

Aportes de la valoración económica ambiental para la planificación territorial. Caso de estudio: Pérdida de suelo del sector de canteras, del municipio de Cajicá – Cundinamarca.

Contributions of the environmental economic assessment for territorial planning. Case study: Loss of soil in the quarry sector, in municipality of Cajicá -Cundinamarca.

Jesús Francisco Pataquiva Pinto¹

¹Ingeniero Ambiental, Universidad Libre, jesusf.pataquivap@gmail.com

Fecha de recepción: XX/XX/XXXX Fecha de aceptación del artículo: XX/XX/XXXX

Resumen

Un reto actual dentro de las actividades de manejo, uso y gestión integral de los recursos naturales que proporciona el medio natural es el de intentar asignar valores de tipo cuantitativo y cualitativo tanto a bienes como servicios proporcionados por dicho medio; esto basado en la independencia de la existencia, o no de precios ya existentes en el mercado en donde se pueda apoyar para lograr tal objetivo de valoración. Esto quiere decir que la necesidad de la valoración excede largamente al trabajo que hace el mercado otorgando precios y asignando recursos dentro de la economía. Hay una enorme cantidad de bienes y servicios ambientales para los cuales es imposible encontrar un mercado donde se generen los “precios” que racionen su uso dentro del sistema. La valoración señala que el ambiente no es gratis, el desafío es expresar en términos de qué.

Palabras clave

Valoración económica, instrumentos de gestión territorial, pérdida de suelo.

Abstract

A real challenge within the activities of management, use and integral management of natural resources provided by the natural environment is to try to assign quantitative and qualitative values to a good as services provided by said means; This is based on the independence of the existence, or not of existing prices in the market where it can be supported to achieve the objective of valuation. This means that the need for valuation far exceeds the work that the market does by granting prices and allocating resources within the economy. There is a great amount of environmental goods and services for which it is impossible to find a market where the "prices" are generated that ration their use within the system. The rate indicates that the environment is not free, the challenge is to express in terms of what.

Keywords

Economic valuation, instruments of territorial management, loss of soil.

1. Introducción

Colombia al igual que gran parte de Sudamérica enfrenta una fuerte presión antrópica sobre la biodiversidad y una fragmentación de espacios naturales provocada principalmente por el crecimiento urbano, agricultura y explotación de recursos naturales. Frente a este escenario, los instrumentos de planificación muchas veces no logran hacer frente a la destrucción de los ecosistemas, debido a que la transformación de ocupación del suelo no posee la misma velocidad de la modificación de los instrumentos de planificación territorial. Lo anterior, radica en que la actualización de los instrumentos de planificación territorial se adapta a la demanda espontánea de uso de suelo urbano, siendo instrumentos de reacción más que de anticipación. [1] En otras palabras, la planificación en Colombia posee un acento en la planificación urbana. Los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) en sus diferentes niveles de población, es un instrumento de carácter indicativo, que cumple con aportar a la región estrategias que orienten un desarrollo armónico social de largo plazo, con los objetivos de desarrollo nacional, convirtiéndose en el único instrumento normativo capaz de regular áreas rurales, “no obstante, se trata de un instrumento concebido para planificar el crecimiento urbano y no para gestionar el espacio rural”. [2]

Con el objeto de integrar la planificación territorial y la economía ambiental para la gestión de ecosistemas naturales, este estudio se enfoca en el potencial rol de la valoración económica de los bienes y servicios ambientales en los instrumentos de planificación territorial y como estos pueden contribuir al diseño y gestión integral del uso de suelo. [3] La generación de este tipo de información favorece la producción de indicadores con los cuales

determinar la viabilidad ambiental de políticas, planes, programas y proyectos.

La presente investigación se da en el Monte Las Manas, ubicado en el municipio de Cajicá, vereda Chuntame; donde se ubica la Cantera Asocentro.

2. Metodología

Con el fin de determinar la valoración económica de los impactos causados en el monte Las Manas, se miden dos parámetros, la pérdida de uso del suelo y la disponibilidad a pagar (DAP) de los habitantes del sector por los servicios ambientales brindados por dicho ecosistema.

En un primer momento, se realiza la modelación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisado (RUSLE) usando el software ArcGis, donde se logra predecir pérdida de suelo promedio a largo plazo, teniendo en cuenta las siguientes circunstancias:

- Para predecir erosión entre surcos y en surcos, en pastos, cultivos y sitios en construcción.
- La pérdida de suelo calculado por el modelo, es la cantidad de sedimento perdido por el perfil, no la cantidad de sedimento que deja la cuenca o el terreno.
- El perfil del paisaje es definido por una longitud de la pendiente, la cual es la longitud del origen del flujo superficial hasta el punto donde el flujo alcanza una mayor concentración o una mayor área de deposición como en las pendientes cóncavas y cerca de los límites del terreno.
- Para estimar las tasas de erosión que son removidas del suelo, de partes críticas del paisaje y que guían a la elección de las prácticas de control de la erosión hasta un nivel de pérdida de suelo tolerable

El RUSLE tiene la siguiente expresión matemática:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Erosividad de la lluvia (Factor R): Es el potencial erosivo de la lluvia que afecta el proceso de erosión del suelo. La erosión por gotas de lluvia incrementa con la intensidad de la lluvia. Una suave y prolongada lluvia puede tener la misma energía total que una lluvia de corta duración y más intensa.

Erodabilidad del suelo (Factor K): Es una compleja propiedad que se la entiende como la facilidad con la cual el suelo es desprendido por el salpicamiento, durante una lluvia o por flujo superficial.

Longitud de pendiente (L): La longitud de pendiente es definida como la distancia horizontal desde el origen de un flujo hasta el punto.

Inclinación de la pendiente (S): El factor de inclinación de la pendiente refleja la influencia de la gradiente de la pendiente en la erosión. El potencial de erosión se incrementa con la inclinación de la pendiente.

Factor de manejo de cobertura (C): El factor C es usado para reflejar el efecto de los cultivos y prácticas de manejo en las tasas de erosión.

Prácticas de control de la erosión (Factor P): Es la relación de pérdida de suelo con prácticas de soporte a la pérdida correspondiente con labranza en pendiente, la cual tiene un valor de 1.

En un segundo momento, se realiza la valoración económica de los bienes y servicios provistos por los ecosistemas naturales, por medio de la Valoración Contingente, técnica empleada para estimar el valor de bienes o servicios para los que no existe mercado, como el caso de ciertos elementos integrantes del medioambiente.

Esta técnica se basa en la simulación de un mercado hipotético mediante encuestas en las que se pregunta por la disposición máxima a pagar por un bien o servicio ambiental a sus usuarios potenciales. De esta manera es posible estimar el valor de un activo ambiental en términos monetarios, indicador de la contribución de dicho activo a los niveles de bienestar social.

El método de valoración contingente intenta medir en pesos (\$) los cambios en el nivel de bienestar de las personas debido a un incremento o disminución de la cantidad o calidad de un bien.

Se realizó una prueba piloto con una encuesta a 166 personas del municipio de Cajicá en donde la variable que tenía relevancia para la aplicación de la encuesta final, era la Disposición a Pagar, la cual fue determinada mediante un promedio de los valores que la población encuestada respondió.

3. Resultados y análisis

a. Modelación de la Ecuación Universal

Gran parte de la unidad conserva la vegetación natural, sin embargo, se evidencia que su disminución en los últimos años se debe a una tala selectiva de las especies de mayor valor comercial degradando el ecosistema. Las áreas sometidas a tala total se han dedicado a la siembra de cultivos transitorios de bajo rendimiento y a pastos, para ganadería extensiva. Con la adopción de las medidas de mitigación, corrección, prevención, corrección y compensación propuestas en esta investigación, se minimizarán los impactos que inciden negativamente sobre el entorno y se potencializaran los impactos positivos, logrando de esta manera una sostenibilidad ambiental y la reducción de

pasivos ambientales en el área de influencia de la explotación minera. Esta unidad tiene vocación forestal de producción, conservación y protección de los recursos naturales. Es importante en la explotación de las especies forestales dar un manejo técnico e integral, realizando prácticas que protejan la vegetación y conserven el equilibrio del ecosistema. Se deben evitar talas y quemas del bosque nativo y disminuir la extracción de madera con labores de entresaca. Siguiendo la hidrodinámica, nos encontramos con los siguientes aspectos que pueden dar a entender algunos patrones y dar una aproximación a lo que es la morfometría de la unidad.

A partir de la integración de las variables de la ecuación se obtuvieron diferentes valores, las siguientes figuras presentan los mapas a una escala de clasificación según el nivel de afectación de erosión por cinco años desde el año 2000 al año 2025, el cual se clasifico en 10 partes iguales tomando los valores donde la erosión fue mayor a 6 ya que es la que tiene más afectación y no se lograba visualizar una variación de la erosión con valores menores a 6, como se muestra en la tabla siguiente tabla.

Clasificación de la Erosión	Erosión (ton/ha. Año)
7	Leve
8	Moderado
9	Significante
10	Elevado

Tabla 1. Clasificación de la Erosión

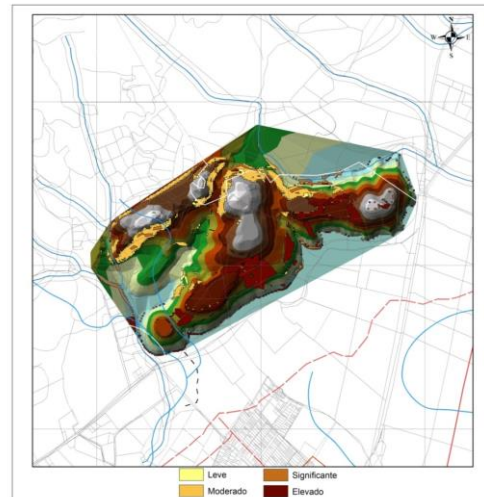


Figura 1. Mapa con las Áreas de Afectación por Erosión para el año 2015 del Sector de Canteras en Cajicá – Cundinamarca

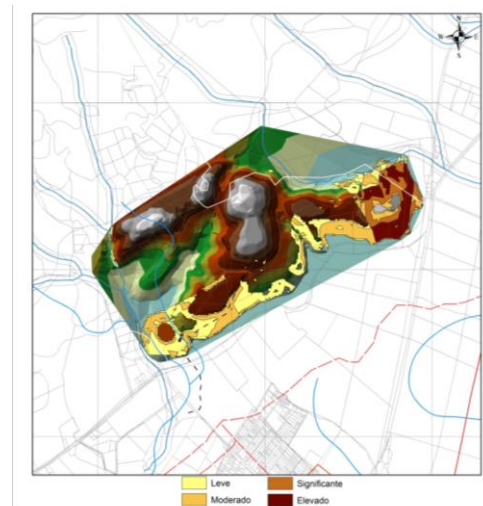


Figura 2. Mapa con las Áreas de Afectación por Erosión para el año 2020 del Sector de Canteras en Cajicá – Cundinamarca

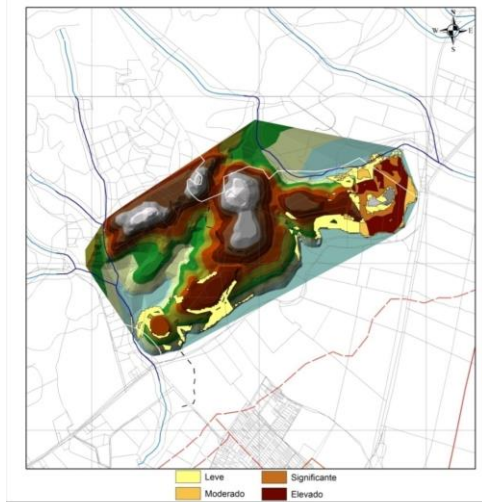


Figura 3. Mapa con las Áreas de Afectación por Erosión para el año 2025 del Sector de Canteras en Cajicá – Cundinamarca

b. Determinación del Valor de la Disposición a Pagar promedio

Se aplicaron 166 encuestas que se tabularon y digitalizaron para crear una base de datos en el programa IBM SPSS STATISTICS ejecutando el análisis de regresión logística. De las dieciséis variables utilizadas en la encuesta, diez variables fueron eliminadas por presentar valores demasiado altos para la Disposición a Pagar (DAP), lo que afectaría el análisis econométrico, cuando se realizaba la modelación de regresión logística con todas las variables independientes en función de la variable dependiente (VDP\$18.400) el Chi cuadrado era muy bajo y el grado de significancia era mayor a 0.005 lo que indica que no existe una distribución adecuada de los datos obtenidos de nuestro modelo, en la medida que el grado de significación se acerque a cero se puede decir que el modelo es el más acertado para encontrar la DAP de los consumidores.

Una mayor precisión conduce a una mayor probabilidad de detectar correctamente pequeñas diferencias entre los experimentos. A veces es mejor aumentar el número de corridas mediante la duplicación de observaciones en lugar de añadir nuevos ajustes de observaciones.

El modelo óptimo se puede definir por medio de la prueba de Hosmer y Lemeshow que es arrojada en el cuadro de la modelación de regresión logística.

Después de realizar distintos análisis de regresión logística para encontrar el modelo de regresión logística más acertado que nos pudiera definir la probabilidad de la Disposición a Pagar (DAP) de los consumidores del bien o servicio ambiental, el modelo de regresión logística que mejor se ajustó a los principios de las teorías económicas se presenta a continuación:

<i>Variables Óptimas del Modelo de Regresión Lineal</i>	Sexo
	Edad
	Población
	Nivel Educativo
	Ingresos
	Medidas Ambientales

Tabla 2. Variables del Modelo de Regresión Logístico

La tabla 3, describe la capacidad de los indicadores que tiene el modelo de regresión logística para clasificar la Disposición a Pagar (DAP) probabilística de las personas encuestadas, la verosimilitud de 191,278 habla de la capacidad que tiene la ecuación en la función logística de clasificar correctamente los datos obtenidos en la medida que este dato se acerca a cero se asume que es adecuado para poder clasificar la DAP

probabilística, R cuadrado de Cox y Snell (0.178) y R cuadrado de Nagelkerke (0.241) tienen un carácter principalmente orientativo respecto a lo que sería la capacidad de la prueba de modelación de regresión logística y de los indicadores acerca de la variabilidad de los datos a la hora de clasificar la Disposición a Pagar (DAP), como en el caso de la regresión logística esta variabilidad de datos, es valores son menos exigentes que en una regresión lineal cabe resaltar que R cuadrado de Cox y Snell es mucho menos exigente que R cuadrado de Nagelkerke, por lo cual adoptamos el valor de 0.241 como R cuadrado.

Resumen del modelo			
Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	191,278 ^a	,178	,241

a. La estimación ha finalizado en el número de iteración 4 porque las estimaciones de los parámetros han cambiado en menos de ,001.

Tabla 3. Resumen del Modelo de Regresión Logístico

Según Batemanetal. (2002) el ajuste del modelo es muy satisfactorio, pues si bien no existe un acuerdo de cuál sería un buen ajuste del modelo, un ajuste por arriba de 0.1 es satisfactorio.

Un modelo de regresión logística ideal, el Sig debe ser menor que 0.005 como se puede demostrar en la tabla 4 del modelo.

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi cuadrado	gl	Sig.
1	27,127	8	,001

Tabla 4. Modelo Óptimo de Regresión Logística

Según Vaughan y Rusell (1.999), la fórmula de interpretación para el modelo probabilístico se desarrollaría de la siguiente forma:

$$Pr=\alpha+B1X1+B2X2+B3X3...B4X4+Eo$$

La función de regresión logística permite moldear la probabilidad de una respuesta positiva por parte del entrevistado a la pregunta del método de valoración contingente, tiene a siguiente forma para el modelo de regresión logística:

$$VDP\$18400(si-no) = \alpha + B1Sexo + B2Edad + B3Población + B4Nivel_Educativo + B5Ingresos + B6Medidas_Ambientales + Eo$$

Dada la explicación anterior la ecuación toma la siguiente estructura:

$$VDP\$18400(si-no) = -1.616 - 0.055(0.55) + 0.00(41.44) + 0.649(0.78) + 0.132(1.45) - 0.489(0.89) + 0.496(1.80) + 0.722 = 1.2301$$

A partir de las estimaciones realizadas en el modelo de regresión logística, es posible calcular la DAP por parte de los consumidores del bien o servicio ambiental utilizando la siguiente formula:

$$DAP=MDAP*(1-e^{-(PrDAP\$18400/\alpha)}) \quad (1)$$

Donde; MDAP es la media de la variable VDP independiente que se especifica en el grafico 13 (9.847), e es el valor de la base de números naturales (2.30258), α es el coeficiente de todas las variables (-1.616) y PrVDP\$18400 es la probabilidad de que las personas están dispuestos a pagar por el bien o servicio ambiental (1.2301). La siguiente formula muestra el DAP:

$$DAP=9.847*(1-e^{-(1.2301/(-0.616))}) = 8510.24$$

Se observa que la estimación paramétrica de la DAP, por parte de los consumidores del bien o servicio ambiental para el

proceso recuperación, conservación y preservación del Monte Manas es de \$8510.24 pesos, el monto resulta muy bajo a comparación del monto propuesto en la encuesta.

c. Instrumentos de gestión ambiental

Del análisis de los instrumentos de gestión territorial competentes en el área de estudio, fueron examinados los instrumentos indicativos y normativos con el propósito de establecer lineamientos, superposiciones y acciones concretas conducidas a la conservación ambiental. De los instrumentos de planificación indicativos analizados a escala regional, destaca al comparar los lineamientos fundamentales de los instrumentos de gestión del suelo (1.2. Compensaciones por conservación ambiental), una consistente coherencia tanto en su visión como así también en sus objetivos, los cuales señalan el énfasis en el desarrollo con miras en la sustentabilidad, dialogando entre el desarrollo económico y la conservación de la biodiversidad.

Consistente con lo regional, a un nivel local los lineamientos generales expuestos en el instrumento indicativo para el Monte Manas, desprenden un desarrollo con enfoque sustentable. Al mismo tiempo y en sintonía con lo anterior, es planteado en su imagen objetivo el contribuir en la mejora de la calidad y condiciones de vida de sus habitantes aledaños.

El análisis desde la perspectiva de la protección de los bienes y servicios ambientales del área de estudio, esta representación se invierte, cobrando mayor

representatividad la propuesta del Monte Manas, de lo que se puede observar que existen áreas de alta riqueza ambiental que no son incluidas en sus diseños, es así que a pesar de existir estudios que evidencian la presencia de un alto valor de patrimonio natural, este último no es incluido, debido a la carencia de metodologías que permitan evaluar cuantitativamente su riqueza.

Para el país es importante implementar los Pagos por Servicios Ambientales (PSA) porque estimulan la conservación, preservación y restauración de los ecosistemas y promueven el desarrollo productivo sostenible con sistemas agroforestales, silvopastoriles y buenas prácticas agrícolas. Además, contribuyen a la construcción de paz porque son una alternativa económica para poblaciones vulnerables y aportarán al cumplimiento de compromisos internacionales de adaptación y mitigación al cambio climático y a los esquemas de pagos por resultados. [4] De acuerdo con lo anterior, conforme el artículo 49 de la Ley 388 de 1997 el Municipio de Cajicá creará el Fondo Municipal para el Pago de Compensaciones por conservación ambiental y patrimonial (Art. 153 del PBOT del municipio), para realizar inversiones que garanticen el mantenimiento y la generación de los servicios ambientales de los ecosistemas estratégicos del municipio.

La compensación que se genera por la limitación impuesta debe ser equivalente a la magnitud en que se ha limitado el desarrollo en una zona, en comparación con la magnitud de desarrollo que sin esta limitación podría obtenerse dentro de lo definido para la zona por el PBOT. Por lo

cual se entenderá por compensación el mecanismo que permite la redistribución equitativa de los costos y beneficios generados por la aplicación de tratamientos de conservación y protección. [5]

4. Conclusiones

- Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman que los consumidores del bien o servicio ambiental tienden a dar una baja valoración a los servicios derivados de los bienes públicos, aun cuando se les planteo la posibilidad de una mejora en su satisfacción.
- La degradación física también es responsable por la reducción de la fertilidad del suelo, principalmente en el área de desarrollo radicular. Asimismo, la erosión afecta la capacidad de retención de agua por las alteraciones en el contenido de materia orgánica y en el porcentaje de partículas menores (arcilla) del suelo. La disminución del contenido de materia orgánica también provoca alteraciones en la densidad del suelo.
- Las personas entrevistadas muestran un interés significativo para la recuperación ambiental del Monte Manas, ya que mediante la metodología aplicada, el monto de la DAP es de \$ 8.510 pesos, lo que resulta bajo comparado al valor propuesto inicialmente (\$ 18.400 pesos).
- Uno de los principales retos en este tipo de trabajos es la identificación y sobre todo la valoración de los beneficios generados, ya que muchos de los beneficios son de carácter cualitativo, como es el caso de la restauración del paisajismo y el goce pleno de este sector por la participación de la comunidad.
- Una apreciación más completa del valor de los suelos requiere de estudios que enfatizen sobre los diversos servicios ambientales otorgados por los suelos, más allá de la producción. A pesar de la limitación de los datos disponibles, el análisis pone de relieve la importancia de introducir el factor económico de la erosión de suelos en la fórmula de las políticas propuestas por la Alcaldía local contempladas en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial para su atenuación.
- El modelo de valoración económica incorpora la evaluación de la gestión institucional por su importancia en el desarrollo de lo planificado dentro de los POT, pues tiene que ver con las capacidades financieras para llevar a buen término el desarrollo de los proyectos. Por otro lado, se propusieron una serie de indicadores claves para la gestión y la evaluación del ordenamiento territorial, teniendo en cuenta su importancia sin que esto conlleve a su única determinación, pues a medida que un municipio cuente con información más completa puede realizar mejores análisis y manejar igualmente un grupo específico de indicadores de acuerdo con sus prioridades o necesidades más importantes.
- El principal obstáculo de los sistemas de evaluación y de los observatorios territoriales que se han tratado de implementar en nuestro país, es precisamente el no contar con un Sistema de Información Geográfica oficial y fiable, por ello, es importante recalcar que hasta tanto un municipio no cuente por lo menos con un Sistema de Información Geográfica oficial de su territorio, muy difícilmente podrá implementar un sistema de evaluación y seguimiento al ordenamiento territorial que sea realmente operativo.

5. Recomendaciones

- Es necesario realizar ajustes a los rangos establecidos teóricamente según el área de estudio, ya que estos se pueden presentar como constantes en algunos casos, por lo tanto, para una modelación más aproximada a la realidad es necesario un mejor detalle de información tanto espacial como temporal.
- El análisis espacial tiene como fundamento la fiabilidad de los datos en base a la escala del área de estudio, la cual se define teniendo como principal criterio el fenómeno a medir; se recomienda que la resolución espacial de los insumos, tanto en formato raster como en vector, concuerden entre sí.
- Para Colombia se encuentra de forma gratuita diversos modelos de elevación digital con una máxima resolución espacial de 30 metros cuadrados, por lo tanto, se recomienda para trabajos con mayor detalle, trabajar con curvas de nivel que presenten intervalos longitudinales menores a 30 metros.
- Al aplicar modelos espaciales con principios matemáticos y trabajar con modelo de datos raster, es recomendado realizar una conversión de proporción de valores decimales a valores enteros,

ya que el almacenamiento por pixel de dicho modelo es en valores únicamente enteros.

6. Referencias

- [1] RENGIFO, J. (2012). Evolución de la Planificación Regional en Colombia “Tendencias y perspectivas del desarrollo”. *Geocrítica*, 4-21.
- [2] BONNIN, M., & VELUT, S. (2008). La contribución del concepto de Reserva de la Biosfera al desarrollo sustentable. Un enfoque comparado Francia-Chile. *HAL-SHS*, 167-184.
- [3] VILLANUEVA, A., FAGANDINI, F., & BAZILE, D. (2015). Aportes de la economía ambiental para la planificación territorial. Caso de estudio comuna de Quilpué, Chile. *Cybergeo : European Journal of Geography*.
- [4] CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. (2017). Lineamientos de Política y Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales para la Construcción de Paz. Bogotá: Documento CONPES.
- [5] CONSEJO MUNICIPAL DE CAJICÁ, CUNDINAMARCA. (2014). La Revisión General del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cajicá. Cajicá.