

CAPACIDAD DE CARGA UN MÉTODO DE APROXIMACIÓN AL VALOR ECONÓMICO DEL PATRIMONIO NATURAL¹

Luis Blandón M.²; Germán Ochoa S³; Efrén Ospina N.³

RESUMEN

El documento muestra un nuevo método como alternativa para la valoración del patrimonio natural de diferentes ecosistemas de importancia económica y ambiental, el estudio se realizó en la Cuenca de Piedras Blancas Antioquia, teniendo en cuenta el grado de conservación del área y su capacidad de soporte humano realizando una actividad extractiva económica, siendo de esta manera el mismo ecosistema el que da una aproximación de su oferta natural de bienes y servicios y por lo tanto una buena aproximación a su valor económico.

Palabras claves: *Cuenca, grado de conservación, patrimonio natural, capacidad de carga.*

ABSTRACT

CARRYING CAPACITY AN APPROACHING PROCEDURE TO THE ECONOMIC VALUE OF NATURAL PATRIMONY.

This study demonstrates a new alternative method for valorizing the natural heritage of various economically and environmentally important ecosystems. It was conducted in the Piedras Blancas Antioquia watershed and considered the degree of conservation of the area and its capacity for supporting humans, by means of extractive economic activities. In this way, the ecosystem itself

¹ Parte del trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingenieros Forestales.

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1770. Medellín.

³ Ingenieros Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1770. Medellín. e-mail: jeospina@colforest.com.co

provides a natural offer of goods and services and therefore a good approximation of its economic value.

Key words: *Watershed, conservation status, natural heritage, carrying capacity.*

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población mundial, la producción, la tecnología inadecuada, el consumo, disminuye los recursos naturales disponibles, esta situación ha permitido mejorar el concepto de su valor a medida que se vuelven más escasos.

Con el fin de abordar la problemática ambiental y proponer soluciones, se pretende propiciar una metodología alternativa que le dé un valor monetario a los recursos naturales de acuerdo con su capacidad de carga, sin alterar sus condiciones de equilibrio, dado que el grado de conservación de la calidad ambiental en un área esta directamente relacionada con la carga humana y la actividad realizada por ésta. El método, aplicado en la Cuenca Piedras Blancas (Antioquia-Colombia), al valor de uso de dos de sus recursos naturales (tierra de capote y musgo), mostró ser eficaz y puede ser utilizado para valorar todos sus recursos incluso los de muchos otros ecosistemas en diferentes áreas geográficas.

Con esta metodología, el mismo ecosistema permite hallar su valor monetario, de acuerdo con las condiciones de conservación en que se encuentra; incluye procesos naturales que actúan en el ecosistema, el impacto realizado por el hombre, contrario a otros métodos tradicionales que calculan el valor de un ecosistema mediante apreciaciones del mismo, por los individuos, o por los costos del uso o deterioro.

METODOLOGÍA

La metodología esta dividida en dos fases, a saber:

Fase 1. Recopilación, procesamiento y análisis de la información secundaria.

Además de la revisión concerniente, se realizo un análisis exhaustivo de toda la información existente en el área de estudio, con relación al método propuesto; de ella se extractan los elementos esenciales:

1. Determinación de niveles de calidad de paisaje: Mediante técnicas de estudios visuales, en

las cuales se realiza una valoración del paisaje a partir de atributos biofísicos o naturales; se dividió el área de la cuenca en seis niveles de calidad de paisaje, las cuales involucran once unidades de manejo; estos niveles tienen en cuenta características topográficas como la variedad del relieve, contraste de elevación; características

2. Evaluación del estado de conservación de la unidad paisajística: Es necesario representar la calidad por medio de puntuaciones otorgadas a los atributos que intervienen en el muestreo, con escalas o índices, basadas en una calificación cualitativa expresada en forma numérica. Las caracterizaciones adquieren un valor de acuerdo con una escala valorativa de 1 a 60; en la cual, valores más altos significan un nivel potencial de conservación o grado de calidad ecológica mayor. (Reed, 1989, citado por Arango *et al*, 1997).

En la determinación del estado de conservación de la unidad paisajística, se recurrió al uso de

hidrológicas como el número de cauces, densidad de drenaje y características de la vegetación como el tipo de cobertura dominante, combinación de cobertura. Lo anterior de acuerdo al potencial recreacional de la cuenca. (Ver Anexo A, mapa II). (Arango *et al*, 1997).

un método de análisis multivariado que posibilitara detectar la interdependencia entre variables y también entre individuos; para lo cual, se selecciona el método del análisis de componentes principales.

Las variables utilizadas con este método fueron:

ACC-APC-APL-APM-APR-APT-EPF-CAS-DIV-ICV-ESS-EXC-FA D-FAQ-FRA-HID-PRE-RAD-RAF-REP-SIN-SUI-SUR.

Donde:

ACC Accesibilidad
APC Aprovechamiento de
chamizas

APL	Aprovechamiento de leña	importancia para la flora
APM	Aprovechamiento de musgo	SUR Iluminación relativa
APR	Aprovechamiento de ramillas	promedia
APT	Aprovechamiento de tierra de capote	Tomado de Arango <i>et al</i> (1998).
EPF	Especies con potencial conservacionista y posible usofitoquímico	Los cálculos del anterior análisis, arrojaron como resultado el uso de solo 11 variables que garantizan la existencia de independencia entre las variables seleccionadas. Estas variables son:
CAS	Calidad sensible	
DIV	Diversidad ? de flora	
ICV	Índice de calidad de vida de la comunidad (Variable socio-económica)	ACC-DIV-EXC-FAD-FAQ-PRE-R AF-REP-SIN-SUI-SUR.
ESS	Estructura del sitio	
EXC	Exclusividad	En la siguiente tabla, están consignados los valores promedios de los índices de calidad de paisaje con los que se caracterizo la cuenca, para la definición de las unidades de manejo; estos valores indican el estado de conservación de cada unidad, evaluando el grado de calidad del área, al incluir factores biofísicos como relieve, Flora, fauna y aspectos hidrológicos. Incorporando así los procesos naturales en la dinámica de los ecosistemas.
FAD	Diversidad de fauna	
FAQ	Características sensoriales de la fauna	
FRA	Fragilidad de la flora	
HID	Hidrología	
PRE	Protección de la cubierta a los procesos erosivos	
RAD	Rareza dentro del área de estudio	
RAF	Rareza fuera del área de estudio	
REP	Representatividad	
SIN	Singularidad	
SUI	Índice de valor de	

Tabla 1. Valores promedios de los índices en cada unidad.

Unidad	Áreas	ACC	DIV	EXC	FAD	FAQ	PRE	RAF	REP	SIN	SUI	SUR
I-1	220,5	53,75	17,50	22,50	30,25	23,25	35,00	60,00	20,00	12,75	22,50	42,50
I-2	95,9	60,00	30,00	50,00	60,00	52,00	50,00	40,00	30,00	40,00	60,00	50,00
II	232,5	60,00	20,00	23,33	34,33	25,66	33,33	60,00	20,00	16,66	26,66	43,33
III-1	150,0	60,00	10,50	5,50	24,00	18,50	35,00	40,00	10,50	15,50	25,00	30,00
III-2	374,5	43,33	13,66	13,66	28,00	21,33	33,33	46,66	13,67	13,67	23,33	33,33
III-3	199,1	60,00	26,66	36,66	44,33	36,00	46,66	46,67	26,66	36,66	53,33	50,00
IV-1	153,7	60,00	15,00	25,00	18,50	13,50	35,00	60,00	20,00	5,50	15,00	40,00
IV-2	2386	55,00	10,00	20,00	56,00	60,00	40,00	60,00	20,00	1,00	10,00	40,00
IV-3	404,1	10,00	10,00	20,00	56,00	60,00	40,00	60,00	20,00	1,00	10,00	40,00
V	3973	58,33	10,33	17,00	31,00	29,00	33,33	46,60	13,66	4,00	13,33	30,00
VI	419,2	60,00	20,00	30,00	29,00	21,00	30,00	60,00	20,00	10,00	20,00	40,00
Total	2885,4											

Fase 2. Diseño y aplicación de la metodología de valoración económica, mediante un método no convencional de capacidad de carga. Se desea conocer cual es el número potencial de personas en el área de estudio para un determinado estado de calidad de paisaje, compatible con un estado de conservación sostenible; por lo tanto se hace necesario encontrar una ecuación empírica de predicción razonablemente precisa, que proporcione un modelo teórico para estimar el número potencial de personas que puede soportar un área de acuerdo a su calidad de paisaje, es decir, su capacidad de carga, adicionalmente determinar el valor económico en concordancia con el carácter socioeconómico del área en estudio. Para lo cual se requiere:

- Análisis de las actividades socioeconómicas en cada una de las unidades de paisaje.
Además de la información

socioeconómica existente, se realizaron encuestas y visitas al campo de tres a cuatro días en la semana, durante cuatro meses cubriendo épocas y horas diferentes, con el fin de determinar la actividad socioeconómica realizada por la comunidad dentro y fuera del área, en cada una de las unidades de calidad paisajística y, además, conocer la cantidad de área utilizada por individuo en las actividades extractivas durante un año.

- Determinación del número potencial de personas en cada unidad paisajística.

Para conocer cual es el número de personas que pueden extraer musgo y tierra de capote en la cuenca causando el mínimo deterioro en el patrimonio natural y perpetuando dicha actividad; teniendo en cuenta los procesos naturales de formación del material, incluyendo el componente humano, como actor en la cuenca, se debe definir, cuanto requieren las personas, cuanto se produce y en cuanto tiempo. La implementación de una ecuación matemática que incluye los elementos anteriores permite calcular el número potencial de personas en la extracción de recursos secundarios del bosque de manera sostenible, así:

El potencial de personas para cada unidad se calculó mediante la siguiente expresión:

$$Np = \frac{0.9 \times Tr_{(i)} \times Ap}{(Ar)}$$

Para la extracción de Musgo

Donde:

Np: Número potencial de personas en la unidad paisajística.

Tr(i): Tasa de reposición del recurso musgo, para cada unidad (i). (Porcentaje del área de reposición en un periodo de tiempo expresado en deci-males).

Ap: Área potencial para la extracción

de recursos en la unidad de paisaje (ha).

Ar: Área utilizada por un individuo para la extracción de los recursos (ha/año/Persona).

0.9: Factor de confiabilidad, que involucra un error posible cometido del 10% en el estudio.

$$Np = \frac{0.9 \times TAM_{(i)} \times Ap}{(Ar)}$$

Para la extracción de tierra de capote:
Donde:

TAM: Tasa de acumulación del material orgánico para la formación de tierra de capote, expresado en decimales.

Para la determinación del número potencial de personas por unidad es necesario conocer el área utilizada ó perturbada por persona anualmente (Ar), por lo cual se requiere de un análisis socioeconómico de la región con datos de población, economía, producción y finalmente aprovechamiento de recursos secundarios de la cuenca. Para tal fin, se tuvo en cuenta los resultados encontrados en el estudio socio-económico.

Igualmente se hizo necesario la determinación de la tasa de restitución (Tr) y la tasa de acumulación de material orgánico (TAM) de los recursos musgo y tierra de capote respectivamente; para lo

cual se establecieron parcelas en cada unidad de paisaje (10 por unidad), en total 110. La ubicación de las parcelas fue definida por un método selectivo, incluyendo diferencias relevantes que

Para la definición del tamaño de las parcelas, se tuvo en cuenta dos áreas diferentes, 60 y 100 cm², con el fin de incluir en forma implícita los efectos de dispersión de semillas y demás procesos físico-biológicos que participan en la formación del material extraído; además imitando las técnicas tradicionales de extracción de los campesinos, con el fin de hacer una aproximación lo más confiable posible de los procesos que se dan en la cuenca. El material de las parcelas fue retirado, se midió su profundidad, y luego la acumulación en el periodo de tiempo del estudio, definida como la tasa de acumulación del material orgánico; también fueron seleccionadas al azar tres de las parcelas de cada unidad para determinar el peso húmedo y seco del material extraído y posteriormente se hicieron varias mediciones en un periodo comprendido entre el 2 de septiembre de 1999 y el 10 de marzo del 2000, intervalo de tiempo que sirvió para observar el comportamiento de los procesos naturales en la formación del material extraído y determinar su tasa.

En el cálculo del área de musgo formado se utilizó papel acetato del mismo tamaño de las parcelas, en el cual, se dibujaron las áreas donde aparecía musgo, y luego se midieron con planímetro. El área nueva en la parcela en

afectan la formación de los recursos, como la pendiente, cobertura, perturbación del área etc.

un periodo de tiempo indica la tasa de formación de musgo. En la última medición para ambos recursos después de 7 meses de establecidas las parcelas, fue retirado el material formado y acumulado en todas las parcelas con el fin de obtener el peso húmedo y seco en cada una de ellas, que sirvió de soporte en la definición de las tasas. (Anexo C).

Las mediciones anteriores, permiten establecer las tasas anuales de formación de material en cada unidad.

En la determinación del área potencial (Ap) efectiva con recurso disponible para la extracción, debe tenerse en cuenta que no toda el área de la cuenca es apta para ello, por lo que es necesario descontar aquella no cubierta por tierra de capote y musgo; por lo cual, se descontaron los terrenos cubiertos por construcciones, vías y caminos, áreas degradadas (erosionadas), laminas y cursos de agua, áreas basales de la vegetación, entre otras. Con tal propósito se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) con el software Arcinfo utilizado en el procesamiento, análisis y presentación de la información.

Las áreas cubiertas por ciprés parecen generar condiciones óptimas para el desarrollo del musgo, debido a que en ellas la superficie del suelo se encuentra

cubierta por diferentes especies de este recurso, mientras que bajo otras coberturas su presencia es mínima; por lo tanto se definió como el área potencial de

Una vez halladas las variables necesarias: Tr, TAM, Ar y Ap es posible calcular el número de personas potenciales (Np) en la actividad extractiva para cada unidad mediante las ecuaciones formuladas anteriormente.(1 y 2). Con la misma expresión se calculó el número potencial de personas para toda la cuenca; al tener en cuenta el área potencial de la misma y diferentes tasas de reposición. Los anteriores cálculos permiten observar la relación entre el grado de conservación de un área y el número potencial de personas en una actividad extractiva. Así:

Con el número de personas encontradas anteriormente y mediante la ayuda de herramientas estadísticas se ajustaron modelos con respecto a cada una de las variables obtenidas por el método de análisis de componentes principales en las áreas estudiadas. Los modelos serán entonces Np (Número de personas) vs promedio de cada uno de los IC (Índices de calidad).

Relación entre el grado de conservación y el número potencial de personas. El anterior análisis arroja unos estimados del número máximo de personas que puede soportar la cuenca, de acuerdo con el conjunto de variables obtenidas en el análisis multivariado en cada unidad de paisaje; de igual manera se ajustó un modelo con respecto a la suma de los

extracción de musgo, aquella cubierta por ciprés, la cual representa un 20% del área total

valores promedios de las variables seleccionadas por los modelos anteriormente encontrados, la cual se tomó como una nueva variable que indica el grado de conservación y de esta manera poder relacionar el grado de conservación de un área y el número potencial de personas dedicada a una actividad extractiva.

Método de capacidad de carga. En la determinación de la capacidad de carga de la cuenca es necesario determinar un valor aceptable del grado de calidad de paisaje, para definir el número de personas que pueden extraer los recursos sin agotarlos y permitir su conservación. Debido a la dificultad que esto representa, se trabajó bajo varios escenarios con el fin de seleccionar en base a los resultados obtenidos, el valor más acertado. Así:

- a. Si se tiene en cuenta 60 como el máximo valor de calidad alcanzado por los índices encontrados mediante el análisis multivariado para determinar el grado de calidad en cada unidad paisajística; es posible determinar un valor de la calidad de paisaje aceptable, que asegure mantener un 60% del grado

máximo de calidad en cada unidad de paisaje.

b. Se puede definir al mayor promedio posible de los índices

c. Mediante técnicas de regresión, se ajustaron modelos que incluyen las variables: área potencial de extracción de la unidad, grado de conservación dado por la suma de los índices de calidad de paisaje y el número potencial de personas, para establecer un punto de equilibrio que sirva de criterio en la determinación de la capacidad de carga de la cuenca de ambos recursos. Además, cuando se relaciona uno de estos valores (grado de calidad o conservación) en la curva dada por el grado de conservación vs número de personas para toda la cuenca se encuentra la capacidad de carga del área total en estudio y por supuesto para cada una de las unidades.

El número potencial de personas hallado anteriormente para toda el área potencial de la cuenca a capacidad de carga, se distribuyo

de calidad de cada unidad, como el valor aceptable de calidad de paisaje, lo que permite asegurar el estado de conservación actual.

en las áreas potenciales de cada unidad de acuerdo a la proporción que representan del total. Dado que el valor del número potencial de personas (N_p), tuvo en cuenta el grado de calidad de cada unidad en su calculo y por lo tanto las tasas de acumulación y restitución de los recursos.

Aproximación al valor económico del área. En la cuenca de Piedras Blancas se realizan diferentes actividades relacionadas directamente con el patrimonio natural, tales como: Recreación, investigación, abastecimiento de agua, extracción de productos secundarios del bosque (suelo, leña, musgo, plantas silvestres, fauna etc.), teniendo en cuenta la oferta y demanda de estos bienes y servicios, se realizó la valoración económica.

▪ Se determinó en cada unidad de paisaje, el uso actual del suelo

predominante.

- En cada unidad se definió la capacidad de carga (Número de personas en la actividad más representativa de la unidad de paisaje, extracción de tierra de capote y musgo), teniendo en cuenta la sustentabilidad o conservación del patrimonio natural.

Con la capacidad de carga se pudo calcular el valor económico del patrimonio natural de la cuenca en las actividades extractivas de la siguiente manera: Teniendo en cuenta que cada actividad realizada por los individuos presentes genera un ingreso económico, la valoración por actividad predominante se realizó así:

- Extracción de productos secundarios del bosque: El material extraído en la zona caracterizado por tierra de capote y musgo posee un valor

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la determinación del valor

económico en el mercado, por lo tanto la cantidad posible a extraer por el número potencial de personas para toda la cuenca multiplicado por el valor monetario en el mercado, dará el valor económico para la actividad extractiva ó con la suma de los valores obtenidos en cada unidad más el valor de otros bienes y servicios evaluados en otros estudios; representa una aproximación al valor económico de la cuenca.

- Recreación: Su valor fue calculado en trabajos anteriores mediante el método del costo de viaje; este se tomo de fuentes secundarias y servirá para confrontarlo con el valor hallado por la metodología propuesta, a pesar de que este valor podría tomarse como aditivo del valor total del patrimonio natural, ya que evalúa uno de los servicios ambientales de la cuenca.

económico del patrimonio natural de la cuenca de Piedras Blancas, se han realizado algunos trabajos previos que calculan el valor de

uso de unos pocos bienes y servicios que ofrece el ecosistema de la cuenca. El presente trabajo además de calcular la capacidad de carga en dos recursos de ese patrimonio natural, trata de encontrar un valor económico del mismo, al incluir dos nuevos productos con un alto grado de utilización y aprovechamiento por los campesinos de la región; además, de una alta demanda por los habitantes de las ciudades vecinas.

La extracción de recursos secundarios del bosque en la cuenca de Piedras Blancas, es una actividad tradicional; desde hace varias décadas, que los habitantes de la región han incorporado a su economía doméstica, pero debido a su efecto negativo, cuando no se realiza un manejo adecuado, como la degradación del suelo, interrumpe las condiciones del desarrollo biótico y físico de los recursos. Por esto la evaluación de dichas actividades y de los diferentes beneficios ecológicos y ambientales, permiten racionalizar su uso y reconocer el valor de los

mismos. Sin embargo la valoración económica otorgada a los bienes y servicios es ineficiente al valorar recursos naturales debido al potencial intrínseco y extrínseco, aun no definido.

Al no tener ni siquiera una aproximación de su valor, se han sobreexplotado algunas veces de forma inconsciente e irracional, lo que ha causado el deterioro de un gran número de áreas y/o ecosistemas de gran importancia.

En general en el país, el bosque se ha valorado por la madera como bien de consumo. El trabajo en la cuenca de Piedras Blancas muestra una cantidad de recursos con valor de uso cada vez más apreciables los cuales se ha intentado valorar con diferentes métodos como el del valor económico total (VET) y el costo de viaje. Valorar mediante la estimación de la capacidad de carga, reviste vital importancia en la conservación de nuestros ecosistemas dado que tiene en cuenta las tasas de restitución de los recursos, el grado de

conservación de las áreas y de esta manera garantizar su sustentabilidad en el tiempo.

Determinación de la cantidad de tierra de capote y musgo extraída en la zona. Se pudo precisar que la extracción de recursos secundarios del bosque, es de 22.5 bultos de tierra de capote y 9 bultos de musgo al mes por persona.

En cálculos posteriores se determinó 10m^2 en promedio, como el área necesaria en la extracción de un bulto de tierra de capote y 11m^2 en un bulto de musgo. Estos valores son usados para calcular el área requerida por persona anualmente (A_r) en la extracción de recursos secundarios del bosque.

- Área requerida por persona para la extracción de los recursos. Se procedió de la siguiente forma:

Capote

$$A_{r(\text{capote})} = 22,5 \frac{\text{bultos/mes/personas}}{(\text{mes/año})} \times 12 \frac{\text{mes/año}}{10(\text{m}^2/\text{bulto})} \times 1 \frac{\text{ha}}{1000 \text{ m}^2} = 0,27 \frac{\text{ha/año}}{\text{persona}}$$

El peso aproximado de un bulto de tierra de capote es de 40 kilos y de 30 kilos para el bulto de musgo.

El precio del bulto de tierra de capote es aproximadamente \$ 7000, el bulto de musgo tiene un valor similar. Sin embargo la tierra de capote presenta mayor demanda en el mercado.

Musgo

$$A_{r(\text{musgo})} = 9 \frac{\text{bultos/mes/personas}}{12 \frac{\text{mes/año}}{11 \frac{\text{m}^2/\text{bulto}}{1 \frac{\text{ha}}{1000\text{m}^2}}} = 0,1188 \frac{\text{ha/año}}{\text{persona}}$$

- Número potencial de personas en cada unidad de paisaje. Para determinar el número de personas que pueden extraer tierra de capote y musgo en cada unidad, es necesario conocer las tasas de formación de los recursos, por lo tanto se requiere el establecimiento de las parcelas en campo y su seguimiento.

Como se especificó en la metodología; en la determinación de la capacidad de carga de la

cuenca, se debe conocer la disponibilidad de área posible de explotar en la extracción de musgo y tierra de capote, además del tiempo de recuperación de estos recursos y la relación de estas variables con el grado de conservación del territorio explotado. La Tabla 2 resume los valores de los cálculos anteriores para cada unidad y recurso, así como su área potencial y grado de conservación expresado por la sumatoria de los índices.

Tabla 2. Información básica para el cálculo de personas potenciales.

Unidad	Áreas Totales (has)	Áreas potenciales (has)	Ap _{Musgo} (has)	Ap _{Capote} (has)	Grado de conservación	TAM _{Capote}	Tr _{Musgo}
I-1	220,5	181,742	36,348	145,393	340	0,58	0,38
I-2	95,9	17,432	3,486	13,946	522	0,676	0,47
II	232,5	213,358	42,672	170,687	363,33	0,42	0,22
III-1	150	128,444	25,689	102,756	274,5	0,35	0,15
III-2	374,5	299,118	59,824	239,294	284	0,739	0,54
III-3	199,1	175,670	35,134	140,536	463,66	0,23	0,13
IV-1	153,7	130,557	26,111	104,446	307,5	0,18	0,1
IV-2	238,6	199,917	39,983	159,934	372	0,379	0,21
IV-3	404,1	318,983	63,797	255,186	327	0,979	0,78
V	397,3	293,299	58,660	234,639	286,66	0,971	0,74
VI	419,2	275,896	55,179	220,717	340	0,585	0,36
Total	2885,4	2.234,416	446,883	1787,533			

Con la información de la tabla 2 y con el área requerida por cada persona en la extracción de recursos, se calcula

el número potencial de personas que pueden extraer musgo y tierra de capote, al usar la ecuación 1 y 2 (Ver Tabla 3):

Tabla 3. Número potencial de personas en la extracción de recursos en la cuenca.

Unidad	Np por unidad capote	Np por unidad Musgo	Np cuenca Capote	Np cuenca Musgo
I-1	281	105	3456	1286
I-2	31	12	4028	1591
II	239	71	2502	745
III-1	120	29	2085	508
III-2	589	245	4403	1828
III-3	108	35	1370	440
IV-1	63	20	1072	338
IV-2	202	64	2261	711
IV-3	833	377	5833	2641
V	759	329	5786	2505
VI	430	151	3486	1219
Total	3656	1436		

En las tablas anteriores se puede observar claramente como el número menor de personas potenciales de la cuenca (1072 personas para capote y 338 personas para musgo), se presenta donde la tasa de reposición (Tr) de 0.1 para el musgo, y de acumulación de material orgánico (TAM) de 0.18 para la tierra de capote son menores, de igual manera el número mayor de personas potenciales (5833 personas para capote y 2641 personas para el musgo) se presenta donde la tasa de acumulación para la formación de tierra de capote (TAM) y la tasa de formación de musgo (Tr) son mayores, 0.979 y 0.78 respectivamente.

La intensidad de aprovechamiento de
Con el fin de encontrar la relación entre el número potencial de personas en la cuenca y algunos indicadores de calidad

los recursos debe estar directamente relacionada con el grado de conservación o calidad del área. Por lo tanto variables ecológicas que incluyan interrelaciones entre los seres vivos y su medio físico, permiten conocer las condiciones en que se encuentra el ecosistema y el escenario futuro cuando se realizan actividades antrópicas al interferir los sistemas naturales. Es decir, el aprovechamiento de un recurso natural, no solo debe tener en cuenta la demanda del bien, sino, la oferta de este, el estado en que se encuentran y las implicaciones que acarrea su explotación.

de la zona, de acuerdo con las condiciones socioeconómicas y ambientales, se ajustaron modelos de regresión simples y

múltiples. El mejor modelo para el número potencial de personas en la extracción de tierra de capote solo involucra 6 de las 11 variables usadas inicialmente:

ACC-PRE-RAF-REP-SIN-SUI.

$$N_{p(\text{Capote})} = 3.56731E6 - 92.8627 \times \text{ACC} - 16114.9 \times \text{PRE} - 56366.8 \times \text{RAF} + 127125 \times \text{REP} + 239617 \times \text{SIN} - 231598 \times \text{SUI}.$$

El mejor modelo para el número de personas potenciales en la extracción de musgo también involucra 6 de las 11 variables iniciales:

ACC-PRE-RAF- REP-SIN-SUR.

$$N_{p(\text{Musgo})} = 351367 - 49.3666 \times \text{ACC} - 10611.1 \times \text{PRE} - 17122.6 \times \text{RAF} - 11758.6 \times \text{REP} - 11674.6 \times \text{SIN} + 33762.6 \times \text{SUR}.$$

Con los modelos hallados para cada recurso, se calcularon los valores estimados y se realizaron las pruebas estadísticas de comparación.

Tabla 4. Número de personas calculadas y estimadas para toda la cuenca.

Unidad	Np cuenca capote	Np cuenca Musgo	Np cuenca capote (Estimados)	Np cuenca Musgo (Estimados)
I-1	3456	1286	2951	856
I-2	4028	1591	3871	1334
II	2502	745	2737	644
III-1	2085	508	1971	570
III-2	4403	1828	4488	1767
III-3	1370	440	1625	811
IV-1	1072	338	2132	782
IV-2	2261	711	1735	509
IV-3	5833	2641	5914	2731
V	5786	2505	5885	2463
VI	3486	1219	2993	1302

Al hacer los análisis de varianza para los anteriores modelos se encuentra que hay una relación estadísticamente significativa a un nivel de confiabilidad

del 95% entre las variables evaluadas, de otro lado mediante las pruebas de T, F, Mann Whitney (Wilcoxon) y kolmogorov-Smirnov, que permiten hacer comparaciones de las medias, medianas, desviación estándar y distribuciones de las muestras respectivamente; no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confiabilidad del 95%.

La sumatoria de los valores promedios de los índices seleccionados por los modelos anteriormente descritos (ACC, PRE, RAF, REP, SIN, Y SUI para el capote y ACC, PRE, RAF, REP, SIN Y SUR para el musgo), fue usada como una nueva variable indicadora del grado de conservación del área, con el fin de observar la relación entre este y el número

de algunos modelos, poder elegir el mejor modelo de grado de conservación y número de personas en una actividad extractiva de la cuenca.

El mejor modelo encontrado para estimar el grado de conservación de la cuenca, en la extracción de tierra de capote fue:

de personas estimadas para ambos casos. Además mediante el ensa-

¡Error!

Para el caso del musgo el mejor modelo es:

En la Figura 1 se observa la tendencia de la curva grado de conservación vs

¡Error!

número potencial de personas en la extracción de ambos recursos en la cuenca.

Figura 1. Relación entre el grado de conservación de la cuenca y el número potencial de personas.

En la figura, a un mayor grado de conservación, menor número potencial de personas.

La extracción de recursos secundarios del bosque, bajo un manejo inadecuado, disminuye la calidad del patrimonio natural de la cuenca, aunque es posible establecer un valor en el que se aproxime a un equilibrio ecológico entre la actividad humana y los procesos naturales.

Con el fin de encontrar este punto de

equilibrio, donde converjan el área potencial a extraer, el número potencial de personas y el grado de conservación de las áreas, que defina la capacidad de carga de la cuenca, se modelaron las anteriores variables, teniendo en cuenta los valores obtenidos en cada unidad de manejo y para ambos recursos.

Los mejores modelos para las relaciones número de personas potenciales (N_p) con los índices de calidad para cada unidad son:

$$Np_{\text{Musgo}} = 110269 - 7.7771 \times \text{ACC} - 1954.51 \times \text{PRE} - 3621.61 \times \text{RAF} + 1755.53 \times \text{SIN} - 3522.07 \times \text{SUI} + 5478.38 \times \text{SUR}$$

$$Np_{\text{Capote}} = 235260 - 16.3899 \times \text{ACC} - 4171.06 \times \text{PRE} - 7720.96 \times \text{RAF} + 3746.36 \times \text{SIN} - 7511.7 \times \text{SUI} + 11680.6 \times \text{SUR}$$

De igual forma al análisis del número potencial de personas para toda la

cuenca; se tomo la suma de los valores promedios de los índices de calidad seleccionados por los anteriores modelos (ACC, PRE, RAF, SIN, SUI Y SUR para ambos casos), como una nueva variable indicadora del grado de conservación (Gc); Esta nueva variable al igual que el área potencial (Ap) por unidad, se relacionó con el número de personas potenciales para cada unidad.

Los mejores modelos se presentan a continuación:

¡Error!

$$Ap_{\text{Capote}} = 236.657 + 72.6644 \times \text{Ln}(Np)$$

Para musgo:

¡Error!

$$Ap_{\text{Musgo}} = -28.7154 + 15.556 \times \text{Ln}(Np)$$

El análisis de varianza de los modelos anteriores, presentan una relación entre sus variables estadísticamente significativa, a un nivel de confiabilidad mayor del 95%.

. Las pruebas de comparación realizadas (T, F, Mann Whitney, Kolmogorov- Smirnov) para cada uno de los modelos evaluados, no presentan

diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confiabilidad del 95%.

Tabla 5. Área potencial, grado de conservación de cada unidad y sus estimados.

Unidad	Ap _{musgo} (has)	Ap _{capote} (has)	G.C	Estimados			
				Ap _{musgo}	Ap _{capote}	GC _{Musgo}	GC _{Capote}
I-1	36,3483467	145,39	226,5	43,628059	173,07		
I-2	3,48649896	13,946	300	10,467501	13,861	249,67	425,105889
II	42,6716615	170,69	239,98	37,620994	161,28	231,71	211,231658
III-1	25,6888839	102,76	205,5	23,768886	111,15	244,26	243,399768
III-2	59,823556	239,29	193,653	56,845193	226,88	191,06	191,975391
III-3	35,1339606	140,54	293,324	26,41352	103,39	242,57	250,671598
IV-1	26,1113756	104,45	215,5	17,715205	64,017	247,27	302,335323
IV-2	39,9834049	159,93	206	35,885092	149,18	233,86	217,097454
IV-3	63,796606	255,19	161	63,565779	251,99	168,53	188,139828
V	58,6597093	234,64	185,593	61,440975	245,3	176,09	189,036879
VI	55,1792421	220,72	220	49,280656	204,03	211,17	196,827284

A continuación se presentan el análisis para los tres escenarios planteados en la metodología, en la definición del grado óptimo de conservación, para calcular la capacidad de carga de la cuenca.

a. 60 % del grado máximo de calidad de paisaje o su grado de conservación.

Al mantener el 60% de una calidad de paisaje, el grado de conservación es muy bajo, lo cual involucra tasas de reposición y acumulación altas; las cuales son muy susceptibles al deterioro

cuando se involucra en este instante una capacidad de carga alta; Es decir, cuando el máximo número de personas calculado para la cuenca (5.833 en capote y 2.641 en musgo), es llevado a los modelos de grado de conservación vs número potencial de personas; en este escenario corresponden a un grado de conservación de 156,7 (61.3%, o sea, 1.3% mayor que el grado de conservación planteado) y 177,7 (72,4%, es decir 12.4% mayor al planteado) los cuales involucran las tasas más altas de

restitución y acumulación 98% para el capote y 78% para el musgo (Ver Tabla 2 y 3).

Al mantener los mayores grados de conservación para ambos recursos, se involucra tasas de reposición y acumulación bajas; esto es, cuando el menor número potencial de personas calculadas para la cuenca en la extracción de capote y musgo (1072 personas y 338 personas respectivamente) es llevado al modelo grado de conservación vs número potencial de personas; el grado de conservación, equivale a mantener el 89.62% para el musgo y el 95.4% para el capote; además incluye las tasas de reposición y acumulación más bajas como se precisó anteriormente (10% para el musgo y 18% para el capote). De otro lado, cuando se remplace el menor número de personas estimadas para la extracción de los recursos en toda la cuenca (1.625 personas para el capote y 509 personas para musgo) en los modelos de Grado de conservación vs Número potencial de personas, el grado de conservación es el

b. Máximo grado de conservación posible.

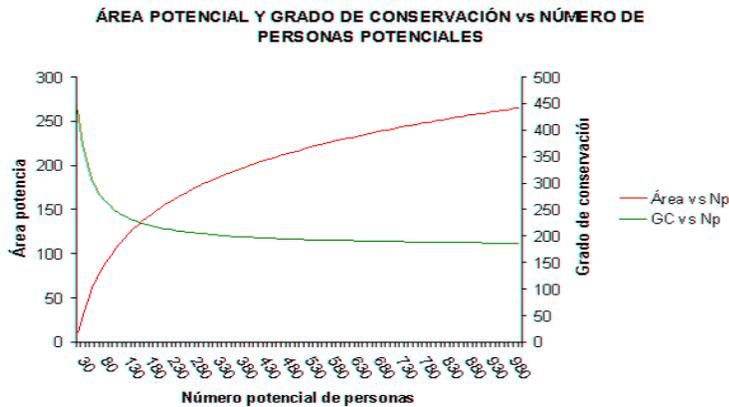
85.1% para el capote y 93.2% para el musgo; garantizando así la conservación de la calidad del área de estudio.

c. Punto de equilibrio, dado por la intersección entre el número de personas potenciales, el área potencial y grado de conservación.

Las siguientes gráficas permiten determinar un criterio menos subjetivo para la definición de capacidad de carga de la cuenca, en la extracción de los recursos, tierra de capote y musgo. Teniendo en cuenta el grado de conservación en el punto de intersección de las curvas, como valor optimizador del área y la tasa de restitución y formación.

de una mayor disponibilidad de área potencial. Mientras que cuando las tasas pasan del 50%, los requerimientos de área no son tan críticos (se debe recordar que las tasas de formación y acumulación de los recursos son inversamente proporcionales al grado de conservación del área).

Cuando las tasas de formación del recurso (musgo y tierra de capote) se acercan al 50%, un pequeño incremento en el número de personas en la cuenca, requiere



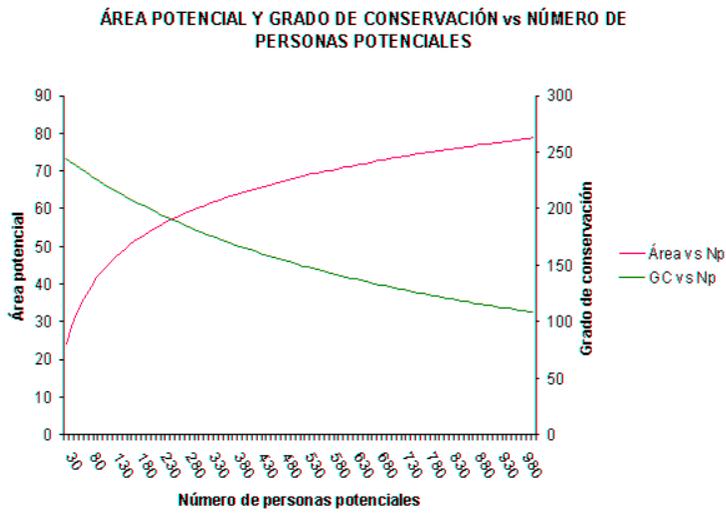


Figura 2. Punto de equilibrio para la extracción de tierra de capote.

Figura 3. Punto de equilibrio para la extracción de Musgo.

El anterior análisis permite hallar la capacidad de carga de la cuenca para ambos recursos donde la curva grado de conservación vs número de personas potenciales (Figura 1) se corta con las líneas constantes del grado de conservación obtenidas a partir del punto de intersección de la relación área, grado de conservación y número de personas (Figura 2 y 3).

mantener es de 190 (78%) para el recurso musgo y 225 (88%) para tierra de capote. Sin embargo estos grados de conservación involucran tasas de reposición y de acumulación intermedias, 48.4% para el musgo y 44.7% para capote. (Ver anexo B). El número de personas correspon-

El grado de conservación a

diente a los grados de conservación anteriormente referidos son de 1250 personas para la extracción de tierra de capote y 2025 personas para la extracción de musgo; este número de personas determina la capacidad de carga de la cuenca, de los dos recursos en estudio y para un grado de conservación determinado. (Ver figura 1).

En la Tabla 6 aparecen los valores del número potenciales de personas, valor económico anual generado por la extracción de musgo y tierra de capote, tasas de acumulación y formación del capote y musgo y grado de conservación para la cuenca bajo los tres escenarios propuestos.

Tabla 6. Capacidad de carga y valor económico para la cuenca bajo los tres escenarios.

ESCENARIOS	Escenario I 90%	Escenario II Punto de Equilibrio	Escenario III 60%
Np _{capote}	1029	1250	6172
Np _{musgo}	778	2025	4674
\$/año _(capote)	\$ 1.944.981.557,00	\$ 2.362.500.000,00	\$ 11.664.295.834,00
\$/año _(musgo)	\$ 587.811.452,90	\$ 1.530.900.000,00	\$ 3.533.348.552,00
\$/ha/año _(capote)	\$ 1.088.081,48	\$ 1.321.654,00	\$ 6.525.359,72
\$/ha/año _(musgo)	\$ 1.315.357,80	\$ 3.425.729,00	\$ 7.906.647,10
TAM _(capote)	0,4323	0,4474	0,7701
Tr _(musgo)	0,3361	0,4836	0,7987
G.C _(capote)	230	225	153,34
G.C _(musgo)	220,3	190	146,84

La tasa de acumulación promedio de material orgánico para la formación de tierra de capote en la cuenca es de 0.5533 y 0.371 la tasa de restitución para el musgo (Ver tabla.2). En los dos primeros escenarios es claro que las tasas de acumulación de material son menores que la tasa promedio, lo cual sugiere que no

debe haber un agotamiento en el stock del recurso, más aun, se podría pensar que hay un aumento en las existencias de los recursos e incluso mejoramiento del grado de conservación del área; contrario sucedería en el tercer escenario, donde se daría una sobre explotación en extracción de tierra de capote. El primer escenario

mantiene la sustentabilidad del recurso musgo al incluir grados de conservación altos y tasas de formación bajas, no siendo así con el segundo y tercer escenario.

Lo anterior permite predecir el agotamiento de los recursos, si en la practica se eligiera como capacidad de carga el tercer escenario para capote y el segundo y tercer escenario para musgo así:

Al descontar las tasas promedias, de las tasas de acumulación y restitución y al multiplicar este valor por el área potencial
Agotamiento del capote

$$1785.533 \text{ ha} \times 1 \text{ año} / 386.57 \text{ ha} = 4.6 \text{ años.}$$

Disminución de las existencias de musgo (segundo escenario)

$$(0.4836 - 0.371) \times 446.8833 = 50.3 \text{ ha/año}$$

Agotamiento del recurso musgo

$$446.8833 \text{ ha} \times 1 \text{ año} / 50.3 \text{ ha} = 8.9 \text{ años.}$$

Disminución de las existencias de musgo (tercer escenario)

$$(0.7987 - 0.371) \times 446.8833 = 191.13 \text{ ha}$$

Agotamiento del recurso musgo

$$446.8833 \text{ ha} \times 1 \text{ año} / 191.13 \text{ ha} = 2.34 \text{ años.}$$

Los escenarios en los que se podría

del recurso, se obtiene el área que se pierde anualmente de las existencias de capote y musgo en la cuenca. Esto asumiendo que las tasas promedias de acumulación de material orgánico para el capote y de restitución para el musgo continúan constantes a pesar del deterioro.

Disminución de las existencias de capote tercer escenario.

$$(0.7701 - 0.5536) \times 1785.533 = 386.57 \text{ ha/año.}$$

actuar sin tener un agotamiento de los recursos son: el primero y segundo para la tierra de capote y el primero para el recurso musgo.

El segundo escenario para el recurso musgo predice el agotamiento del recurso a los 9 años, sin embargo seria posible llevar este escenario a la practica bajo algunos planes de manejo por ejemplo, disminuyendo la cantidad de área requerida por persona (Ar), definiendo las unidades con tasa de restitución menor que la promedia y trasladando la sobrecarga a las unidades con tasas de restitución mayores que la promedia, las cuales, estarían subutilizadas.

Lo anterior confirma lo que ya se había precisado en el análisis de la determinación de la capacidad de carga de la cuenca. "La extracción actual de los recursos en cuestión en la cuenca parece ser sostenible", además que descarta el

tercer escenario (en cuanto a los dos recursos aquí tratados) como posible en cualquier plan de manejo.

Determinación de valor económico generado por la extracción de recursos.

Una vez obtenido el número de personas potenciales en toda la cuenca y en cada unidad es posible calcular el valor de uso generado por la extracción potencial, así:

$$VE_{\text{Capote}} = N_p \times 22.5 \times 12 \times 7000 \text{ (\$/año)}$$

Al sumar los valores económicos generados por la extracción de recursos en cada unidad, se obtiene el valor económico para la cuenca; también se podría calcular con las anteriores expresiones matemáticas. Los cálculos por unidad permiten desarrollar planes de manejo del patrimonio natural bajo el criterio de sustentabilidad para la región, al diferenciar el área potencial, número potencial de personas y el valor económico de cada una de ellas de acuerdo a su grado de conservación. La tabla 7 presenta la distribución del número de personas (capacidad de car-

$$VEM_{\text{Musgo}} = N_p \times 9 \times 12 \times 7000 \text{ (\$/año)}$$

Donde:

VE_{Capote}: Valor económico por la extracción potencial de tierra de capote.

VE_{Musgo}: Valor económico por la extracción potencial de musgo.

ga) de acuerdo con el porcentaje de área que cada unidad representa del potencial total, además el valor económico generado por la extracción de dichos recursos.

Tabla 7. Número potencial de personas por unidad y valor económico.

Unidad	Porcentaje del área total	N _p Capote	N _p Musgo	\$Capote	\$Musgo
I-1	0,081	102	165	\$ 192.780.000	\$ 124.740.000
I-2	0,008	10	16	\$ 18.900.000	\$ 12.096.000
II	0,095	119	193	\$ 224.910.000	\$ 145.908.000
III-1	0,057	72	116	\$ 136.080.000	\$ 87.696.000
III-2	0,134	167	271	\$ 315.630.000	\$ 204.876.000
III-3	0,079	98	159	\$ 185.220.000	\$ 120.204.000
IV-1	0,058	73	118	\$ 137.970.000	\$ 89.208.000
IV-2	0,089	112	181	\$ 211.680.000	\$ 136.836.000

Capacidad de carga un método....

IV-3	0,143	178	289	\$ 336.420.000	\$ 218.484.000
V	0,131	164	266	\$ 309.960.000	\$ 201.096.000
VI	0,123	154	250	\$ 291.060.000	\$ 189.000.000
Total		1.250	2.025	\$ 2.362.500.000	\$ 1.530.900.000
	Para el área potencial			\$ 1.321.654 ha/año	\$ 3425729ha/año
	Para el área total			\$ 818.777 ha/año	\$ 530.568 ha/año

La metodología propuesta pretende estimar un valor económico aproximado del patrimonio natural de la cuenca. Debido a los alcances de este trabajo se intento implementar una metodología que permita calcular el valor de uso de un territorio, teniendo en cuenta la dinámica de los procesos naturales que producen y mantienen la oferta de bienes y servicios ambientales, al incluir las tasas de formación de recursos y el número máximo de personas que pueden hacer uso de ellos. Lo cual es una tarea compleja y requiere de largos periodos de evaluación, además, por el sin número de bienes y servicios ofrecidos por un territorio y no definidos aun; este trabajo subvalora la cuenca al tener en cuenta solo dos bienes. Por eso se hizo necesario complementar el valor económico, con otros trabajos realizados en la cuenca de Piedras blancas donde calcularon valores de uso, teniendo en cuenta otros elementos distintos a la metodología propuesta y que pueden enriquecer el valor monetario del patrimonio natural. Así:

definieron el valor económico para la cuenca. Los valores de uso definidos por ellos evalúan una amplia gama de bienes y servicios y sirven para complementar

Cáceres y Uribe (1997), mediante una función de valor económico total,

el valor económico establecido en el presente trabajo.

bienes y servicios, evaluados por los anteriores autores, para la definición del valor de uso de la cuenca de Piedras blancas.

La Tabla 8, presenta los diferentes

Tabla 8. Bienes y servicios considerados como valores de uso y su tipo de valoración.

ECOSISTEMA	VALORES DE USO BIENES Y SERVICIOS	TIPO DE VALOR DE MERCADO
ROBLEDAL	Madera comercial	Directa
	Madera para leña	Sustitutivos
	Incremento de la madera comercial	Directa
	Incremento de la madera para leña	Sustitutivos
	Productividad (Perdida de suelo)	Sustitutivos
	Retención de suelo	Sustitutivos
RASTROJO	Madera para leña	Sustitutivos
	Productividad (Perdida de suelo)	Sustitutivos
	Retención de suelo	Sustitutivos
PASTO	Ganadería	Directo
	Productividad (Perdida de suelo)	Sustitutivos
	Retención de suelo	Sustitutivos
CULTIVO	Cultivo	Directo
	Productividad (Perdida de suelo)	Sustitutivos
	Retención de suelo	Sustitutivos
CIPRESAL	Madera comercial	Directa
	Incremento de la madera comercial	Directa
	Productividad (Perdida de suelo)	Sustitutivos
	Retención de suelo	Sustitutivos
ÁREA DEGRADADA	Productividad (Perdida de suelo)	Sustitutivos
	Retención de suelo	Sustitutivos

Fuente: Cáceres y Uribe (1997).

Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9. Valor de uso de cada ecosistema.

ECOSISTEMA	VALOR DE USO (\$/ha/año)
Robledal	2.419.009,20
Rastrojo	750.317,00
Pastizal	4.719.495,00
Cultivo	2.660.794,00
Cipresal	4.985.488,16
Área erosionada	81.595,00

Fuente: Cáceres y Uribe (1997).

Con la información de la tabla anterior y con las áreas encontradas para cada ecosistema de las coberturas presentes en cada unidad de manejo, mediante el uso del SIG, se calcularon los valores en cada unidad y para toda la cuenca. (Ver tabla 10).

El valor por ecosistema de la Tabla 10 es resultado de la sumatoria del producto del área de cada ecosistema presente en cada unidad por su valor de uso dado en (\$/ha/año) y consignados en la tabla 9.

Al conservar el derrotero de la metodología, los valores hallados por Cáceres y Uribe en la cuenca, para las coberturas de pastos y cultivos, no se tuvieron en cuenta debido a que, la producción natural es afectada por la implementación de labores humanas (agropecuarias) en la generación de excedentes.

Los mejores beneficios económicos se dan en aquellas unidades con una mayor área en los diferentes ecosistemas y recursos, especialmente en donde el área del Ciprés y el área potencial para el musgo es mayor, tal hecho se debe al mayor beneficio económico (\$/ha/año) del cipresal y el recurso musgo.

Existen actualmente distintos métodos de valoración de los recursos naturales, uno de estos es el del costo de viaje. Arango *et al* (1998), utilizan este método para calcular el valor de uso de la cuenca con fines recreacionales, mediante el producto del costo variable de viaje, número de viajes al año y número de familias o grupos visitantes. Así:

12800 grupos o familias \$6885*312.000
valor de uso (Información del parque ecológico).

TABLA 10 Áreas potenciales y valor de uso para cada unidad de manejo y para toda la cuenca.

Unidad	Ap para Musgo (has)	Ap para Capote (has)	ROBLEDAL (has)	CIPRESAL (has)	ÁREA EROSIONADA (has)	RASTROJO (has)
I-1	36,348	145,393	6,52	29,41	0	139,45
I-2	3,486	13,946	0,00	9,57	0,0316281	8,11
II	42,672	170,687	8,71	36,09	0	129,78
III-1	25,689	102,756	7,15	22,51	0	76,97
III-2	59,824	239,294	7,36	81,51	0,1069641	184,46
III-3	35,134	140,536	20,77	22,62	0	89,55
IV-1	26,111	104,446	0,00	37,15	0	62,54
IV-2	39,983	159,934	19,12	28,67	1,7139754	78,66
IV-3	63,797	255,186	0,00	188,89	3,8054852	41,55
V	58,66	234,639	0,00	71,08	4,0823738	163,40
VI	55,179	220,717	22,44	52,65	0	127,73
Total	446,883	1787,533	92,07	580,15	9,74	1102,19

	VALOR POR ECOSISTEMA	\$ _{Capote}	\$ _{Musgo}	VALOR TOTAL
I-1	\$ 267.036.224,08	\$ 192.780.000	\$ 124.740.000	\$ 584.556.224,08
I-2	\$ 53.782.539,22	\$ 18.900.000	\$ 12.096.000	\$ 84.778.539,22
II	\$ 298.392.025,48	\$ 224.910.000	\$ 145.908.000	\$ 669.210.025,48
III-1	\$ 187.291.032,73	\$ 136.080.000	\$ 87.696.000	\$ 411.067.032,73
III-2	\$ 562.585.848,42	\$ 315.630.000	\$ 204.876.000	\$ 1.083.091.848,42
III-3	\$ 230.179.784,66	\$ 185.220.000	\$ 120.204.000	\$ 535.603.784,66
IV-1	\$ 232.155.441,45	\$ 137.970.000	\$ 89.208.000	\$ 459.333.441,45
IV-2	\$ 248.358.616,34	\$ 211.680.000	\$ 136.836.000	\$ 596.874.616,34

IV-3	\$ 973.177.339,17	\$ 336.420.000	\$ 218.484.000	\$ 1.528.081.339,17
V	\$ 477.285.685,89	\$ 309.960.000	\$ 201.096.000	\$ 988.341.685,89
VI	\$ 412.615.232,79	\$ 291.060.000	\$ 189.000.000	\$ 892.675.232,79
Total	\$ 3.942.859.770,23	\$ 2.362.500.000	\$ 1.530.900.000	\$ 7.836.259.770,23

7290 grupos o familias \$3921'400.350
(Información con las encuestas elaboradas
en el trabajo de campo).

10050 grupos o familias \$5406'045.750
valor de uso. (Valor promedio)

Al comparar este, con el valor hallado en la metodología del presente trabajo, no se encontraron grandes diferencias, permitiendo fortalecer la consistencia del método propuesto. Sin embargo no se pretende validar estos métodos por la aproximación entre ellos; aunque la propuesta de capacidad de carga posee mayor importancia ya que tiene en cuenta la oferta natural de los recursos, conservación, sustentabilidad e incluso mejoramiento de la calidad del territorio; mientras el costo de viaje solo valora el uso recreacional del área sin tener en cuenta los procesos de degradación de las actividades recreativas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De lo expuesto se puede concluir que el número potencial de personas en una área y actividad determinada, pueden ser definidos por las tasas de reposición de los recursos involucrados en dicha actividad, que a su vez están estrechamente ligadas a algunos índices de calidad usados para determinar el grado de conservación o calidad del área.

De otro lado el grado de conservación de un área y bajo una actividad

determinada depende del número de personas actuando sobre esta, se puede decir que a mayor grado de conservación del área menor es su capacidad de soporte ó a mayor número de personas el área estará sometida a mayor presión, alto riesgo al deterioro y por consiguiente una disminución en su grado de conservación.

Es importante tener en cuenta que las unidades que poseen tasas de reposición menores a los valores elegidos (48.4% para el musgo y 44.7% de capote), al determinar la capacidad de carga, estarían sometidas a una sobre-explotación del recurso; sin embargo este problema puede ser obviado realizando planes de manejo de acuerdo al número de personas potenciales encontradas para cada unidad a capacidad de carga y bajo el principio de sustentabilidad del recurso, para tal efecto es necesario precisar cual es el número actual de personas que extraen material en cada unidad y para cada recurso.

La replicación de la metodología en otras áreas, permite calcular el valor económico de un ecosistema al encontrar el valor de uso para cualquier bien o servicio ambiental, cuando sea posible la determinación de sus tasas de formación, ya que estas son vitales para hallar un valor consistente; pues fue aquí donde se presentó ciertas dificultades obteniendo por lo tanto algunas variables con cierto grado de debilidad.

Bajo el método propuesto es posible hacer manejo durable de los recursos existentes en pequeñas y grandes áreas sin afectar su grado de conservación; por lo tanto se podría pensar en la legalización de la extracción de tierra de capote y de musgo en la cuenca de Piedras Blancas bajo ciertas restricciones y control, no sin antes haber hecho estudios sobre cual es la población verdaderamente dedicada a esta actividad.

La determinación de la capacidad de carga en un área con fines específicos de utilización, la hace compatible con otros propósitos que no tengan mayores efectos nocivos sobre el grado de conservación como es el caso de la investigación, recreación pasiva y ecoturismo.

Se recomienda motivar a los estudiantes para que adelanten proyectos y estudios en trabajos de grado, en la evaluación de las tasas de formación de diferentes recursos y diversos ecosistemas de importancia ambiental y económica, en diferentes áreas geográficas las cuales pueden servir para la replicación y depuración de la presente metodología. Además de soporte en otros estudios relacionados.

Igualmente se recomienda identificar en futuros estudios, las variables o indicadores de calidad de un área que tienen mayor susceptibilidad a la carga humana, pues esto reduciría la cantidad de variables a manejar, lo que haría menos complejo el trabajo de campo y su

análisis, a si mismo conllevaría a ahorro de tiempo y recursos económicos
La valoración por el método de capacidad de carga surge como una

nueva alternativa que trata de ser más objetiva, donde es precisamente el mismo recurso el que brinda la posibilidad de hallar su valor y uso sustentable conservando la calidad de las áreas, permitiendo establecer planes de manejo presentes y futuros del patrimonio natural de la cuenca, al conocer sus existencias, posibilidades de regeneración o agotamiento mediante la implementación o no de actividades antrópicas en la región. Por lo tanto, estudios relacionados del potencial ecológico, económico y social de la región, para la definición de alternativas viables en la cuenca conllevan al mejoramiento de la calidad de vida o el planteamiento de diferentes escenarios de desarrollo, los cuales deben ser evaluados de acuerdo con la particularidad del proyecto económico, social o ecológico propuesto.

ARANGO, A. *et al.* Propuesta metodológica para el manejo de la región de Piedras Blancas (Antioquia). Medellín: Corantioquia, 1998, p.276.

CÁCERES, Raúl A. y URIBE, Diego M. Aproximación a la valoración económica del ecosistema Robledal en Piedras Blancas, Antioquia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1997. p.190.

COHEN, Joel E. Population growth and earth's human carrying capacity. *En: Science*. Vol. 59 (1995); p.341-346.

GRETCHEN, C. Daily and EHRLICH, Paul R. Population, sustainability, and earth's carrying capacity: a framework for estimating population sizes and lifestyles that could be sustained without undermining future

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA NO CITADA

AGUDELO, Luis C. Capacidad de carga y huella ecológica del Valle de Aburrá: indicadores territoriales de sostenibilidad Medellín: Corporación Autónoma del Centro de Antioquia, 1997. p.41-54.

AGUIRRE, Liliana. Economía y medio ambiente en la vereda Piedra Gorda del corregimiento de Santa Elena. Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Humanas, 1998. p.211

ANGARITA, Hugo y RAMÍREZ, G. Estudio socioeconómico de la cuenca protectora de Piedras Blancas. Medellín: El Autor, 1983. p119.

generations. American Institute of Biological Sciences. *A Bioscience*, November, 1992.

JACOBS, Michel. La economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro. Barcelona: ICARIA, 1997. p.431

LEMA, Álvaro. Dasometría, algunas aproximaciones estadísticas a la medición forestal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1995. p.401.

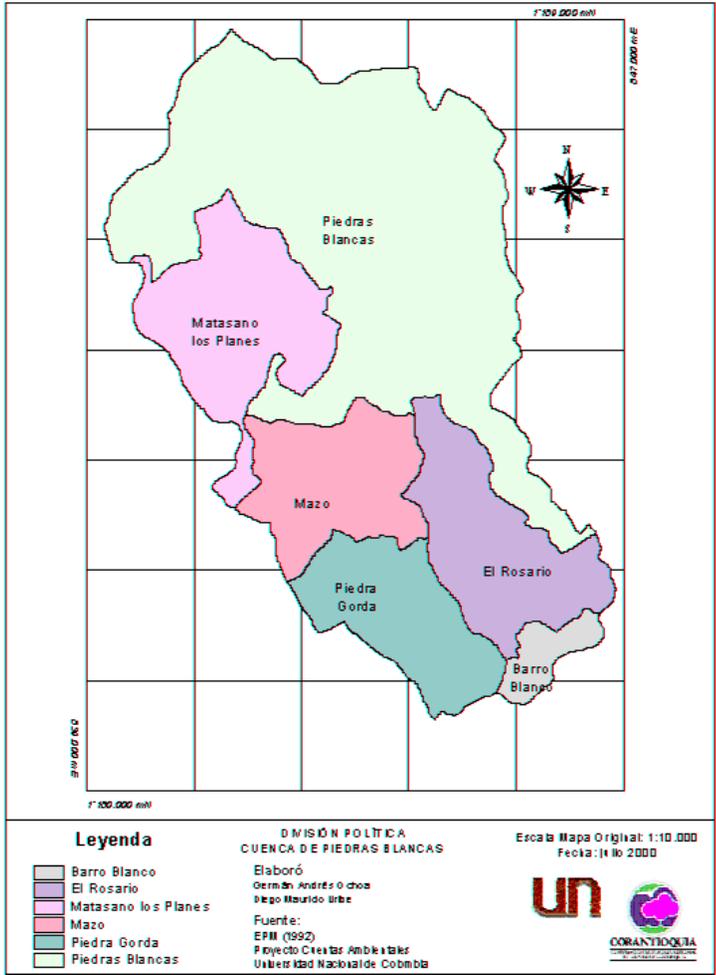
MILLER, Tyler. Ecología y medio ambiente. México: Grupo Editorial Iberoamericano, 1994. p163-165.

- OCHOA, G. y OSPINA, Jesús E. Capacidad de carga un método de aproximación al valor económico del patrimonio natural. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2000. p. 102
- PARRA SÁNCHEZ, Rodolfo et al. Sistemas de información geográfica: base de la gestión ambiental. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1997. p.189.
- REES, William E. Ecological footprints - Revisiting Carrying Capacity Area-Based Indicators of Sustainability. The University of British Columbia Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies. Vol. 17, No. 3. January 1996.
- RUZA, Felipe T. Tratado universal del medio ambiente. Madrid: Rezza, 1993. V.1., p.21-22.
- SUAZA BARRERA, Jorge y VALENCIA AGUDELO, Roberto. Programa para transformar la economía de saqueo de recursos naturales en la cuenca de la quebrada de Piedras Blancas. Medellín, 1988. Trabajo de grado (Ingenieros Forestales). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, p.229.
- TARTE, Rodrigo. Más allá de la retórica, ambiente y desarrollo. *Err. Revista Ejecutiva*. Vol.126,(Mar.-Abr.1996). <<http://www.infopanama.com/apede/rev126-7.htm>>

Aprobado para su publicación
Octubre 4 - 2001

ANEXO A

MAPA I



Mapa II

ANEXO B

Regresiones para las tasas de restitución y acumulación vs Grados de conservación para la cuenca.

Para la extracción de Musgo:

$$Tr_{Musgo} = -0.588575 + \frac{203.706}{GC}$$

Análisis de varianza de la anterior regresión.

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F	Nivel de probabilidad	R ²
Modelo	0,198444	1	0,198444			
Residuales	0,372647	9	0,0414053	4,79	0,0563	34,7481
Total	0,571091	10				

Para la extracción de tierra de capote:

$$TAM_{Capote} = -0.243299 + \frac{155.397}{GC}$$

Análisis de varianza de la anterior regresión.

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F	Nivel de probabilidad	R ²
Modelo	0,23557	1	0,23557			
Residuales	0,504562	9	0,0560625	4,20	0,0706	31,8281
Total	0,547132	10				

ANEXO C.

FORMULARIO DE CAMPO PARA LAS PARCELAS DE FORMACIÓN Y ACUMULACIÓN DE LOS RECURSOS MUSGO Y CAPOTE

Unidad	Area Total: ha											
Fecha de establecimiento	Parcela	hi (cm)	Ai (cm ²)	Mei (g)	Material	Localización	Cobertura	Seguimiento		Mf (g)	Af (cm ²)	Observaciones
								h (cm)	Fecha			
	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
	8											
	9											
	10											

hi: Profundidad en el establecimiento de la parcela

Ai: Area en el establecimiento de la parcela

Mei: Material extraído en el establecimiento de la parcela

h: Profundidad en un tiempo t

Mf: Material formado en un tiempo t

Capacidad de carga un método.....

Af: Area formada en un tiempo t