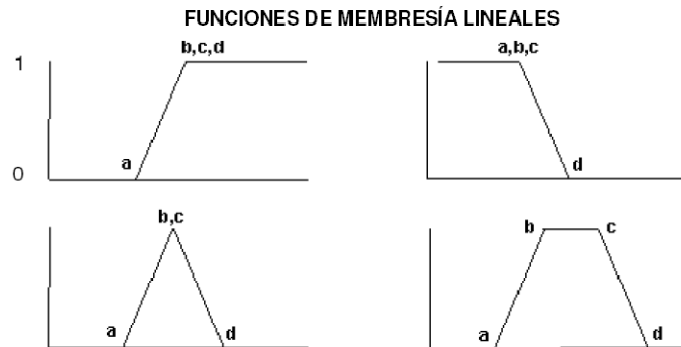
Sigmoidal: Se produce usando una función de coseno. Para ella se requiere las posiciones, a lo largo del eje X, de 4 puntos que determinan la forma de la curva. Ellos están indicados en la figura de abajo como puntos **a, b, c, y d** y representan los puntos de inflexión de la curva.



Forma de J: La figura muestra las diversas posibilidades de funciones en forma de J y la posición de los puntos de inflexión. Con esta función se alcanza cero solamente en el infinito. Por eso, los puntos de inflexión **a y d** indican los puntos en los cuales la función alcanza por ejemplo 0.5 en lugar de cero (0).



Lineal: La figura muestra las funciones lineales y sus variantes acorde con la ubicación de los puntos de inflexión.



Fuente: Alzate (2008)

ANEXO 4. Relación de actores en la dinámica ambiental del Páramo de Guerrero

GRUPO	N°	ACTOR	PAPEL EN EL PÁRAMO	RESPONSABILIDAD EN LA TRANSFORMACIÓN
Instituciones públicas	1	Alcaldías	- Cobra impuestos - Construye infraestructura - Da seguridad y apoyo social	Directa (alta): como gestores de los planes de desarrollo han favorecido la acción de los gremios en el páramo.
	2	UMATA	-Asesoría pastos y agricultura - Purgas a la ganadería - Capacitaciones - Trabajo ambiental	Directa (baja): Al seguir lo lineamientos del gobierno, promueven la producción agropecuaria en zonas de páramo, aunque con prácticas de menor impacto.
	3	Gobiernos departamental y nacional	- Implementan programas sociales como RESA - Apoyan la educación	Directa (alta): Las políticas generadas para disminuir la presión sobre los páramos sin afectar la calidad de vida de sus pobladores son escasas e inadecuadas.
	4	Ministerio de agricultura	- Ofrecen incentivos económicos agropecuarios	Directa (alta): Con sus planes de fomento agropecuario han promovido la productividad sobre la conservación.
	5	Corporación Autónoma Regional	- Proteger el medio ambiente - Reforestación - Vigilancia de predios - Concesiones de aguas	Directa (baja): Las medidas de control utilizadas para evitar el deterioro del páramo han sido insuficientes. En algunos casos se favorece la producción.
Instituciones privadas	6	FEDEPAPA	- Asesorías técnicas - Recolección y manejo de envases - Conserva el medio ambiente	Directa (alta): Favorecen la producción de papa con un alto uso de agroquímicos, expansión de la frontera agrícola para uso de nuevas semillas.
	7	Comité de ganaderos	- Manejo veterinario Vacunas - Organiza el mercado de ganado	Directa (baja): Favorecen la producción agropecuaria con alto uso de agroinsumos.
	8	Casas comerciales	- Asesoría en papa y en plaguicidas - Promocionan productos	Directa (media): Son fieles a su objetivo capitalista sin tener en cuenta la ética ambiental en la venta y uso de agroquímicos.
	9	Entidades financieras	- "Ayuda al campesino" - Ofrecen créditos a productores	Indirecta: Con el apoyo financiero fomentan la producción agropecuaria en zonas de páramo, aunque su responsabilidad ecológica sea de tipo ético.
	10	Intermediarios (resto de las agrocadenas)	- Compran los productos agropecuarios y los transportan	Indirecta: Son fieles a su objetivo capitalista y aunque tienen responsabilidad social al favorecer al productor, fomentan la producción agropecuaria en páramo.
ONG's	11	Conservación Internacional	- Realizan proyectos de investigación y extensión - Defienden la preservación del páramo	Sin responsabilidad: Promueven las prácticas de producción amigables con el ecosistema, aunque se les acusa de querer desplazar a los campesinos para preservar el páramo.
	12	Fundación Escuela Naturaleza	- Capacitan en temas ambientales y productivos - Promueve la conservación del páramo	Sin responsabilidad: Promueven prácticas de producción amigables con el ecosistema.
	13	Otras ONG's ambientalistas	- Desarrollan proyectos ambientalistas	Sin responsabilidad: Promueven las prácticas de producción amigables con el ecosistema.
	14	Juntas de Acción Comunal	- Gestión comunitaria y control social - Intermedian problemas de la comunidad ante la alcaldía	Directa (baja): como comunidad son directos responsables de la transformación aunque estén conformadas en su mayoría por pequeños productores
	15	Grandes y	- Incorporan grandes capitales	Directa (alta): Responsables directos de la

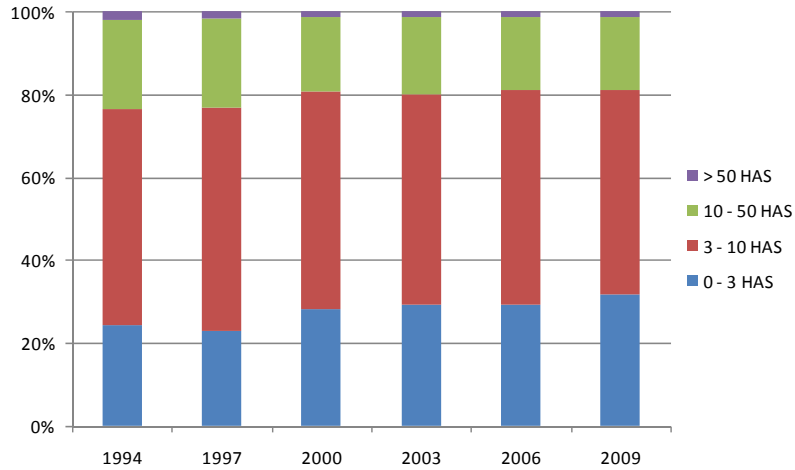
GRUPO	N°	ACTOR	PAPEL EN EL PÁRAMO	RESPONSABILIDAD EN LA TRANSFORMACIÓN
		medianos productores ⁶⁰	para la producción de papa y ganadería principalmente	transformación del páramo, tienen alto poder económico y aprovechan todos los incentivos productivos públicos y privados.
	16	Pequeños productores ⁶⁰	- Realizan producción a menor escala - Arriendan sus predios	Directa (media): Dadas las condiciones de marginalidad en las que viven, presionan el ecosistema para sobrevivir.
	17	Centros educativos y profesores	- Educan a niños y jóvenes	Indirecta: Aunque no intervienen en la transformación, sus enseñanzas influyen el comportamiento de la población con su entorno.

Fuente: Elaboración Propia

⁶⁰ Dadas las condiciones sociales de producción encontradas durante los trabajos de observación en el Páramo de Guerrero se determinó que los sistemas productivos de papa y ganadería existentes según la distribución de la propiedad guardan el siguiente orden: Economía campesina, 0 – 3 hectáreas; pequeños propietarios, 3 – 10 hectáreas; medianos propietarios, 10 – 50 hectáreas; y grandes propietarios, > 50 hectáreas.

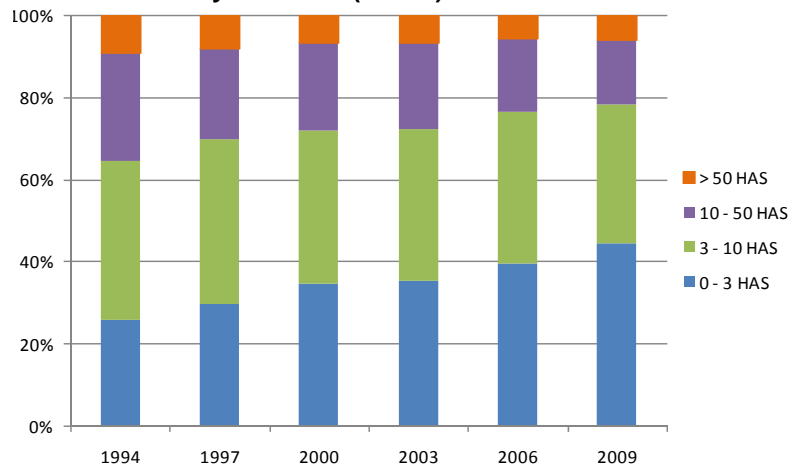
ANEXO 5. Estructura de la propiedad rural en el Páramo de Guerrero

Grafica 5.1. Comportamiento de las explotaciones agropecuarias en la vereda Páramo Alto (Cogua) 1994 - 2009



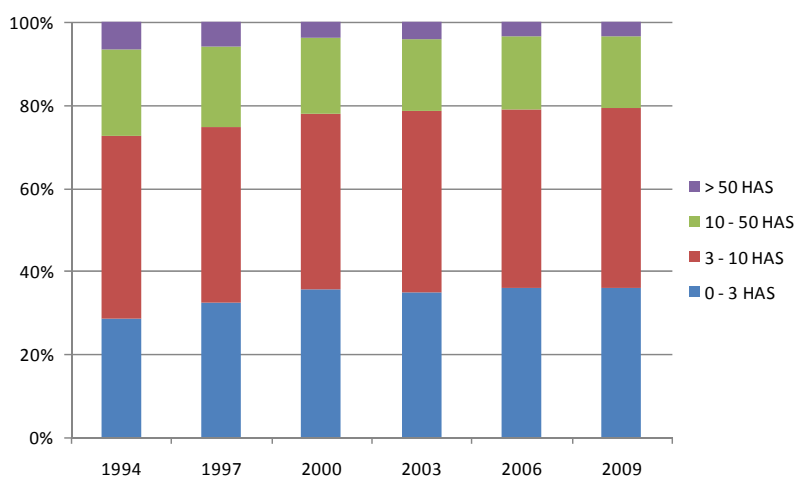
Fuente: Elaboración propia

Grafica 5.2. Comportamiento de las explotaciones agropecuarias en las veredas San Antonio y El Salitre (Tausa) 1994 - 2009



Fuente: Elaboración propia

Grafica 5.3. Comportamiento de las explotaciones agropecuarias en las veredas Guerrero Oriental y Occidental (Zipaquirá) 1994 – 2009



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.1. Dinámica de la superficie predial por vereda y tipo de explotación

Veredas	Periodos	Total rural	0 - 3 HAS	3 - 10 HAS	10 - 50 HAS	> 50 HAS
Páramo Alto (Cogua)	1994	22,132,831	961,450	6,448,701	9,374,680	5,348,000
	2009	22,330,608	1,587,796	7,541,086	9,094,266	4,107,460
	Diferencia	197,777	626,346	1,092,385	-280,414	-1,240,540
San Antonio y El Salitre	1994	47,920,263	936,240	6,049,518	17,639,205	23,295,300
	2009	48,365,513	2,263,965	7,102,314	14,311,219	24,688,015
	Diferencia	445,250	1,327,725	1,052,796	-3,327,986	1,392,715
Guerrero Oriental y Occidental	1994	37,676,220	1,277,018	6,046,283	12,221,909	18,131,010
	1997	34,069,689	1,429,326	6,040,479	12,138,174	14,461,710
	2009	35,166,197	1,779,238	7,507,089	14,684,858	11,195,012
	Diferencia 94 - 97	-3,606,531	152,308	-5,804	-83,735	-3,669,300
	Diferencia 94 - 09	1,096,508	349,912	1,466,610	2,546,684	-3,266,698
Totales		-1,866,996	2,456,291	3,605,987	-1,145,451	-6,783,823

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. Metodología para la caracterización de los sistemas de producción de ganadería bovina en el Páramo de Guerrero

Anterior a esta investigación no existían para el Páramo de Guerrero estudios de caracterización o diagnóstico de los sistemas de producción de ganadería bovina. Un primer acercamiento a las características de la actividad ganadera en la zona de estudio se logró, producto de esta investigación, a partir del análisis de los datos consolidados de las fichas de registro para cada predio donde se realiza la vacunación contra fiebre aftosa.

El ciclo de vacunación anti-aftosa es un programa de alcance nacional y frecuencia semestral, coordinado por FEDEGÁN-F.N.G. y ejecutado como proyecto local por el Comité de Ganaderos Área 5 con sede en Zipaquirá, Cundinamarca. Este proyecto local está encargado de la ejecución de los programas de sanidad animal de FEDEGÁN-F.N.G. en 20 municipios del departamento de Cundinamarca, entre los cuales se encuentran Zipaquirá, Cogua y Tausa y, al interior de estos, las veredas que hacen parte de la zona de estudio definida como Páramo de Guerrero.

La vacunación se realiza semestralmente, predio a predio, en todas las fincas que tienen cualquier tipo de actividad ganadera de la especie bovina. Durante la visita del predio objeto de vacunación, se diligencia una ficha de registro que contiene la siguiente información:

- Identificación del proyecto local y el ciclo de vacunación.
- Identificación del predio y ubicación.
- Identificación del propietario y tipo de tenencia del predio.
- Tipo de vacuna, laboratorio e identificación del lote.
- Estructura del hato por edad y sexo de los bovinos que se encuentran en el predio.

Una vez recopilada esta información, al interior del proyecto local, se alimenta una base de datos que consolida los resultados obtenidos en cada ciclo de vacunación. De esta forma, según los objetivos de la presente investigación, se obtuvo la base de datos del ciclo 2008-I, la cual constituyó el insumo base para determinar la población o universo de predios ganaderos en la zona y cuyo análisis permitió establecer el tamaño de muestra para la aplicación de la encuesta de caracterización.

La base de datos original fue depurada, organizada y analizada para las veredas objeto de estudio, obteniendo así una caracterización general de la actividad ganadera en la zona y una clasificación aproximada por sistemas de producción. A esta base modificada se le aplicaron tres factores de corrección, a fin de priorizar las veredas que cumplieran ciertas condiciones de acuerdo con su relevancia para la investigación y de definir el tamaño de muestra en cada vereda. Los factores de corrección utilizados fueron:

Por escala de producción: Según las características de la zona de estudio, se clasificaron los predios con un número igual o menor a cinco bovinos como de economía campesina. Debido a que se consideró más pertinente y eficiente caracterizar estos predios mediante

herramientas de tipo participativo, fueron excluidos de la base de datos sobre la cual se calculó el tamaño de la muestra.

Por altitud: Con el fin de obtener una caracterización de la actividad ganadera más relacionada con las condiciones de páramo que con ecosistemas presentes en lo que se denomina Sabana de Bogotá, se aplicó una corrección por altitud, priorizando las áreas ubicadas por encima de 3200 m.s.n.m.

Por persistencia de la actividad ganadera: Teniendo en cuenta la dinámica de la ganadería en la zona de estudio, se consideró importante caracterizar predios en áreas donde esta actividad productiva haya tenido una persistencia por más de diez años. Con este fin se aplicó un factor de corrección por la proporción de áreas con uso agropecuario persistente dentro de cada vereda.

De acuerdo con estos factores de corrección se priorizaron las veredas que cumplieran con las siguientes condiciones:

- Del total de predios con actividad ganadera, mínimo un 40% deben presentar actividad intensa, es decir, no deben estar clasificados como predios de economía campesina.
- Mínimo el 80% del área de la vereda debe tener una altitud igual o superior a 3200 m.s.n.m.
- Mínimo el 40% del área de la vereda debe presentar un uso agropecuario persistente (por más de diez años).

De las quince veredas que conforman la zona de estudio, sólo cinco cumplieron con estas condiciones: Guerrero oriental y occidental en Zipaquirá, Páramo Alto en Cogua, y El Salitre y San Antonio en Tausa. La descripción de los muestreos para los predios con actividad ganadera en cada una de estas veredas, se presenta en la tabla 6.1.

Para calcular el tamaño de muestra se aplicó sobre la población (número de predios corregido) un muestreo estratificado al azar, el cual implicó agrupar la población en segmentos o estratos homogéneos, en este caso las veredas, y luego hacer el muestreo dentro de cada estrato (Kinnear y Taylor, 1998).

Una vez definido el tamaño de la muestra en cada una de las veredas, se aplicó una encuesta de caracterización estructurada y visitas de campo como instrumentos para la recolección de información; se consultaron fuentes primarias que correspondieron directamente a los agentes implicados en la producción ganadera en el Páramo de Guerrero.

Tabla 6.1. Muestreo de los predios con actividad ganadera para las veredas prioritizadas

MUN.	VEREDA	Número predios actividad ganadera	Número predios actividad ganadera intensa	Factor de corrección por altitud	Factor de corrección por uso agropec.	Número de predios corregido	Tamaño de muestra*
Zipaquirá	Guerrero oriental y occidental	73	61	0,958	0,758	44	31
Cogua	Páramo Alto	71	59	0,897	0,409	22	18
Tausa	El Salitre	51	45	0,852	0,413	16	14
	San Antonio	51	25	0,996	0,718	18	15
TOTAL		246	190			100	78

* Correspondiente al número de encuestas a aplicar dentro de cada estrato (vereda).

Fuente: Elaboración propia

La información recopilada, a través de las 78 encuestas aplicadas en igual número de predios con actividad ganadera bovina en el Páramo de Guerrero, se organizó, depuró y tabuló para su análisis. A fin de clasificar y caracterizar los sistemas de producción, se utilizó la estadística descriptiva. Entre los factores que se tuvieron en cuenta para la clasificación de los sistemas productivos de ganadería bovina, se destacan los siguientes:

- Localización geográfica del predio dentro de la zona de estudio.
- Topografía del terreno y otras condiciones biofísicas.
- Estructura del hato y carga animal por unidad de área.
- Actividades productivas: principalmente razas o cruces utilizados, tipo de pastoreo, pastos y forrajes predominantes, procesamiento de forrajes, relación con otros cultivos, riego, fertilización, uso de mano de obra, entre otras.
- Productos obtenidos y su comercialización.
- Impactos ambientales potenciales.

Tabla 6.2. Actividades productivas utilizadas en la clasificación de los sistemas de producción de ganadería bovina

SUBSISTEMA	PROCESOS	ACTIVIDADES
Suelo – Planta	Adecuación de tierras	Labranza Utilización de maquinaria Quemas Aplicación de enmiendas
	Siembra	Siembra Especies y variedades Mezclas y asociaciones Densidades de siembra Fertilización de establecimiento

SUBSISTEMA	PROCESOS	ACTIVIDADES
	Mantenimiento de la pradera	Fertilizaciones de mantenimiento Sistema de riego Sistema de drenaje Control de plagas Control de malezas Renovación de praderas
	Relación con otros cultivos	Tipo de rotación Frecuencia de rotación Manejo de los cultivos
Suelo – Planta – Animal	Manejo del pastoreo	Tipo de pastoreo Manejo de la carga animal Frecuencias de pastoreo
	Conservación de forrajes	Ensilaje Henolaje Henificación
Animal	Manejo sanitario	Plan de vacunación Plan de vermifugación Tratamientos médicos y salud animal
	Manejo del estiércol	Recolección Adaptación del estiércol Incorporación y dispersión del estiércol
	Manejo de la alimentación	Suministro de sales Suministro de suplementos
	Manejo animal	Transporte de animales Marcación de animales
	Mejoramiento genético	Razas utilizadas Plan de cruzamiento Plan de mejoramiento
Antrópico	Administración	Planeación Organización Dirección Control
	Manejo de información	Uso de indicadores productivos Uso de indicadores reproductivos Uso de indicadores económicos
	Manejo de construcciones e instalaciones	Manejo de instalaciones ganaderas Uso de otras construcciones
Productos	Ordeño	Labores previas al ordeño Ordeño Labores posteriores al ordeño
	Manejo del producto	Manipulación de la leche y/o animales Transporte de la leche y/o animales Comercialización de los productos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.3. Clasificación de los sistemas de producción de papa en Colombia

ACTIVIDADES DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE PAPA				Presencia de efectos
Proceso	Actividad	Sistemas tradicionales	Sistemas tecnificados	
Pre-siembra	Selección del lote. Escogencia de los predios.	Priman condiciones técnicas y económicas sin considerar las ambientales. Los tecnificados buscan adicionalmente lotes comerciales.		Sí
	Adecuación del lote. Obras complementarias que permitan un buen establecimiento del cultivo.	Se realizan obras tales como remoción de vegetación, zanjas de drenaje para evitar encharcamientos, construcción de cercas, construcción de reservorios para captación de aguas, entre otras, sin considerar las implicaciones ambientales y la fragilidad del ecosistema a intervenir.		Sí
Producción y manejo de la semilla	Producción de semilla certificada.	No utilizan ni producen semilla certificada.	Productores y/o comerciantes de semilla certificada oficial.	No
	Selección. Separar tubérculos apropiados como semilla.	La selección es deficiente y subjetiva.	La selección de semilla es adecuada.	No
	Tratamiento. Aplicación de plaguicidas para la protección de la semilla.	Se realiza en algunos casos.	Generalmente se realiza.	Sí
	Empaque. Material que contiene los tubérculos destinados para siembra.	Normalmente se utilizan sacos de fique o fibra de polipropileno de 62,5 kilogramos.		No
Preparación del terreno	Arada. Roturación del suelo como fase inicial de la preparación. Se usan arados de chuzo, disco, vertedera o cincel, entre otros.	Normalmente utilizan arado de disco, dos a tres pases, que volteo el suelo y deteriora de las propiedades y estructura del mismo.	Utilizan arado de cincel o chuzo que penetra en el suelo sin voltearlo y permite la aireación del mismo sin deteriorarlo.	Sí
	Pulida. Disminución del tamaño de las partículas de suelo como terrones.	Uso excesivo e inadecuado del arado rotatorio, pulverizando el suelo.	Utilizan arado rotario a la velocidad indicada, teniendo en cuenta épocas de lluvias y topografía.	Sí
	Surcada. Elaboración de surcos donde se deposita la semilla y el fertilizante en el momento de la siembra.	Elaboración de los surcos a favor de la pendiente para facilitar la ejecución de algunas labores culturales.	Los surcos se hacen en contra de la pendiente o en algunos casos en curvas de nivel (en zonas de ladera) para evitar el arrastre de suelo.	Sí
Labores culturales	Desyerba. Eliminación de malezas (arvenses) y amontonamiento del suelo junto a las plantas siguiendo la dirección de los surcos.	Se realiza removiendo el suelo y amontonándolo junto a las plantas; generalmente se hace en forma manual.	Uso de tractor y obreros que perfeccionan la labor.	Sí
	Aporque. Amontonamiento, por segunda vez, de suelo alrededor de las plantas.	Normalmente la operación es manual y los obreros utilizan azadones, palas o cutes.		No
	Labores de riego.	Normalmente el cultivo está condicionado al agua proveniente de las lluvias.	Se utilizan sistemas de riego para incrementar rendimientos y para control de heladas.	Sí
	Recolección de residuos vegetales de la cosecha anterior.	No se recogen los residuos de cosechas anteriores o se hace en forma deficiente.	Recoge, utiliza o destruye los residuos para evitar la proliferación de plagas y	No

ACTIVIDADES DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE PAPA				Presencia de efectos
Proceso	Actividad	Sistemas tradicionales	Sistemas tecnificados	
			enfermedades.	
	Cosecha del tubérculo.	Recogen la papa comercial y desechan cantidades considerables de papa no comercial en épocas de precios bajos.	Recogen oportunamente la papa comercial con destino al mercado y la papa no comercial la destruyen o la utilizan en la alimentación de obreros o de animales.	No
Fertilización del cultivo	Aplicación de fertilizantes, abonos y correctivos.	Utilizan correctivos y fertilizantes en dosis inadecuadas, con base en experiencias de cultivos anteriores. Principalmente se usan fertilizantes compuestos.	Normalmente aplican un plan de fertilización con base en los resultados del análisis de suelos. Utilizan diferentes tipos de fertilizantes.	Sí
Manejo de plagas, enfermedades y malezas	Control de plagas, enfermedades y malezas.	Tienen un fuerte arraigo por el uso de plaguicidas de síntesis como principal herramienta para el control de organismos que afectan el cultivo.	Utilizan métodos alternativos de control de plagas, enfermedades y malezas, formulando un plan integral de manejo.	Sí
	Aplicación de plaguicidas al suelo. Uso de agroquímicos dirigidos a la base de la planta.	Se realiza en condiciones de suelo seco, por lo que el control es poco efectivo.	Utilizan dosis ajustadas a las recomendaciones consignadas en las etiquetas de los plaguicidas.	Sí
	Aspersiones foliares de plaguicida.	Realizan un número exagerado de aplicaciones o aspersiones.	Calibran equipos de aspersión y utilizan sustancias adyuvantes.	Sí
	Control etológico de plagas. Uso de trampas para capturar algunos insectos plaga.	No lo utilizan.	Utilizan trampas de diferente tipo para vigilar la presencia de polilla, así como trampas de paso para gusanos.	No
	Recolección de residuos vegetales posterior a la cosecha.	Dejan los residuos de papa que se convierten en foco de plagas y enfermedades.	Recogen los residuos de cosecha y algunas veces los utilizan.	No
Manejo postcosecha	Manejo de residuos de empaques y envases de plaguicidas.	Abandonan en los lotes empaques y envases después de utilizar los plaguicidas.	Recogen y destruyen los empaques y envases de plaguicidas.	Sí
	Manejo de plaguicidas en bodega.	Manejan plaguicidas de diferente tipo, así como sus remanentes, en condiciones inadecuadas de almacenamiento.	Disponen de un sitio específico, con suficiente ventilación y bajo llave, para el almacenamiento adecuado de los plaguicidas.	Sí
	Limpieza del tubérculo.	Normalmente, el tubérculo se comercializa con partículas de suelo adheridas al mismo.	Cuando el mercado lo requiere, lavan la papa en pozos o estanques destinados para tal fin.	Sí

Fuente: Adaptado de FEDEPAPA – MAVDT (2004)

ANEXO 7. Criterios seleccionados para la evaluación de las transformaciones del Páramo de Guerrero

COMPONENTE AMBIENTAL	FUNCIONES ECOSISTÉMICAS RELACIONADAS	CRITERIOS	TIPO DE CRITERIO	VARIABLES	PROCEDIMIENTOS PARA SU OBTENCIÓN	PAPEL DE LA VARIABLE O DEL CRITERIO EN EL VALOR DE LOS BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN RELACIÓN A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
VALOR ECOLÓGICO						
Suelo	Formación de suelo Regulación de nutrientes	Aptitud del suelo	Espacial	Condiciones para la mecanización	Se calcula con base en las unidades de suelo y las pendientes (Ver Alzate, 2006 y 2008).	Las zonas del páramo con inadecuadas condiciones de los suelos para el desarrollo de vegetación, causadas por la acción degradante de las actividades agropecuarias, requieren mayor inversión para su recuperación con fines de protección o para su uso agrícola. Esta situación aumentaría el valor de compensación del recurso suelo debido a la mayor inversión que requeriría para su recuperación o uso.
				Disponibilidad de agua	A partir del estudio general de suelos (escala 1:100.000) y la zonificación de tierras (Alzate, 2008).	
				Condiciones de enraizamiento		
				Drenaje del suelo		
	Predisposición a la erosión	Espacial	Longitud de pendiente	A partir del modelo digital de elevación (Alzate, 2008).	Zonas con predisposición a la erosión determinan una depreciación de su valor para su uso agropecuario como también para la regeneración de las especies nativas. Estos suelos requieren mayor inversión para recuperarlos o para hacerlos productivos, lo que conlleva a que presenten un mayor valor de compensación.	
			Protección del suelo por uso y cobertura	Por medio de la clasificación de imágenes satelitales, se les asigna un valor (Alzate, 2008).		
			Factor de erodabilidad (tipo)	A partir del estudio general de suelos y la zonificación de tierras. (Alzate, 2008).		
			Intensidad de la precipitación	Se calcula a partir del índice modificado de Fournier (Alzate, 2008).		
Atmósfera	Regulación atmosférica y climática	Condiciones climáticas	Espacial	Variabilidad interanual de la precipitación	A partir de los datos de precipitación multianual de las estaciones climatológicas de la zona (Alzate 2008).	Las condiciones climáticas son un factor fundamental para el desarrollo vegetativo en los páramos y para el mantenimiento de los cultivos. Zonas donde las condiciones climáticas son inadecuadas para la producción agropecuaria,

COMPONENTE AMBIENTAL	FUNCIONES ECOSISTÉMICAS RELACIONADAS	CRITERIOS	TIPO DE CRITERIO	VARIABLES	PROCEDIMIENTOS PARA SU OBTENCIÓN	PAPEL DE LA VARIABLE O DEL CRITERIO EN EL VALOR DE LOS BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN RELACIÓN A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
				Condiciones de temperatura	A partir de información suministrada por CEVIPAPA, se procesan los datos de altura y temperatura (Alzate, 2008).	requieren mayor inversión para contrarrestar los problemas que estas condiciones generen, por lo tanto un mayor valor de compensación.
		Calidad de aire	Espacial	Calidad de aire	A partir de información de las estaciones climáticas del IDEAM y de mediciones en campo de los indicadores de calidad de aire.	El valor del aire radica en su función como soporte de la vida, así como su contaminación determina la pérdida de valor de sus funciones reguladoras. En zonas donde el aire está más deteriorado existe un mayor valor de compensación debido a los mayores costos sociales y de producción que genera.
Agua	Regulación climática Prevención de disturbios, Disponibilidad hídrica	Balance hídrico	Temático	Agua virtual	A partir del cálculo de los requerimientos de agua de cultivos.	La oferta que se tenga del recurso hídrico determina la viabilidad de la producción agropecuaria. Cuencas donde es más escaso este recurso requieren mayores inversiones para su recuperación como para suplir las demandas de los sistemas de producción, por tal razón presentan un mayor valor de compensación para su uso.
			Espacial	Escorrentía superficial	A partir de los balances hídricos de cuencas hidrográficas (oferta - demanda = escorrentía) (Alzate, 2008).	
Biodiversidad	Control biológico Recursos en general Información en general	Diversidad de flora y fauna	Espacial	Índices de diversidad	A partir de los índices de diversidad alfa calculados con imágenes satelitales.	El mantenimiento de la diversidad de especies de fauna y flora tiene un alto valor para el equilibrio ecosistémico y para el control de plagas en los cultivos. Zonas de alta biodiversidad son de gran valor natural para la conservación que no deben ser compensadas sino protegidas, mientras que las zonas con menor biodiversidad tienen un mayor valor de compensación.
				Fragmentación de ecosistemas	A partir del análisis de los fragmentos y parches de vegetación se mide riqueza relativa y densidad de bosque.	

COMPONENTE AMBIENTAL	FUNCIONES ECOSISTÉMICAS RELACIONADAS	CRITERIOS	TIPO DE CRITERIO	VARIABLES	PROCEDIMIENTOS PARA SU OBTENCIÓN	PAPEL DE LA VARIABLE O DEL CRITERIO EN EL VALOR DE LOS BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN RELACIÓN A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
Cadenas tróficas	Regulación de nutrientes	Valor energético	Temático	Eficiencia energética	Se establecer indicadores de eficiencia en el uso de energías auxiliares importadas en la producción agropecuaria.	Un mayor uso de subsidios energéticos en los sistemas de producción agropecuaria conllevan a una menor eficiencia energética, mayores de contaminantes y mayor deterioro de los bienes y recursos ecosistémicos, lo cual genera un mayor valor de compensación para su recuperación o uso productivo.
VALOR SOCIO-CULTURAL						
Aspectos culturales	Información artística, histórica científica y educativa	Percepción cultural de los recursos naturales	Temático	Importancia de los recursos naturales	Información obtenida mediante la aplicación de herramientas de participación, en las que se califica la importancia de los recursos naturales, de su uso y de su calidad, asignada por la comunidad.	La importancia que la comunidad le da a los recursos naturales determina el uso y manejo que hacen de estos. Los bienes y servicios ecosistémicos tienen un valor cultural importante en la cohesión social y económica de la zona y estos perciben mayor valor cuando su disponibilidad y/o acceso es restringido o escaso. El mismo carácter ordinal que da la comunidad a sus recursos, a los usos y a la calidad de los mismos, determina el valor socio-cultural de los bienes y servicios ecosistémicos del páramo.
				Importancia de los usos de los recursos naturales		
				Disponibilidad y acceso a los recursos naturales		
Aspectos sociales	Alimento Materias primas Recursos en general Minerales	Calidad de vida	Espacial	Dependencia de la actividad agropecuaria	Interpretación de imágenes satelitales SPOT (Alzate, 2008).	La disponibilidad de bienes y servicios ecosistémicos determina la calidad de vida de la población que los demanda. El acceso a la tierra y a los recursos se valora en la medida en que permite la obtención de bienestar a su propietario. La constante presión sobre los recursos naturales contribuye a la generación de marginación socioeconómica de la población del páramo. En las zonas de mayor marginación el valor de los bienes y servicios ecosistémicos es mayor debido a su baja calidad o escasez, así como un mayor valor de compensación para que generen bienestar.
			Temático	Fragmentación de la propiedad	A partir de información catastral se establece la concentración y la fragmentación de predios.	
			Temático	Seguridad alimentaria	A partir de encuestas y del cálculo de los balances nutricionales.	

COMPONENTE AMBIENTAL	FUNCIONES ECOSISTÉMICAS RELACIONADAS	CRITERIOS	TIPO DE CRITERIO	VARIABLES	PROCEDIMIENTOS PARA SU OBTENCIÓN	PAPEL DE LA VARIABLE O DEL CRITERIO EN EL VALOR DE LOS BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN RELACIÓN A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
VALOR ECONÓMICO (VALOR DE MERCADO)						
Economía de mercados	Disponibilidad hídrica Función de vivienda Funciones de producción	Mercado del agua	Temático	Valor económico de referencia	A partir de información sobre consumos y facturaciones de la EAAAZ E.S.P. se calcula la Disponibilidad a pagar de los consumidores.	El valor de referencia del servicio de acueducto para la población es un punto de partida para determinar en qué zonas, donde la oferta hídrica es escasa, el valor de uso para la producción agropecuaria debe ser mayor. La DAP determina el valor de referencia a pagar por el servicio de un m3 adicional del recurso. En zonas donde exista mayor escasez, el valor del recurso debe ser mayor.
		Avalúos catastrales	Espacial	Zonas geoeconómicas	A partir de las variables ambientales que componente el avalúo catastral de las propiedades rurales.	El valor predial de mercado determina indirectamente la oferta de bienes y servicios ecosistémicos para el desarrollo de actividades productivas. Las zonas homogéneas físicas y geoeconómicas tienen una relación directa con el valor de los bienes y servicios ecosistémicos. Zonas donde los avalúos sean mayores, tienen mayor valor los bienes y servicios ecosistémicos.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8. Coberturas vegetales del Páramo de Guerrero 1940-2007
Tabla 8.1. Descripción de las coberturas identificadas en la interpretación en la fotointerpretación

UNIDAD DE COBERTURA		DESCRIPCIÓN
Cultivos Transitorios		Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses. En el Páramo de Guerrero se encuentra la papa como principal cultivo, además de éste se encuentran otros tubérculos como nabos, cubios, hibas y zanahoria, entre otros, pero en comparación con la papa éstos son cultivos marginales que se producen muy poco y sólo en algunas épocas.
Otros Pastos		La unidad de pastos, comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por gramíneas. En el área de estudio hace alusión a aquellos pastos que no fue posible identificar con imagen satelital. Específicamente, kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), oloroso (<i>Anthoxanthum odoratum</i>), pasto azul (<i>Dactylis glomerata</i>) y gramas nativas, que se encuentran en zonas que no han sido intervenidas por el hombre o que se encuentran dentro de alguna reserva por lo tanto están en recuperación.
Pastos introducidos	Pasto Falsa Poa (<i>Holcus lanatus</i>).	Es un pasto introducido de Europa, que crece muy bien en alturas comprendidas entre 2500 y 3200 m.s.n.m., en una amplia variedad de suelos y que no es exigente en cuanto a condiciones de humedad. Es una especie que se ha adaptado muy bien a las condiciones de páramo, siendo común encontrarla en asociaciones con otras gramíneas, pese a que tiene un proceso de maduración más acelerado.
	Pasto Raigrás (<i>Lolium spp.</i>)	El raigrás es una gramínea originaria de Europa meridional y occidental que se adapta en zonas comprendidas entre 2000 y 3200 m.s.n.m., pero que se desarrolla mejor entre 2200 y 3000 m.s.n.m. Crece bien en diversos tipos de suelos, pero la producción es mayor en suelos fértiles, bien drenados y ricos en nitrógeno. Debido a lo anterior, el raigrás es más exigente que otras gramíneas de clima frío en términos de fertilización y riego. No obstante, ofrece mayores rendimientos por unidad de área y, en consecuencia, permite una mayor productividad animal.
Bosques nativos	Bosque Denso Alto.	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, y que en promedio presentan una altura del dosel superior a los 15 metros.
	Bosque Denso Bajo.	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 5 metros, pero inferior a 15 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. Incluye bosques en alta montaña. En estos dos tipos de bosque se encuentran especies como <i>Miconia ligustrina</i> , <i>Weinmannia microphylla</i> , <i>Weinmannia tomentosa</i> , <i>Diplostephium rosmarinifolium</i> , <i>Macleania rupestris</i> y <i>Tibouchina cf. Mollis</i> entre otras.
Bosque Plantado.		Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera o bienes no madereros. Esta cobertura presenta en la imagen de satélite un patrón geométrico regular, constituido por las hileras de árboles generalmente de la misma edad. En zona de estudio se encuentran principalmente plantaciones de Pino, <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> , Eucalipto <i>Eucalyptus globulus</i> , y Acacia, <i>Acacia melanoxylum</i> y <i>Acacia decurrens</i> , entre otros.

Arbustal	Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural, cuyo hábito es arbustivo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica, aquí se encuentran arbustos como <i>Macleania rupestris</i> , <i>Cavendishia nítida</i> , <i>Weinmannia tomentosa</i> , <i>Weinmannia microphylla</i> , <i>Drymis granadensis</i> , <i>Clusia mutiflora</i> , <i>Macleania ruprestis</i> , <i>Chusquea sp</i> y <i>Cavebdishia nítida</i> , entre otros.	
Chuscal	La especie <i>Chusquea</i> , es un arbusto de tipo gramíneo; forma un dosel regular. Adquiere especial importancia en los sectores con menor grado de cobertura arbórea. Se presenta de forma natural generalmente en la regeneración, pero puede llegar a convertirse en invasora. Por ser de tipo gramíneo presentó una respuesta espectral diferente a los demás arbustos, por esto y por su gran importancia ecológica se clasificó como una clase distinta a los arbustos.	
Vegetación Secundaria o en Transición	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de intervención y sucesión de la vegetación natural, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. En Páramo de Guerrero estas áreas se encuentran en la imagen de 2007 en zonas de aprovechamiento forestal que fueron anteriormente plantaciones de Pino y actualmente se encuentran en recuperación	
Vegetación de Páramo	Esta unidad se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bajo porte que se localiza en las zonas de alta montaña, está compuesta principalmente por gramíneas (familia Poaceae) del tipo pajonal (<i>Calamagrostis</i> sp.), entremezclada con plantas arroquetadas como los frailejones (<i>Espeletia</i> sp.) y otras especies. Se encuentra por encima de los 3200 msnm.	
Vegetación Rupícola	Se tomó como aquella vegetación de páramo que crece sobre afloramientos rocosos, sobre los cuales aparece una vegetación endémica, de porte achaparrado, en la que predominan los arbustos y árboles pequeños.	
Tierras desnudas o degradadas	Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema. Se incluyen áreas donde se presentan tierras con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas, zonas mineras	
Turberas	Son terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas. Que se encuentran en zonas altas, superiores a los 3200 msnm, especialmente en zonas de páramo	
Laguna Natural	Superficies o depósitos de agua naturales situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos. En Páramo de Guerrero se encuentran dos: Laguna Verde en el municipio de Tausa y la laguna Pantano redondo en el municipio de Zipaquirá.	
Cuerpos de Agua Artificiales.	Embalse	Se refiere específicamente al embalse del Neusa, ubicado en el municipio de Tausa. Este es un cuerpo de agua de carácter artificial, creado en 1948 con el propósito de abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos.
	Reservorios de Agua	Es una infraestructura construida en las fincas con el fin de almacenar agua. Los usos de estas aguas son domésticos y de riego.

Fuente: Alzate y Pacheco, 2010

Tabla 8.2. Extensión de las coberturas identificadas de 1940 a 2007 en el Páramo de Guerrero (Ha)

COBERTURA	1940	1950	1960	1977	1988	1998	2007
Cultivos transitorios	3077.0	4151.8	6493.5	5927.9	5927.9	7995.8	8472.6
Otros pastos	3810.9	4278.3	3531.2	3598.7	3598.7	2303.6	1329.4
Pastos introducidos				5504.0	5504.0	7506.8	8455.5
Bosques naturales	14398.5	12862.7	11926.1	8710.5	8710.5	6477.8	5110.3
Bosque plantado	1.2			907.4	907.4	1043.4	979.3
Arbustal	121.8	164.2	502.9	240.1	240.1	185.1	1203.3
Chuscal			0.2	130.9	130.9	311.5	450.1
Vegetación de páramo	6972.9	6136.1	5337.9	3551.3	3551.3	2985.0	2725.6
Vegetación rupícola	5863.4	5881.1	5874.9	4811.2	4811.2	4542.8	4131.1
Tierras degradadas				73.7	73.7	50.7	133.2
Turberas	34.9	27.1	27.1	2.4	2.4	2.2	8.5
Laguna natural	41.9	40.8	39.9	40.7	41.9	43.3	47.3
Cuerpo de agua artificial		780.4	588.6	901.6	822.6	874.6	936.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.3. Porcentajes anuales de las coberturas identificadas de 1940 a 2007 (Ha)

COBERTURA	1940	1950	1960	1977	1988	1998	2007
Cultivos transitorios	8.5	11.4	17.9	16.3	16.3	22.0	23.5
Otros pastos	10.5	11.8	9.7	9.9	9.9	6.3	3.7
Pastos introducidos				15.1	15.2	20.7	23.5
Bosques naturales	39.7	35.5	32.9	23.9	24.0	17.8	14.2
Bosque plantado				2.5	2.5	2.9	2.7
Arbustal	0.3	0.5	1.4	0.7	0.7	0.5	3.3
Chuscal				0.4	0.4	0.9	1.3
Vegetación de páramo	19.2	16.9	14.7	9.8	9.8	8.2	7.6
Vegetación rupícola	16.2	16.2	16.2	13.2	13.3	12.5	11.5
Tierras degradadas				0.2	0.2	0.1	0.4
Turberas	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Laguna natural	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cuerpo de agua artificial	0.0	2.2	1.6	2.5	2.3	2.4	2.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.4. Porcentajes de variación de las coberturas identificadas en el Páramo de Guerrero de 1940 a 2007 (Ha)

COBERTURA	1940-1950	1950-1960	1960-1977	1977-1988	1988-1998	1998-2007	1940-2007
Cultivos transitorios	34.9	56.4	-8.7	0.0	34.9	6.0	175.3
Otros pastos	12.3	-17.5	1.9	0.0	-36.0	-42.3	-65.1
Pastos introducidos				0.0	36.4	12.6	53.6
Bosques naturales	-10.7	-7.3	-27.0	0.0	-25.6	-21.1	-64.5
Arbustal	34.8	206.3	-52.3	0.0	-22.9	550.2	887.9
Vegetación de páramo	-12.0	-13.0	-33.5	0.0	-15.9	-8.7	-60.9
Vegetación rupícola	0.3	-0.1	-18.1	0.0	-5.6	-9.1	-29.5
Tierras degradadas				0.0	-31.2	162.6	80.7
Turberas	-22.3	0.0	-91.3	0.0	-6.7	283.0	-75.8
Laguna natural	-2.6	-2.1	2.0	2.9	3.3	9.3	13.0
Cuerpo de agua artificial		-24.6	53.2	-8.8	6.3	7.1	20.0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9. Cálculos de los requerimientos de agua agrícola en el Páramo de Guerrero

Tabla 9.1. Requerimiento de agua para el cultivo de papa (rac_p)

Periodo de crecimiento	Duración (días)	Coefficiente de cultivo (Kc)	Evapotranspiración de referencia a 3200 m.s.n.m. (mm.día)
Fase inicial	30	0.5	2.56
Fase de desarrollo	40	0.8	2.56
Media estación	60	1.2	2.56
Fase de llenado tardía	40	0.95	2.56
Fase de maduración	40	0.75	2.56
RAC / Ha (m^3)	4787.2		
Rendimiento (Ton/Ha)	16		
AVC / Ton (m^3)	299.2		
AVC / Kg (m^3)	0.30		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.2. Requerimiento de agua para el cultivo de ryegrass (rac_r)

Periodo de crecimiento	Duración (días)	Coefficiente de cultivo (Kc)	Evapotranspiración de referencia a 3200 m.s.n.m. (mm.día)
Fase inicial	10	0.95	2.56
Fase de desarrollo	20	1.05	2.56
Media estación	25	1	2.56
Fase de maduración	20	0.3	2.56
RAC / Ha (m ³)	1574.4		
Rendimiento (Ton/Ha)	4.2		
AVC / Ton (m ³)	374.9		
AVC / Kg (m ³)	0.37		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10. Registro de trabajo de campo con comunidades del Páramo de Guerrero



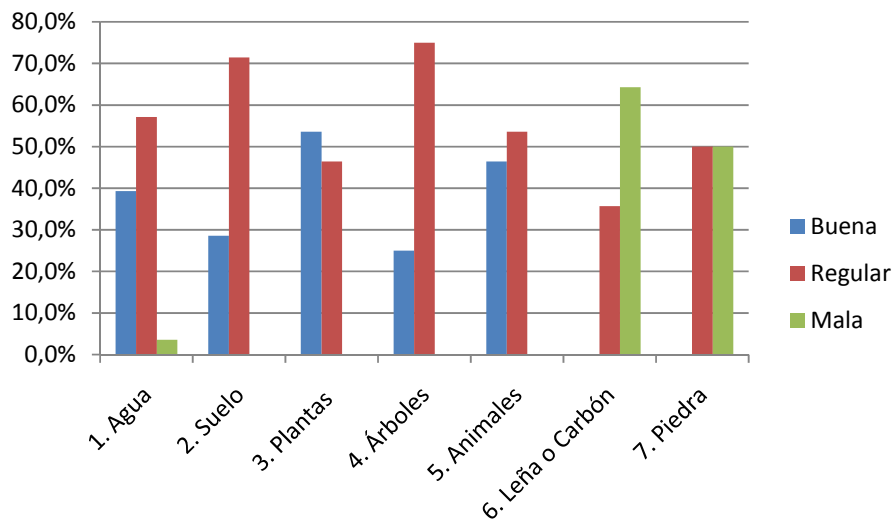
FACTORES RECURSOS	QUE TAN ABUNDANTE ES?			QUE TAN FÁCIL ES EL ACCESO?			CÓMO ES SU CALIDAD?		
	😊	😐	😞	😊	😐	😞	😊	😐	😞
1 AGUA		X							
6 LEÑA		X							X
8 CARBÓN			X			X		X	X
3 PLANTAS ALIMENTICIAS	X								X
4 ANIMALES DOMESTICOS	X								X
2 TIPIKKA		X							X
7 PLANTAS MEDICINALES	X					X		X	X
5 ANIMALES MARINOS	X							X	X
9 TIPIKKA			X						X
10 ANIMALES MARINOS		X						X	X



Fotografías: Camilo Rodríguez y Paulo Rodríguez

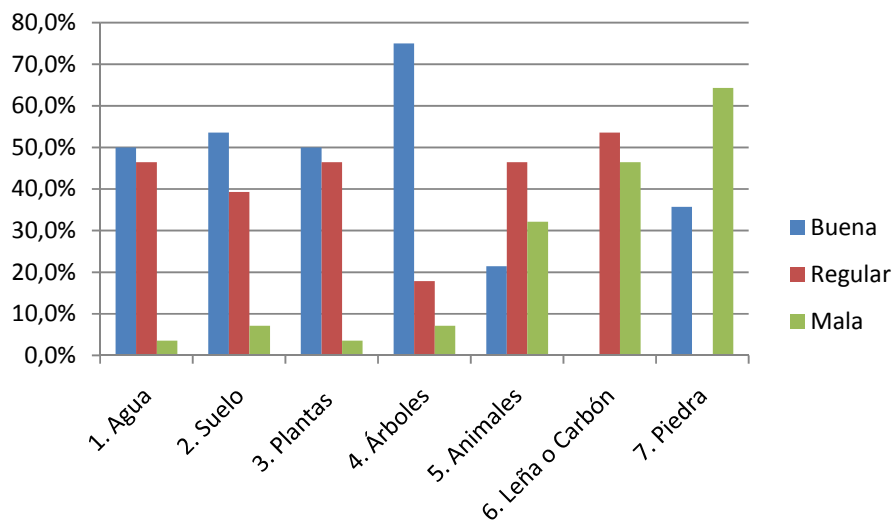
ANEXO 11. Percepción comunitaria de los recursos naturales en el Páramo de Guerrero

Tabla 11.1 Percepción de la Abundancia del recurso en el Páramo de Guerrero



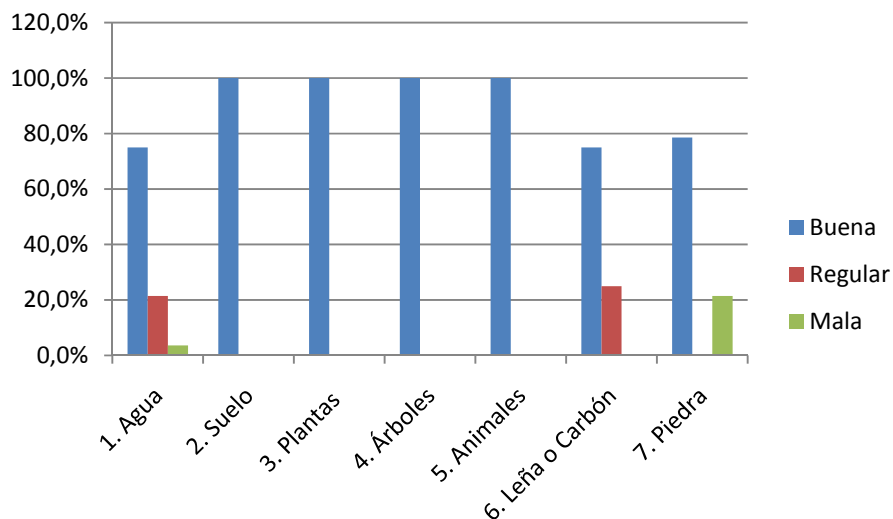
Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.2 Percepción del Acceso al recurso en el Páramo de Guerrero



Fuente: Elaboración propia

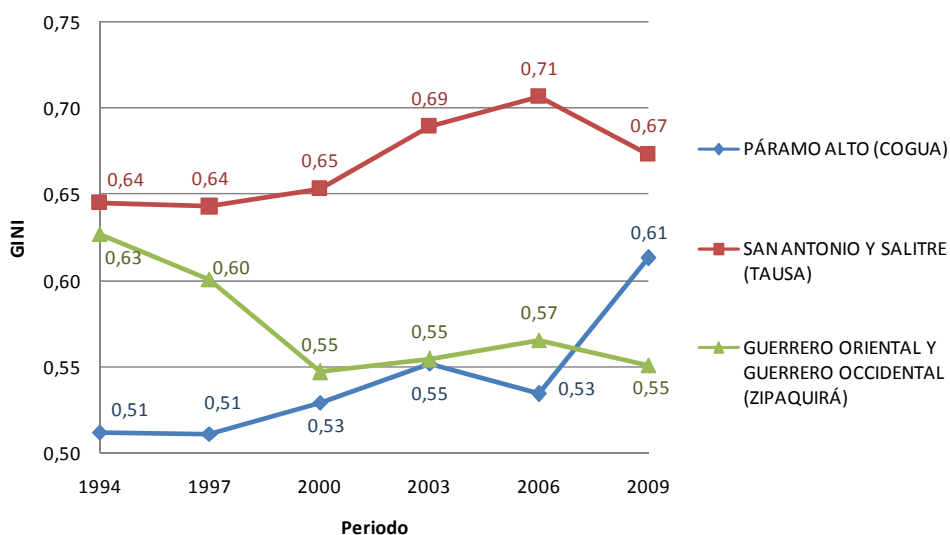
Tabla 11.3 Percepción de la Calidad del recurso en el Páramo de Guerrero



Fuente: Elaboración propia

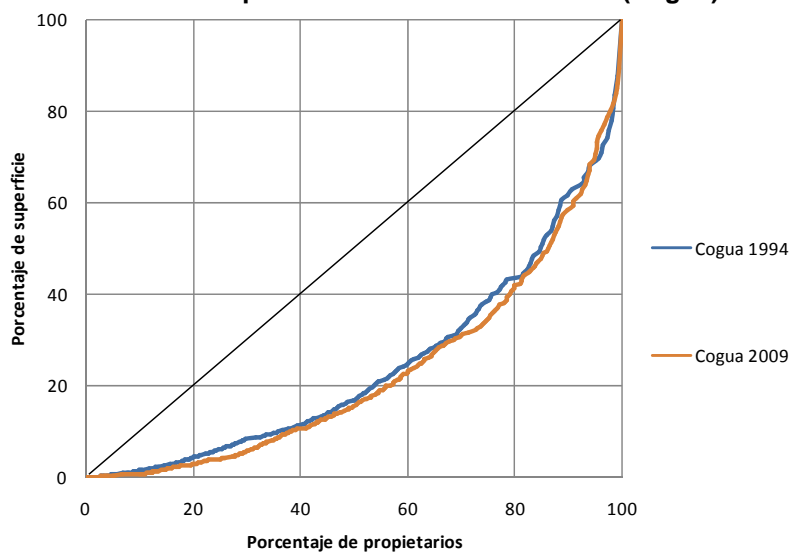
ANEXO 12. Cálculo de la concentración de la propiedad en el Páramo de Guerrero

Figura 12.1. Evolución del Gini por veredas 1994 – 2009 (%)



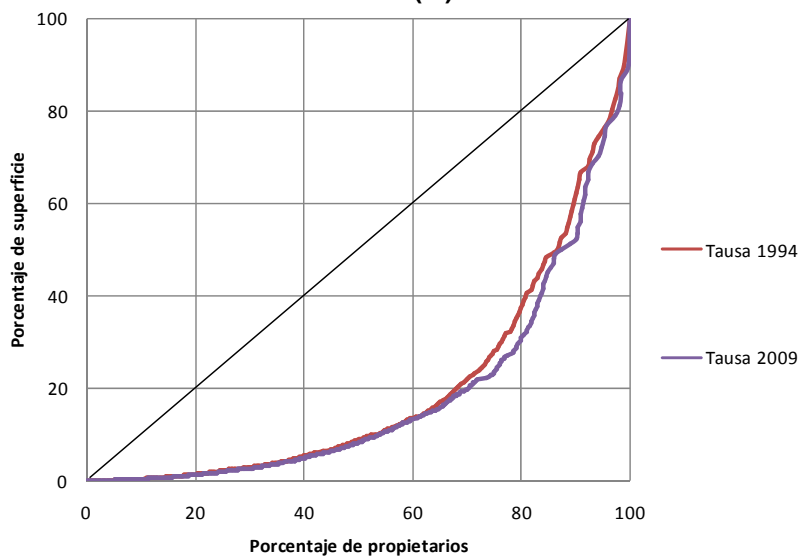
Fuente: Elaboración propia

Figura 12.2. Curva de Lorentz para la vereda de Páramo Alto (Cogua) 1994 y 2009 (%)



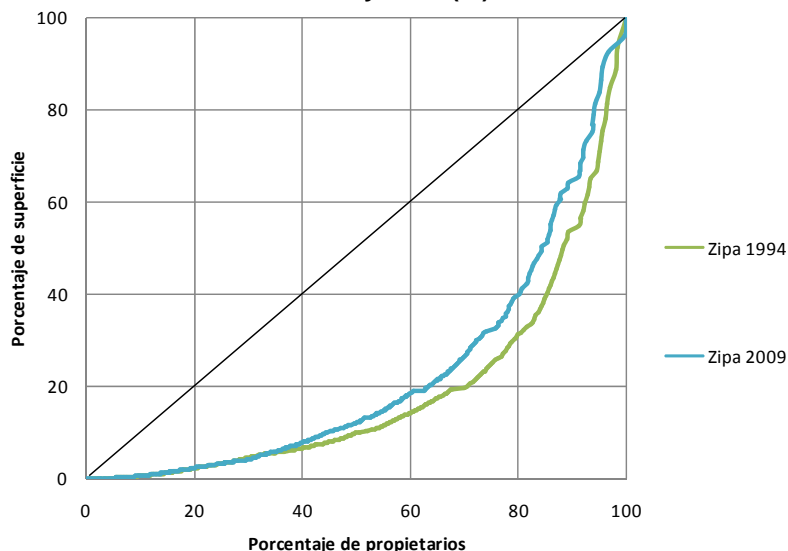
Fuente: Elaboración propia

Figura 12.3. Curva de Lorentz para las veredas de San Antonio y El Salitre (Tausa) 1994 y 2009 (%)



Fuente: Elaboración propia

Figura 12.4. Curva de Lorentz para las veredas de Guerrero Oriental y Occidental (Zipaquirá) 1994 y 2009 (%)



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 13. Cálculo del valor comercial del agua en el Páramo de Guerrero

Cálculo del valor del agua a través de las preferencias individuales del mercado

El presente ensayo busca calcular y analizar el valor parcial de referencia del metro cúbico de agua en términos de las expresiones de las preferencias de los estratos residenciales de la población de Zipaquirá, teniendo en cuenta los consumos y las facturaciones de agua mensuales desde enero de 2003 a agosto de 2009, mediante la determinación de la demanda, la función de demanda y la elasticidad de la demanda.

Procesamiento de la información

La información utilizada para la elaboración del ejercicio se consultó del Sistema Único de Información de Servicios Públicos – SUI⁶¹, de donde se tomaron los datos de número de usuarios, volumen de agua consumido y precios de facturación de los usuarios residenciales y no residenciales del municipio de Zipaquirá desde enero de 2003 hasta agosto de 2009. Los valores facturados se convirtieron a dinero constante para eliminar el efecto de la inflación en las cifras. El sumario de la información se presenta en la tabla 13.1.

⁶¹ Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. <https://www.sui.gov.co/>

**Tabla 13.1. Promedios del consumo de agua en el municipio de Zipaquirá (EAAAZ E.S.P.)
Enero 2003 –Agosto 2009**

TIPO DE USUARIO	USUARIOS		CONSUMO TOTAL		CONSUMO POR USUARIO	VALOR TOTAL		PRECIO	
	No.	%	m ³	%	m ³ / usuario	\$ constantes*	%	\$/m ³	Indice**
Estrato 1	5,036	27.51	119,722	23.13	23.78	115,730,615	22.98	966.67	100.00
Estrato 2	7,097	38.77	209,430	40.46	29.51	196,463,251	39.02	938.08	97.04
Estrato 3	4,745	25.92	148,293	28.65	31.25	149,284,642	29.65	1,006.69	104.14
Estrato 4	1,414	7.72	39,392	7.61	27.87	41,051,763	8.15	1,042.14	107.81
Estrato 5	15	0.08	813	0.16	52.55	977,424	0.19	1,201.99	124.34
Total residencial	18,306	100.00	517,650	100.00	28.28	503,507,695	100.00	972.68	100.62
Industrial	72	4.08	9,647	9.35	133.99	7,916,816	8.26	820.65	84.90
Comercial	16	0.91	17,174	16.64	1,073.38	26,643,686	27.79	1,551.40	160.49
Oficial	117	6.63	23,122	22.41	197.62	11,523,153	12.02	498.36	51.55
Otros	1,561	88.39	53,247	51.60	0.00	49,792,692	51.93	935.13	96.74
Total no residencial	1,766	100.00	103,190	100.00	58.43	95,876,347	100.00	929.12	96.12
TOTAL	20,072		620,840		30.93	599,384,042		965.44	99.87

Fuente: Cálculos propios sobre cifras reportadas por SUI (2009) y por EAAAZ. ES.P.

Según el decreto 155 de 2003 mediante el cual se reglamentan las tasas por el uso del recurso hídrico, estableció las normas a través de las cuales se definieron las metodologías para la definición de las tarifas por concepto de estas tasas. La tarifa a cobrar por metro cúbico de agua depende de factores regionales, disponibilidad del recurso y condiciones socioeconómicas de la población, razón por la cual no se justifican las tarifas indiferenciadas por municipios ni por estratos residenciales. A su vez, la tarifa del servicio de acueducto esta compuesta, según disposición de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, por una cuota fija, un cargo básico, un consumo complementario y un consumo suntuario.

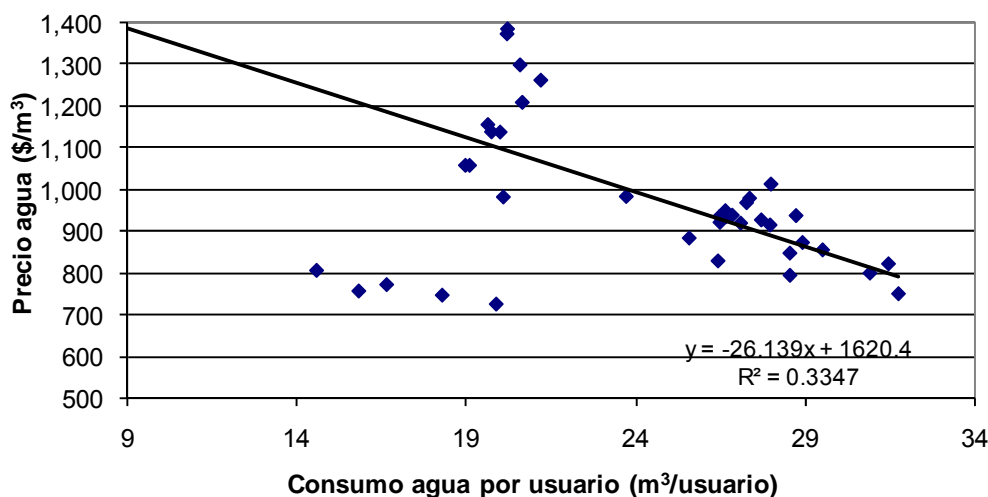
Determinación de la Curva de la Demanda

La curva de demanda nos permite conocer la relación entre las cantidades consumidas de agua y los precios asignados a los usuarios según estrato del municipio de Zipaquirá. Este ejercicio nos permite comprobar la ley de la demanda decreciente en la que se observará si el comportamiento en las cantidades demandadas de agua se comporta de manera inversa con el comportamiento de los precios de este bien, según lo menciona Samuelson – Nordhaus (1999).

El procedimiento para calcular la curva de demanda consistió en graficar la línea de tendencia de los precios y cantidades por usuario, utilizando la herramienta de cálculo Microsoft Excel 2007. Utilizando la formula de la línea de tendencia se obtuvo la siguiente función de demanda (Ver Figura 13.1):

$$Q = (P - 1620,4) / - 26,139$$

Figura 13.1. Función inversa de demanda para el estrato 1 Enero 2003 - Agosto 2009 (EAAAZ E.S.P.)



Fuente: Cálculos propios sobre cifras reportadas por SUI (2009) y por EAAAZ. ES.P.

Cálculo de la elasticidad

La elasticidad precio de la demanda es la variación porcentual de la cantidad demandada dividida por la variación porcentual del precio, es decir, como se comporta la demanda frente a una variación de los precios. En la tabla 13.2 se señala el procedimiento realizado para el cálculo de la elasticidad de la demanda de agua en el estrato 1 de Zipaquirá.

Tabla 13.2. Elasticidad precio de la demanda de agua para el estrato 1 del municipio de Zipaquirá (EAAAZ E.S.P.) Enero 2003 - Agosto 2009

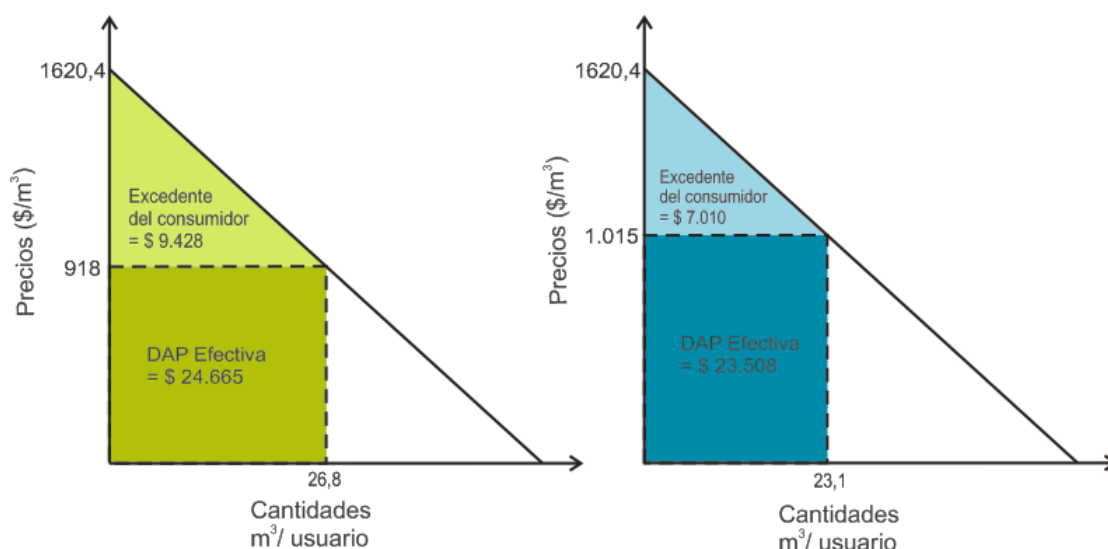
PRECIO AGUA (\$/m³)	FUNCIÓN DE DEMANDA	CANTIDAD DEMANDADA (m³/USUARIO)	CAMBIO EN CANTIDADES DEMANDADAS (%)	CAMBIO EN EL PRECIO (%)	ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA
800	$Q = (P - 1620,4) / -26,139$	31.39	-27.76	20.69	-1.34
1,000	$Q = (P - 1620,4) / -26,139$	23.73			

Fuente: Cálculos propios sobre cifras reportadas por SUI (2009) y por EAAAZ ES.P.

Cálculo del valor de referencia del m3 de agua

Mediante la cuantificación del valor efectivo de lo que un usuario paga por el consumo del agua y el excedente del consumidor, se puede determinar la DAP total por un metro cúbico de agua adicional. Los cálculos para hallar el valor económico total de un metro cúbico de agua se presentan en la tabla 13.3.

Figura 13.2. Excedente del consumidor y disponibilidad a pagar (DAP) para dos precios de consumo de agua del estrato 1 de Zipaquirá.



- a) Comportamiento del excedente del consumidor y de la DAP para el precio promedio facturado para es estrato 1 de \$ 918
- b) Comportamiento del excedente del consumidor y de la DAP para el precio 10% superior para es estrato 1 de \$ 1.015

f uente: Elaboración propia

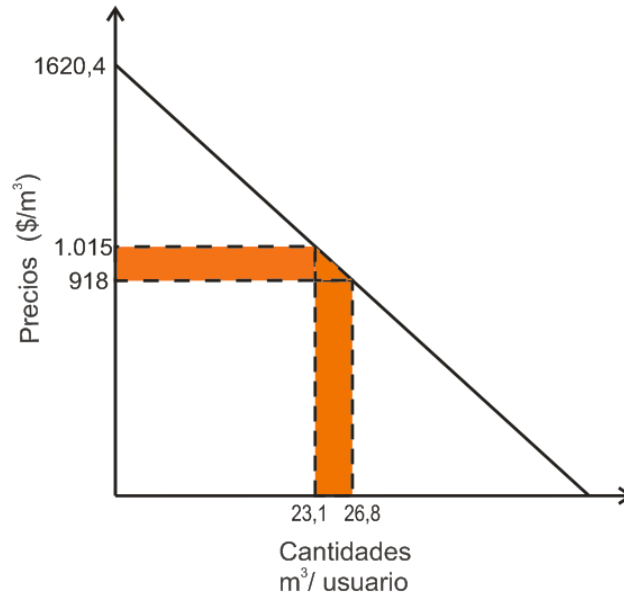
Tabla 13.3. Valor relativo del m³ de agua para el estrato 1 del municipio de Zipaquirá (EAAAZ E.S.P.), enero 2003 - agosto 2009

PRECI O AGUA (\$/m ³)	FUNCIÓN DE DEMANDA	CANTIDAD DEMANDADA (m ³ /USUARIO)	DAP EFECTIVA PxQ (\$)	CAMBIO EN DAP EFECTIVA (\$)	EXCEDENTE CONSUMIDOR (\$)	CAMBIO EN EL EXCEDENTE CONSUMIDOR (\$)	CAMBIO DAP TOTAL (EFECTIVA + EXCEDENTE) (\$)	VALOR REFERENCIAL / m ³ DE AGUA (\$)
918	$Q = \frac{P - 1620,4}{26,139}$	26.9	24665.5	1157.3	9428.4	2417.6	1260.4	340.8
1,015		23.2	23508.2		7010.8			

Fuente: Cálculos propios sobre cifras reportadas por SUI (2009) y por EAAAZ. ES.P.

El cambio en la disponibilidad a pagar total por 3,7 metros cúbicos de agua con la variación en un 10% de los precios del agua es de \$ 1260, representado por el área sombreada en naranja de la figura 13.3. Así mismo el valor económico total por un metro cúbico de agua para el estrato 1 es de \$ 340 pesos.

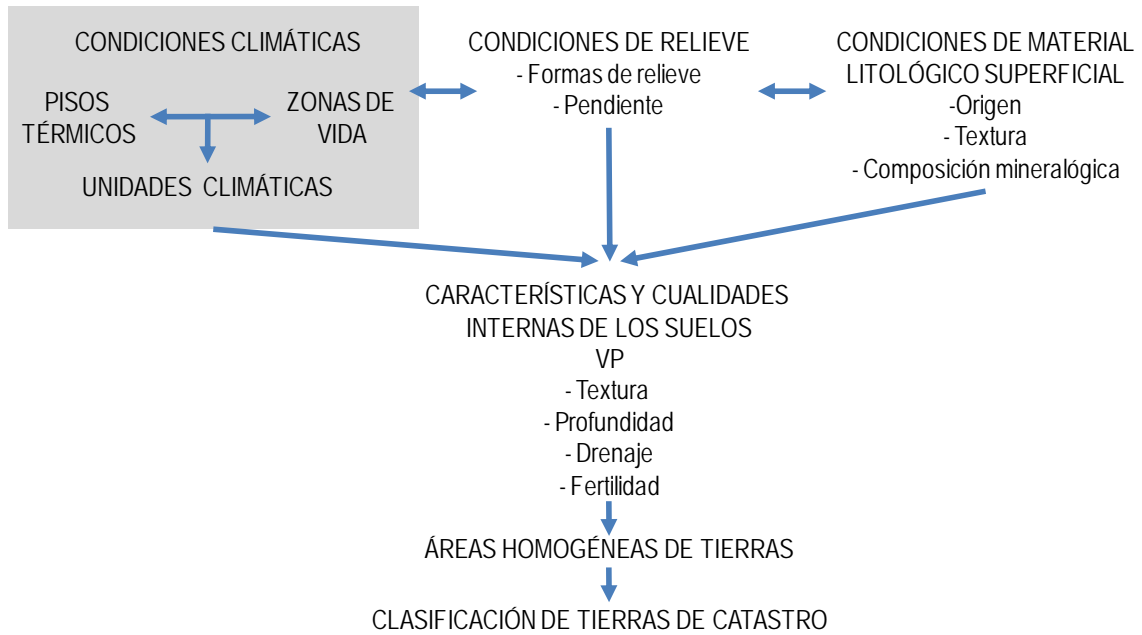
Figura 13.3. Cambios en el Excedente del consumidor y disponibilidad a pagar (DAP) para dos precios de consumo de agua del estrato 1 de Zipaquirá



Fuente: Elaboración propia

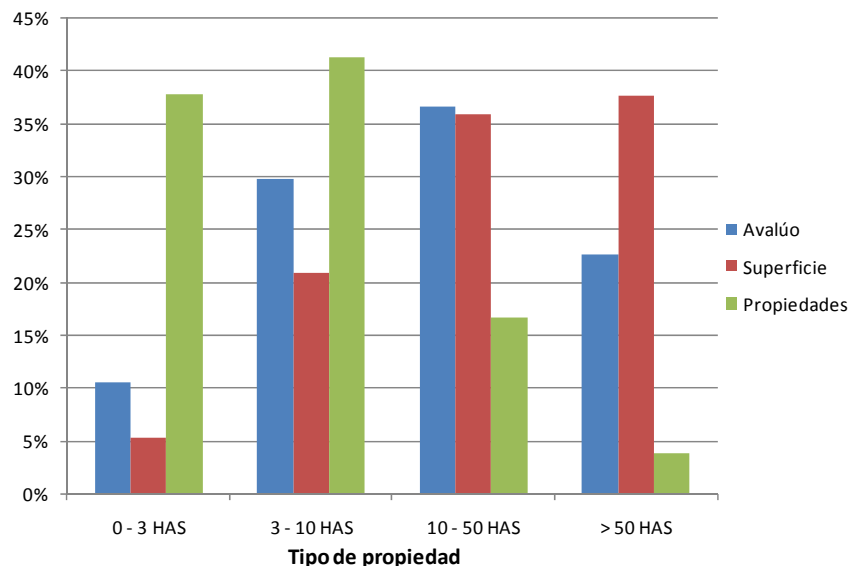
ANEXO 14. Estructura de los avalúos catastrales en el Páramo de Guerrero

Figura 14.1. Metodología para calcular el Valor Potencial de tierras



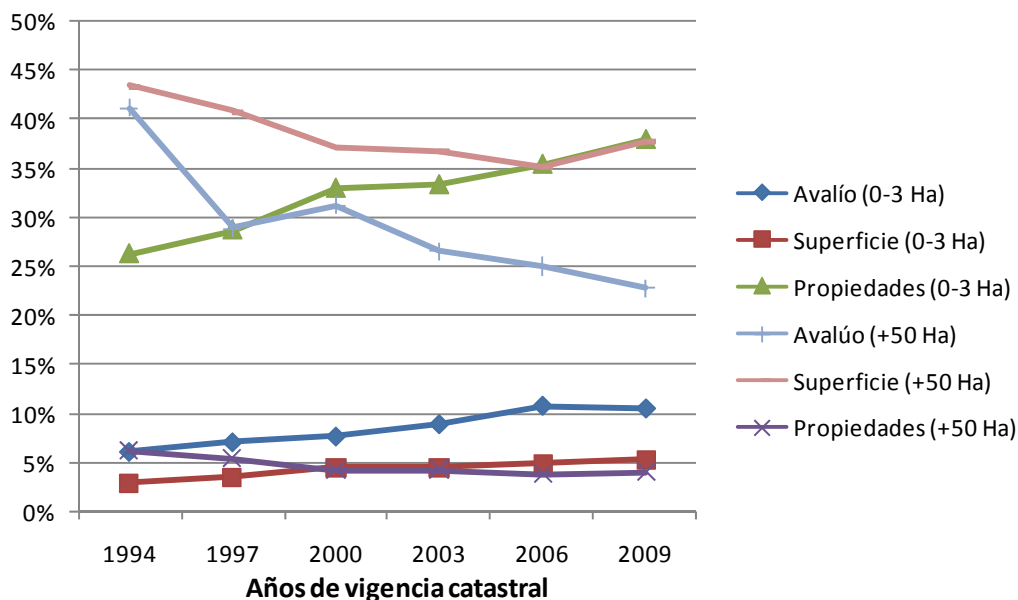
Fuente: IGAC (2009)

Figura 14.2. Relación de los avalúos catastrales con el tipo de predio y número de propiedades en el Páramo de Guerrero.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14.3. Comportamiento de los avalúos, superficies y propiedades para las economías campesinas y los grandes producciones en el Páramo de Guerrero (1994 – 2009).



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 15. Cálculo del valor energético de la producción de papa en el Páramo de Guerrero

Tabla 15.1. Cálculo de entradas de energía solar a cultivos de papa en el Páramo de Guerrero

Radiación ambiental		
Valor de referencia de radiación solar recibida	140	Kcal/cm2/año
	14000000000	Kcal/Ha/año
	38356164.38	Kcal/Ha/día
	38356164384	cal/Ha/día
	1.60482E+11	jul/Ha/día
	160482.2	Mj/Ha/día
Radiación fotosintéticamente activa	64192.9	Mj/Ha/día
Radiación fotosintéticamente activa por cultivo de papa (210 días)	13480504.1	Mj/Ha/ciclo
Radiación Efectiva		
Producción Primaria Neta de la papa (0.75% de la Energía absorbida)	101103.8	Mj/Ha/ciclo

Fuente: Cálculos a partir de Connors y Loomis (2004), Moreno (2001), Stout (1990)

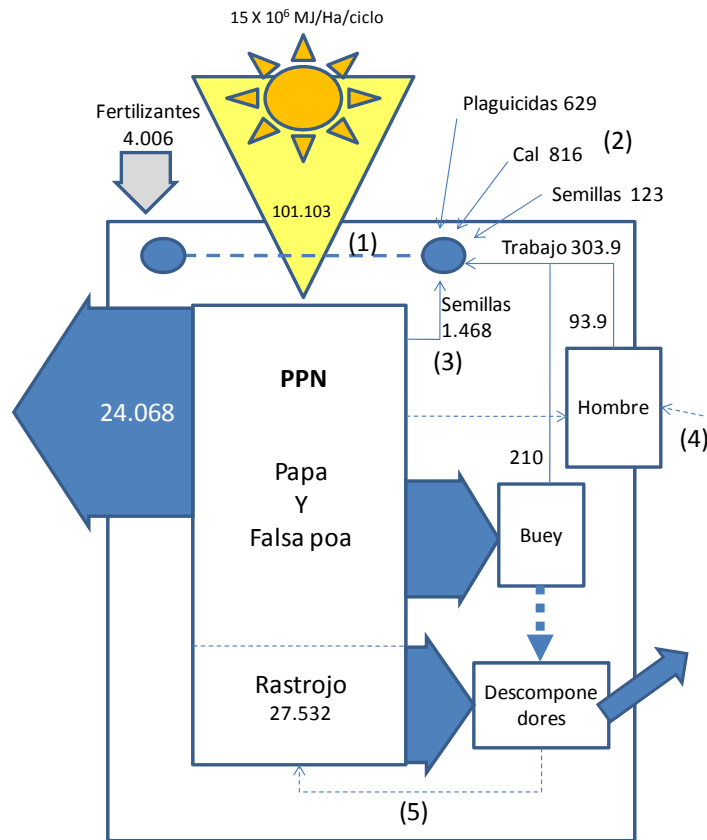
Tabla 15.2. Cálculo de los flujos energéticos de sistemas productivos de papa intensivo y alternativo

ITEM	Sistema intensivo de papa	Sistema alternativo de producción
ENTRADAS		
PPN	101,103.0	101,103.0
Mecanización	765.5	
Mano de obra total	156.6	93.9
Siembra	16.3	16.3
Aporque	16.3	9.3
Cosecha	42.9	24.4
Fumigación	78.0	44.0
Operario tractor	3.2	
Trabajo animal		210.0
Insumos total	20,654.0	7,042.0
Fertilizante	14,474.0	4,006.0
Plaguicidas	2,217.0	629.0
Cal	1,387.0	816.0
Semillas		

papa	2,576.0	1,468.0
falsa poa		123.0
Total Energía auxiliar	21,576.1	7,135.9
Total Energía auxiliar importada	21,419.5	5,574.0
SALIDAS		
Papa comercializable	52,800.0	24,068.0
Residuos de cosecha		
RELACIONES DE EFICIENCIA		
P comerc / PPN	0.52	0.24
PPN / E auxiliar	4.69	14.17
P comer / E auxiliar	2.45	3.37
PPN / E aux importada	4.72	18.14
P comer / E aux impor	2.47	4.32

Fuente: Elaboración propia a partir de Campos y Naredo (1980), Stout (1990), Fernández y Leiva (2001), Moreno (2001), Connors y Loomis (2004), Alvarado (2004), Castells (2005),

Figura 15.1. Flujo de energía en un cultivo alternativo de papa en MJ/ha



Fuente: Elaboración propia

- (1) El paquete tecnológico, en este caso no tan intensivo en los subsidios energéticos, permite maximizar el aprovechamiento de energía solar cambiando las condiciones ambientales para el desarrollo de la planta.
- (2) No se contempló el gasto energético de transportar los insumos hasta los sistemas productivos.
- (3) Este sistema alternativo permite el reciclaje de insumos como las semillas de papa y el trabajo animal, ambos energías renovables.
- (4) La alimentación necesaria para el trabajo humano puede ser suministrada por el mismo sistema o externa. Así mismo, el uso de mano de obra puede ser externo e interno.
- (5) En este sistema se da un reciclaje de nutrientes y energía, provenientes de la descomposición de los residuos de cosecha y del estiércol animal.