

La potencialidad del territorio en la restauración ecológica

El uso de herramientas SIG para establecer prioridades de restauración ecológica

The potential of territory in ecological restoration

The use of GIS tools for ecological restoration prioritization

Recibido para evaluación: 23 de Agosto de 2011
Aceptación: 13 de Noviembre de 2012
Recibido versión final: 28 de Noviembre de 2012

Liliana Corzo Ramírez¹
Erik Jerena²
Rodrigo Rubio Mendoza³

RESUMEN

El presente artículo desarrolla una propuesta de diálogo interdisciplinar a través del uso de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) para la construcción de una metodología de identificación del *Potencial de Restauración Ecológica* (PRE), en áreas de borde urbano que hacen parte de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá, según el ordenamiento territorial. Estas áreas susciben problemáticas socio ambientales particulares propias de la interacción entre naturaleza y cultura. En tal sentido, se describen los pasos metodológicos para la identificación del PRE: caracterización biótica, física y social; identificación y espacialización de variables; ponderación y cruces para el cálculo del potencial final. Luego se discute sobre los alcances y limitaciones del uso de herramientas SIG como posibilidad metodológica para la interacción entre disciplinas como la biología, la geografía física y la sociología durante el proceso de restauración ecológica.

Palabras claves: Restauración ecológica, herramientas SIG, potencial de restauración, priorización de áreas, evaluación multicriterio.

ABSTRACT

This paper develops a proposal for interdisciplinary dialogue through the use of GIS (Geographic Information System) tools for the construction of a methodology to identify the ecological restoration potential ERP in urban edge areas that are part of the Main Ecological Structure of Bogota, according to land management plans. These areas subscribe their own socio-environmental problems particular to their own sign of the interaction between nature and culture. Methodological steps for identification of PER are described: biotic, physical and social characterization, identification and spatialization of variables and weighted overlay for the calculation of the final potential. Then, carry out the discussion on the scope and limitations of using GIS tools and methodological possibility for interaction between disciplines such as biology, physical geography and sociology during the process of ecological restoration.

Key Words: Ecological restoration, GIS tools, restoration potencial, prioritizing areas, multicriteria assessment.

1. Bióloga, Especialista en Sistemas de Información Geográfica
Jardín Botánico José Celestino Mutis - Investigador
lilianacorzo@gmail.com

2. Politólogo, Candidato a Magíster en Sociología con énfasis en ciudadanía y cultura Universidad Nacional de Colombia.
Jardín Botánico José Celestino Mutis - Investigador

3. Geógrafo
Jardín Botánico José Celestino Mutis - Investigador

1. INTRODUCCIÓN

En la última década la restauración ecológica ha tomado gran importancia tanto en los ámbitos científicos y académicos como en los técnicos y prácticos, al ser una de las disciplinas que provee ideas nuevas y oportunidades para la conservación de la biodiversidad, la integridad ecológica y, sobre todo, la posibilidad de mitigar y reparar los daños causados por el uso incorrecto de los ecosistemas (Jordan *et al.*, 1988; Dobson *et al.*, 1997; Choi, 2007; Young *et al.*, 2005).

La mayor parte de la investigación que se ha realizado en torno a este tema se ha centrado en la elaboración de protocolos para la implementación de proyectos y, en menor medida, para el monitoreo de los mismos, todos a escalas pequeñas (Thompson, 2010). Sin embargo es muy importante la integración de herramientas prácticas que estén articuladas a bases conceptuales sólidas, que permitan a los tomadores de decisiones utilizar eficientemente los recursos y, a la vez, que los proyectos tengan mayor probabilidad de éxito (Hobbs & Harris, 2001; Russel *et al.*, 1997). Es claro que uno de los factores que conduce a un limitado éxito de los proyectos es la inadecuada selección de los sitios de intervención (Russell *et al.*, 1997). Esto solo se supera abordando el problema de la restauración ecológica a escalas de paisaje, pues de esta forma es posible incorporar recomendaciones de tipo espacial, como los lugares donde es mejor hacer la implementación y el análisis de tipo social que permitan identificar actores sociales claves (Bell *et al.*, 1997; Sutherland *et al.*, 2006; Thompson, 2010). Una metodología de este tipo debe considerar aspectos físicos, biológicos y sociales que permitan visualizar cómo se encuentra el ecosistema y que también determine cuáles son los sitios más importantes a tener en cuenta en un proceso de restauración ecológica. Además, permite que se optimicen los recursos que son escasos y que sean utilizados eficientemente, generando un beneficio mayor a la sociedad. Asimismo esta metodología debe ser simple, flexible, oportuna, y presentar una aplicabilidad general (Russell *et al.*, 1997).

Una de las herramientas para la planificación, cuyo uso se ha extendido por el tipo de análisis que genera y que ha permitido la incorporación de diferentes variables para efectuar una interpretación geográfica adecuada para la planeación del territorio, es la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los SIG no solo sirven para organizar y desplegar datos, sino que además integran herramientas de análisis y modelamiento que permiten producir información geográfica. Es decir, trabajan con datos georeferenciados y desplegados en forma de mapas (Vanegas, 1999). Este recurso técnico ha sido utilizado en diversos campos de la conservación como el manejo de recursos naturales (Kovar & Nachtnebel, 1996; McKinney & Cai, 2002), el diseño y selección de áreas protegidas (Pressey *et al.*, 1993; Correa *et al.*, 2001), el control de especies invasoras (Sheperd, & Lee, 2002) e incluso para la selección de áreas para la implementación de proyectos de restauración, para lo cual se han desarrollado diferentes metodologías (Russell *et al.*, 1997; Molloy & Bilby, 2008; Thompson, 2010). Esto refleja la importancia y utilidad que presenta como un instrumento analítico que expresa información compleja de forma espacial (Renger *et al.*, 2002).

En esta perspectiva, el enfoque de este trabajo enfatiza el uso de esta herramienta para el desarrollo de una metodología de análisis multicriterio que nos permita caracterizar y priorizar las áreas en los procesos de restauración ecológica. El análisis multicriterio alude al cruce de información de diferentes fuentes mediante la ponderación de criterios que permiten interrelacionar factores diversos como los ecológicos, físicos y sociales requeridos para el manejo integral de los ecosistemas. Entre las ventajas que presenta esta metodología, además de ser muy práctica y útil, es que ayuda a estructurar los problemas socioambientales generando modelos que sirven para la discusión interdisciplinaria, y permite integrar la información cuantitativa y cualitativa en un solo modelo (Store & Kangas 2001, Mendoza & Martins 2006).

Uno de los conceptos más importantes que ha surgido, y que fue inicialmente presentado en el Protocolo Distrital de Restauración Ecológica, es el de *potencial de restauración ecológica PER*, que hace referencia al valor potencial que un lugar dado puede llegar a tener, dependiendo de la interacción entre los factores físicos, bióticos y sociales, para la implementación de un proceso de restauración ecológica (DAMA, 2006). Si la zona tiene valores altos en el potencial de restauración es probable que requiera un proceso de intervención leve y por lo tanto una menor inversión, mientras que áreas con procesos degradativos severos van a requerir una intervención fuerte y será por ende mucho más costosa. Como se puede observar este concepto agrupa tres componentes diferentes: biótico, físico y social, y cada uno de éstos presenta una serie de factores que inciden, tanto positiva

como negativamente, dentro de la valoración para determinar el potencial de restauración. En tal sentido, el concepto de potencial de restauración ecológica constituye la base de esta investigación, así como el punto de partida para el planteamiento de la hipótesis: *el uso de SIG posibilita el cálculo del potencial de restauración ecológica a partir del análisis multicriterio mediante el cruce de las variables espacializadas de los componentes biótico, físico y social.*

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada al oriente de la ciudad de Bogotá, en la Reserva Forestal de los Cerros Orientales, entre las microcuencas de los ríos San Francisco y San Cristóbal, zona conocida como San Dionisio. Los límites del área de estudio están dados por el área correspondiente al predio San Dionisio, propiedad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). El área total del estudio comprende 67.1 hectáreas (ha).

En cuanto al clima, de acuerdo con el comportamiento de las variables atmosféricas y tomando como modelo la clasificación climática Caldas-Lang, la zona presenta dos tipos climáticos: Clima frío húmedo (Fh) y clima frío semihúmedo (Fsh), con una precipitación anual de 1.120 mm y temperaturas promedio de 11,4 °C y 13 °C, respectivamente, con una humedad relativa promedio del 70%.

En cuanto a la geología de la zona, los Cerros Orientales están formados por rocas sedimentarias detríticas, es decir, aquellas formadas por procesos de meteorización, erosión, transporte, sedimentación y litificación de rocas preexistentes. De acuerdo con lo anterior, las unidades geológicas encontradas en el área de estudio son la Formación Arenisca de Labor-Tierna (Ksgl), que pertenece al Grupo Guadalupe, de edad Cretácico tardío (70-65 m.a.). Sobre esta unidad tenemos la Formación Guaduas (KTg) en su parte basal en contacto concordante, de edad terciaria temprana, al igual que depósitos fluvio-glaciares torrenciales y depósitos de ladera (Qft-Q2c) más recientes del cuaternario glacial (Holoceno), que conforman gran parte de la geomorfología actual. De esta última se identificaron las unidades geomorfológicas terrenos ondulados, crestas monoclinales y espinazos estructurales, pendientes estructurales, crestas redondeadas y pedimentos, laderas de acumulación, escarpes y frentes de erosión, así como la intervención antrópica por acción de la minería de cantera, actividad principal en las modificaciones geomorfológicas de esta zona que, según lo observado, evidencia una intervención minera anterior a la década del cincuenta, siendo los frentes de explotación los actuales escarpes y coronas de erosión. También es visible cómo el avance de la minería mediante la construcción de carretables y el descapote y aplanamiento de varias zonas, permitió el avance y expansión de la zona urbana hacia el Sur Este, identificado actualmente en la geometría tan particular de las manzanas y vías de acceso.

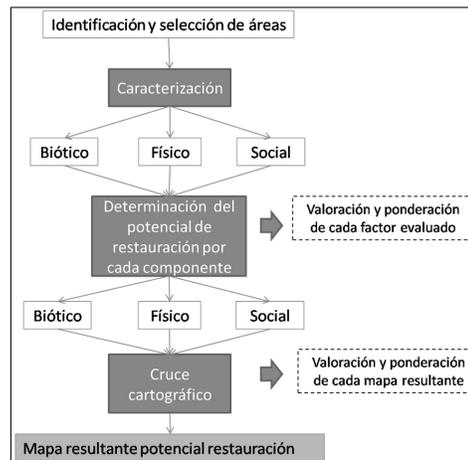
Desarrollo del modelo conceptual para la determinación del potencial de restauración

La metodología propuesta utiliza el análisis multicriterio, que se basa en la priorización y ponderación de variables en función de la elaboración de matrices y el cálculo de algunos valores, que en forma consecuente indicarán cuáles variables son las más importantes según su influencia hacia el resto y según su dependencia del resto (Martínez, 1995). Esta evaluación numérica permite establecer de una manera más precisa las diferencias entre determinadas áreas, calificándolas de acuerdo a su naturaleza dentro del componente general. El modelo cartográfico resultante se utiliza para esquematizar el uso de las funciones del Sistema de Información Geográfica (SIG) bajo una secuencia lógica en la solución de problemas espaciales complejos.

En primera medida fue necesario desarrollar un modelo conceptual que permitiera la incorporación de variables de los tres componentes (físico, biótico y social), teniendo en cuenta que cada una de éstas contiene diferencialmente un valor que contribuye al resultado final. En la figura 1 se presenta el modelo conceptual utilizado para la determinación del potencial de restauración. En este modelo se muestra que el primer paso es la identificación y selección de áreas para la caracterización. Enseguida, se realiza la caracterización de los tres componentes individualmente,

siempre determinando las variables de importancia para cada uno. Luego de esto, mediante la valoración y ponderación de cada variable dentro de cada componente, se hace el cruce cartográfico para la determinación del mapa de potencial. Finalmente, teniendo el mapa resultante de cada componente, se realiza nuevamente un cruce cartográfico para determinar el mapa de potencial de restauración ecológica, como resultado de la ponderación de los mapas de cada componente.

Figura 1. Modelo conceptual para la determinación del potencial de restauración



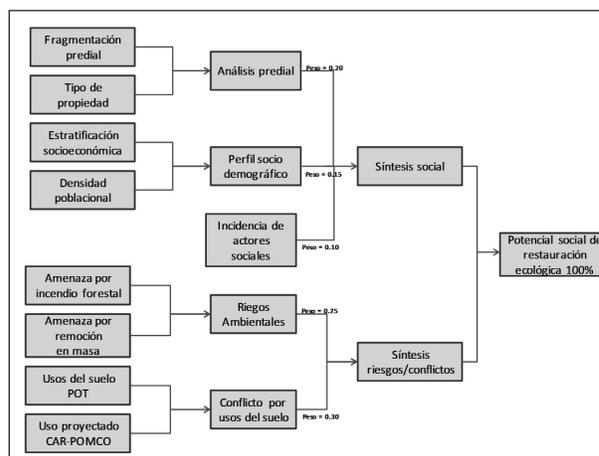
Para la determinación de los mapas de potencial de restauración de cada componente (biótico, físico y social), fue necesario elaborar el modelo cartográfico por cada uno, en donde se observan los cruces y ponderaciones que se tuvieron en cuenta para la determinación de cada potencial.

La aplicación de la metodología se traduce en la asignación de valores (ponderación) a las variables utilizadas según su nivel de incidencia en el proceso de identificación de cada potencial. Para cada variable se establece además una calificación de 1 a 5 según su rango de importancia para el potencial de restauración (1 = Muy bajo, 2 = Bajo, 3 = Medio, 4 = Alto, 5 = Muy alto). Posteriormente, se efectúa la operación para multiplicar la calificación por la ponderación establecida para cada variable. Al final se obtendrá una valoración para cada polígono, como resultado de la operación, que nos indicará el potencial de restauración ecológica.

Modelación cartográfica de variables sociales identificadas para el cálculo del PSRE

Se construyó el siguiente modelo para la identificación del Potencial Social de Restauración Ecológica (PSRE), de tal manera que fuese posible desarrollar el cálculo de éste, ponderando las variables sociales que se consideraron para operacionalizar el análisis.

Figura 2. Modelo cartográfico para la determinación del potencial social de restauración



En este sentido, la lectura busca ser igualmente geográfica, sociológica, económica y ecológica, para proyectar en el futuro la sostenibilidad del proyecto de restauración a partir del **potencial social** identificado en el proceso de investigación. Esto a partir de los resultados de la medición cuantitativa y cualitativa de indicadores sobre las condiciones socioeconómicas, la construcción socio-histórica del territorio en relación con el ordenamiento territorial, los niveles de organización social y la capacidad de incidencia de los actores sociales, así como los principales riesgos ambientales.

En esta perspectiva definimos el **potencial social de restauración ecológica (PSRE)** como la capacidad de la sociedad para establecer nuevos equilibrios ecosistémicos donde éstos han sido deteriorados, degradados o destruidos, de tal forma que se posibilite su sostenibilidad estructural y funcional, a través de nuevas interacciones socioambientales en el territorio. El modelo utilizado para la determinación del potencial social de restauración fue el siguiente:

$$PSRE = (Predial * 0.20) + (Perfil\ sociodemográfico * 0.15) + (Actores\ sociales * 0.10) + (Riesgos * 0.25) + (Conflictos * 0.30)$$

En la figura 2 se puede observar cuáles fueron las variables utilizadas y el cruce cartográfico que se realizó para la determinación del PSRE.

Modelación cartográfica de variables bióticas identificadas para el cálculo del PBRE

El potencial biótico definido como la disponibilidad de seres vivos para los procesos de restauración ecológica (DAMA, 2000), nos permite hacer un acercamiento a las necesidades y prioridades que requiere el área a restaurar, así como el eventual aporte de la vegetación presente. El modelo cartográfico construido para la determinación del potencial biótico se basa en cuatro variables claves encontradas: la génesis de la cobertura, los tensionantes, la cobertura y variables del paisaje (Figura 3).

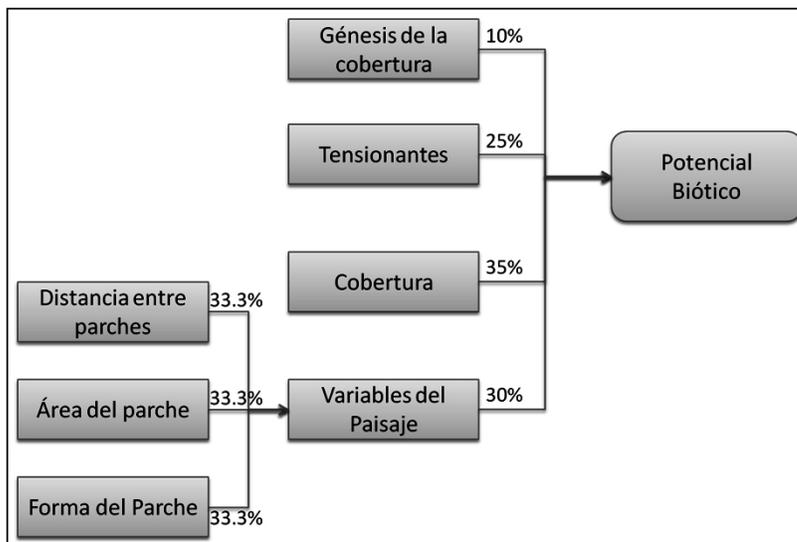


Figura 3. Modelo cartográfico para la determinación del potencial biótico de restauración

La génesis de la cobertura hace referencia a la procedencia de cada cobertura. En este caso se consideró si es de tipo natural o cultural. Los tensionantes son los elementos bióticos que detienen o cambian la sucesión ecológica natural del ecosistema, por ejemplo, elementos como el retamo espinoso, especies de pinos, el chusque y el helecho marranero. La variable cobertura tuvo mayor peso en el cálculo del potencial y corresponde a un mapa de cobertura elaborado a partir de la imagen satelital Quick Bird del año 2009. Las variables fueron ponderadas a partir de los levantamientos vegetales realizados sobre cada tipo de cobertura. La variable tensionante es clave en tanto presenta las barreras que deben ser eliminadas o controladas en el proceso de restauración ecológica. Finalmente las variables del paisaje, que son una combinación de las métricas más usadas para evaluarlo, como las distancias, área y forma de los parches naturales. Luego de realizar los

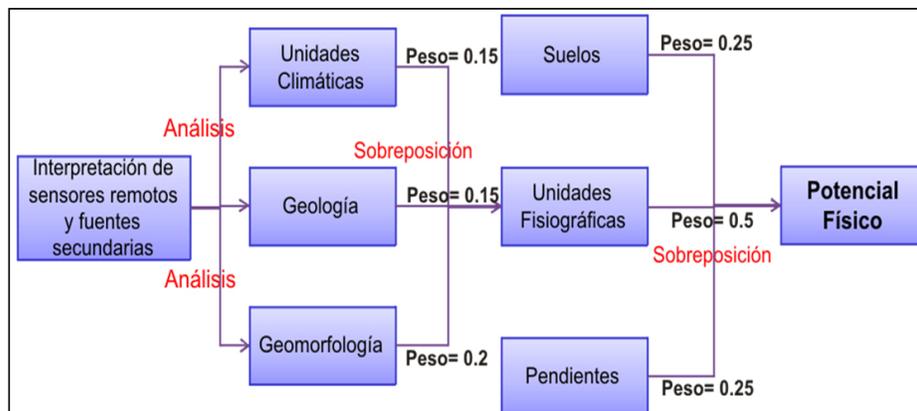
cruces cartográficos que se presentan en el modelo, se estableció la ponderación de cada variable de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Potencial biótico} = (\text{Génesis} \cdot 0.10) + (\text{Cobertura} \cdot 0.35) + (\text{Tensionantes} \cdot 0.25) + (\text{Paisaje} \cdot 0.30)$$

Modelación cartográfica de variables físicas identificadas para el cálculo del PFRE

Se construyó el siguiente modelo para la identificación del potencial físico de restauración ecológica (PFRE), de tal manera que fuese posible desarrollar el cálculo de éste ponderando las variables físicas para realizar el análisis (Figura 4).

Figura 4. Modelo cartográfico para la determinación del potencial físico de restauración



Se propone la definición de potencial físico de restauración ecológica (PFRE) como la evaluación y ponderación jerárquica de elementos de la base material del territorio que influyen en la evolución de los ecosistemas, como el clima, la geología, la geomorfología, los suelos, las pendientes y la hidrología. Se determinaron seis elementos esenciales a la hora de establecer el potencial físico del área. De un lado se encuentran los elementos del medio físico del sustrato, que junto con el clima y la geomorfología configuran las unidades fisiográficas o de paisaje. Por otro lado, estos indicadores a nivel de paisaje en interacción con el suelo y las pendientes, permiten establecer el potencial físico de restauración ecológica de un territorio.

$$\text{Potencial físico} = (\text{Suelos} \cdot 0.25) + (\text{Unidades fisiográficas} \cdot 0.5) + (\text{Pendientes} \cdot 0.25)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El principal problema que se presenta cuando se intentan relacionar los aspectos biofísicos y sociales es que las escalas de análisis son diferentes para cada componente. En este orden el análisis social no tiene una escala espacial definida por la misma naturaleza de sus procesos. Por lo tanto al hacer una zonificación conjunta la definición de los parámetros para la espacialización de las variables sociales no guarda la misma correspondencia espacial con las físicas y bióticas (Vanegas 1999).

En esta perspectiva se presenta a continuación la síntesis de los resultados de la identificación del potencial de cada uno de los componentes.

Potencial social

Luego del proceso de análisis de las variables sociales se elaboró una síntesis final para obtener el potencial social de restauración ecológica con los siguientes resultados: predomina en las 67 hectáreas caracterizadas un potencial social de restauración *medio* correspondiente al 52.9% (35.5ha) del sector de San Dionisio, seguido de 27% de potencial *alto* (18.1ha) y 17.5% del área con potencial *muy alto* (Figura 5).

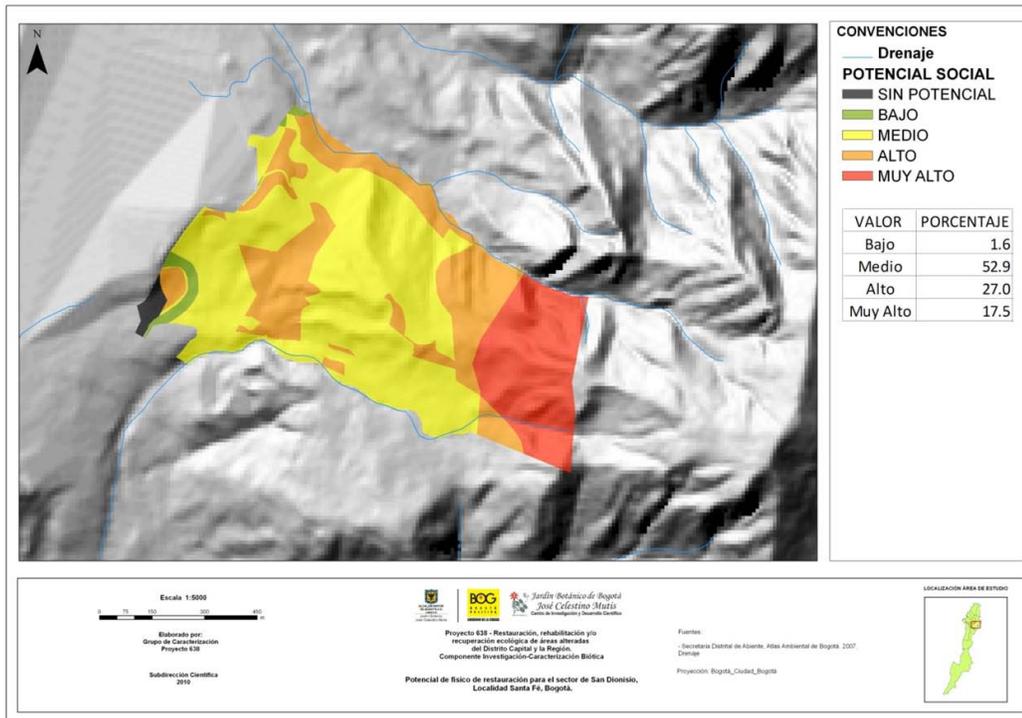


Figura 5. Mapa de potencial social de restauración para el sector de San Dionisio

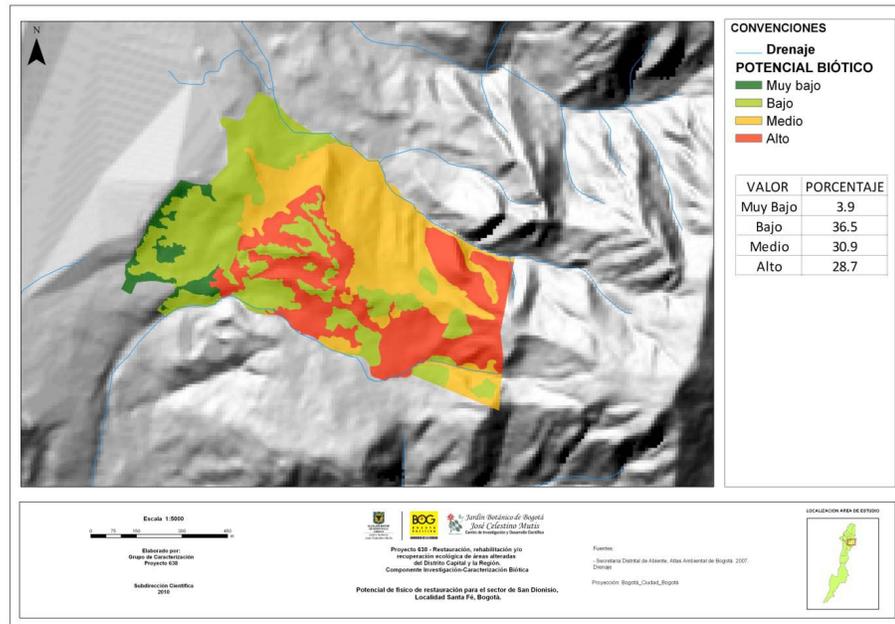
Dadas las características socioambientales en las que se suscribe el sector de San Dionisio, como eje central de la discusión sobre la identificación del PSRE, se debe plantear el problema de investigación en términos de la complejidad que implica el proceso de restauración ecológica en las áreas de borde urbano vinculadas a problemáticas territoriales. Dentro de estas se encuentran: la necesidad de contención del fenómeno de expansión urbana, reformulando el ordenamiento territorial, y la particularidad de los conflictos socioambientales (invasión de rondas, contaminación, urbanización ilegal y riesgos), sobre todo al tratarse de áreas protegidas contiguas a aglomerados urbanos con serios problemas de desigualdad económica y social, sumados a altos niveles de riesgo ambiental. Esto sustenta la necesidad metodológica de una ventana de análisis ampliada para la espacialización de las variables utilizadas, que diera cuenta del contexto socioambiental del sector de San Dionisio.

Por tratarse de predios públicos (propiedad del Distrito) con uso del suelo definido por el POT 2004 como área protegida (dentro de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá), y con bajos niveles de fragmentación predial, predomina el potencial *medio* de restauración ecológica. Sin embargo, es necesario hacer seguimiento al actual proceso de reformulación del POT de Bogotá y a la afectación que podría generar la implementación de la Franja de Adecuación (contención) sobre el sector de San Dionisio.

Potencial biótico

Este mapa muestra cuáles áreas presentan una mayor potencialidad de regeneración por medio de un proceso de restauración de acuerdo a las variables anteriormente contempladas. Como se puede observar en la figura 6, hay un 36.5% que presenta un valor *bajo* en su potencial, seguido por el valor *medio* con un 30.86%, un 28.69% presenta un valor *alto* y finalmente un 3.94% un valor *muy bajo*. Si se analizan estos valores, más del 50% del predio presenta un potencial de mediano a alto, lo que se puede interpretar como que el área tiene una buena posibilidad de regeneración por medio del proceso de restauración. Por otro lado, las áreas que presentan un potencial muy bajo son realmente pocas y están sobre todo colindando con el perímetro urbano; esto es indicativo del impacto que tiene la población sobre esa área, sobre todo por el uso de estas zonas como basurero. Además, hay que considerar que estas áreas tienen como principal tensionante el retamo espinoso, una especie invasora, por lo cual también presentan un potencial biótico bajo.

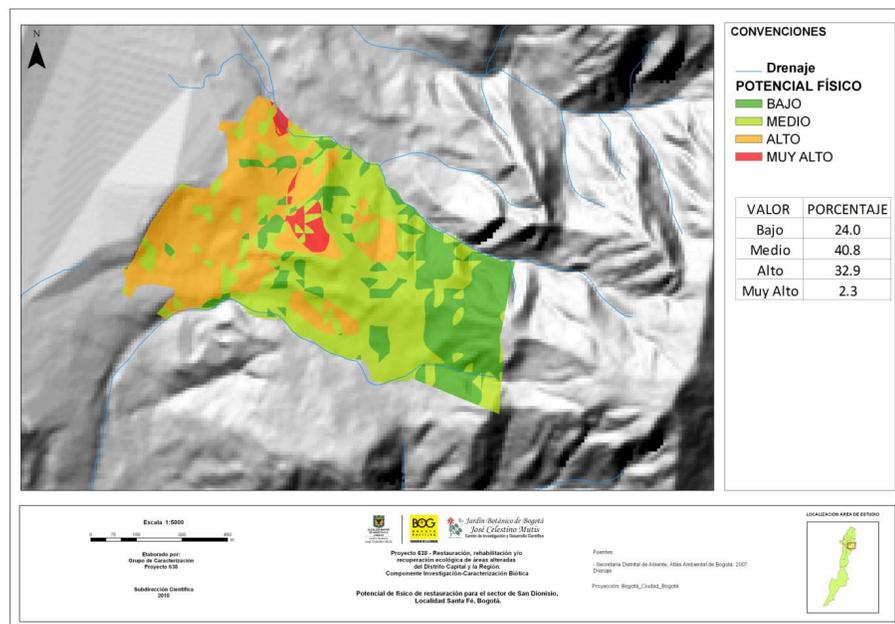
Figura 6. Mapa de potencial biótico de restauración para el sector de San Dionisio



Potencial físico

Luego del proceso de análisis de las variables del medio físico (clima, geología, geomorfología, pendiente y suelos), resultó la síntesis final para obtener el potencial físico de restauración ecológica con los siguientes resultados: de las 67,15 hectáreas caracterizadas, el 40,81% (27.41ha) presenta un potencial *medio*, el 32,83% (22.04ha) un potencial *alto*, el 24,03% (16.14 ha) un potencial *bajo* y el 2,33% (1.54ha) un potencial *muy alto* (Figura 7). Lo que muestran estos resultados es que más del 70% del área tiene un potencial medio a alto, muy favorable para las actividades de restauración ecológica.

Figura 7. Mapa de potencial físico de restauración para el sector de San Dionisio



San Dionisio, por formar parte del área protegida del Distrito Capital (Estructura Ecológica Principal de Bogotá), posee características físicas que han venido mejorando en cuanto a la estabilización de procesos de remoción en masa generados por actividades antrópicas, o con relación a la afectación de los suelos o el microclima. Por lo anterior, se constituye en un área con un buen potencial para la implementación de procesos de restauración ecológica. Sin embargo, habría que analizar el impacto que genera sobre el sector de los Cerros la dinámica de una metrópoli como Bogotá, especialmente sobre la atmósfera por causa del cambio climático.

Potencial de Restauración Ecológica

Luego de la determinación del cálculo de potencial de cada componente se elaboró el mapa síntesis de los tres componentes. Este cruce se hizo ponderando cada uno de los potenciales de acuerdo a su importancia en el área de estudio de la siguiente manera:

$$\text{Potencial de Restauración Ecológica} = (\text{P.Biótico} \times 0.25) + (\text{P.Social} \times 0.45) + (\text{P.Físico} \times 0.3)$$

El mapa resultante del cruce de mapas es el siguiente:

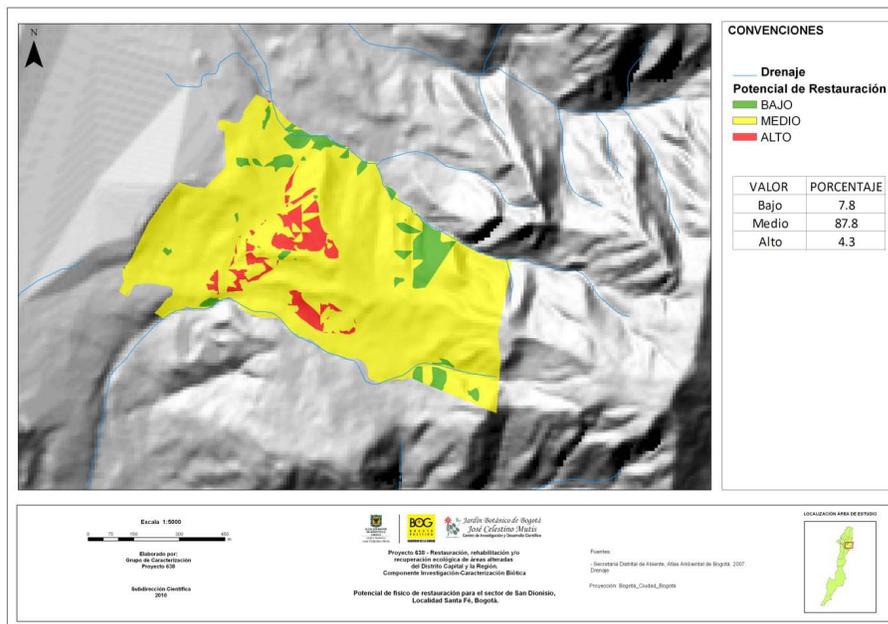


Figura 8. Mapa de potencial de restauración final para el sector de San Dionisio

El resultado obtenido muestra el predominio del potencial *medio* en un 88% del predio, seguido de un potencial *bajo* del 8% y un potencial *alto* de 4%. El potencial medio está relacionado por un lado por el tipo de tenencia de la tierra y uso del suelo, en tanto son predios propiedad del Estado que hacen parte de las áreas protegidas por el ordenamiento territorial y, por el otro, porque prevalecen elementos bióticos que permiten aún la regeneración natural del sistema.

Alcances y limitaciones del SIG en la identificación del potencial de restauración ecológica

El SIG puede constituirse en una herramienta adecuada para la investigación interdisciplinaria, en tanto ofrece diferentes posibilidades de interpretación que permiten la interrelación de variables de los componentes biótico, físico y social en diferentes escalas de análisis. En esta perspectiva la herramienta de SIG permite incorporar en el análisis las realidades de la dinámica social y cultural que tocan los aspectos económicos, culturales y políticos, en relación con la dinámica ambiental del territorio.

Sin embargo, la complejidad del componente social en la evaluación del potencial de restauración ecológica propició una interesante discusión de orden metodológico al efectuar el cruce

con los componentes biótico y físico, en la medida en que el análisis de éstos se suscribió al área intervenida, dadas las cualidades de sus objetos de estudio y por razones metodológicas propias de sus disciplinas, mientras que el componente social demandó la ampliación de la ventana de análisis. De tal forma que fue necesario efectuar la síntesis de algunas variables sociales sobre el sector de San Dionisio, para medir su nivel de afectación sobre el potencial social de restauración y posibilitar el cruce con el potencial biótico y físico.

REFERENCIAS

- Bell S.S., Fonseca, M.S & Motten, L.B. 1997. Linking restoration and landscape ecology. *Restoration Ecology*. 5: 4, 318-323.
- Choi, Y. 2007. Restoration Ecology to the Future: A Call for New Paradigm. *Restoration Ecology* 5: 2, 351-353.
- DAMA.- 2006. Protocolo Distrital de Restauración ecológica. Consultado en <http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/php/decide.php?patron=03.13050201>
- Dobson A.P., Bradshaw A.D., Baker A.J.M. 1997. Hopes for the Future: Restoration Ecology and Conservation Biology. *Science, New Series* 277.: 5325, 515-522.
- Correa, A.P., Finegan B., & Harvey, C. 2001. Evaluación y diseño de un paisaje fragmentado para la conservación de la biodiversidad. *Revista Forestal Centroamericana* 34: 35-41.
- Jordan, W. R., R. L. Peters, and E. B. Allen. 1988. Ecological restoration as a strategy for conserving biological diversity. *Environmental Management* 12:55-72.
- Hobbs R.J & Harris J.A. 2001. Restoration ecology repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology* 9:2, 239-246.
- Kovar, K. & Nachtnebel H.P. 1996. Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management. Published by the International Association of Hydrological Sciences.
- McKinney D. C. & X. Cai. 2002. Linking GIS and water resources management models: an object-oriented method. *Environmental Modelling & Software* 17:413-425.
- Mendoza G.A. & Martins H. 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*. 230:1-22.
- Mollot L.A., & Bilby R.E. 2008. The Use of Geographic Information Systems, Remote Sensing, and Suitability Modeling to Identify Conifer Restoration Sites with High Biological Potential for Anadromous Fish at the Cedar River Municipal Watershed in Western Washington, U.S.A. *Restoration Ecology* 16: 2, 336-347
- Pressey, R.L, Hampties, C.J., Margules, C.R, Vane Wright, R.I. & Williams, P.H. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in ecology and evolution* 8: 124-128.
- Renger R., Cimetta A. Pettygrove S., Rogan S. 2002. Geographic Information Systems (GIS) as an Evaluation Tool. *American Journal Of Evaluation*, 23:4, 469- 480.
- Russell, G.D., Hawkins, C.P. & O'Neill M.P. 1997. The role of GIS in selecting sites for Riparian Restoration based on hydrology and land use. *Restoration Ecology* 5: 45, 56-68.
- Sheperd, J.D & W.G Lee. 2002. Satellite mapping of gorse at regional scales. *New Zealand Plant Protection*. 55:95-98.
- Store, R., & J. Kangas. 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape and Urban Planning* 55:79-93.
- Thompson, B. 2010. Planning for Implementation: Landscape-Level Restoration Planning in an Agricultural Setting. *Restoration Ecology: Technical Report*.

Young, T. P., Petersen D. A., & Clary J. J. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters* 8: 662–673.

Vanegas, D. 1999. Los sistemas de información geográfica: de la teoría a la realidad. En: *Ciencias sociales en la amazonia Colombiana: Guerra etnicidad y conocimiento*. Editores: Comisión regional de ciencia y tecnología de la amazonia. Bogotá pp 239-267.

