

Propuesta metodológica para la determinación del potencial de restauración ecosistémica a escala de paisaje. Estudios de caso en dos ecosistemas contrastados en Colombia.



Fotografía 1 Vista panorámica área Tolúviejo, Bosque seco (Sup Iz y Der), área panorámica Vetás, Páramo (Inf Iz y Der),
Fuente: John Cárdenas, Fundación Guaya canal 2018

Máster oficial en restauración de ecosistemas

Presentado por

John Fredy Cárdenas Aguilera

Director académico

María Jesús Salado

Universidad Alcalá de Henares

Directora institucional

María José Calderón

Fundación Guaya canal

Alcalá de Henares 23 de septiembre 2019

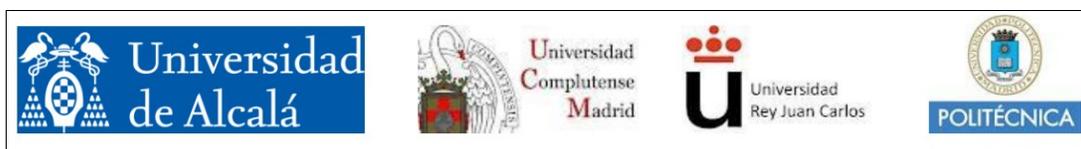


Tabla de contenido

1. Resumen	8
2. Introducción	9
3. Objetivos.....	12
3.1. Objetivo general.....	12
3.2. Objetivos específicos.....	12
4. Descripción del área de estudio	12
4.1. Paisaje Toluviejo.....	12
4.1.1. Localización.....	13
4.2. Paisaje Vetas.....	14
4.2.1. Localización.....	14
5. Diseño Metodológico	15
5.1. Potencial Físico	17
5.2. Potencial Biótico	19
5.3. Potencial Social	20
5.4. Conectividad Funcional.....	21
6. Resultados y análisis	22
6.1. Toluviejo	22
6.1.1. Potencial Físico	22
6.1.2. Potencial Biótico	24
6.1.3. Potencial Biofísico	25
6.1.4. Potencial Social	26
6.1.5. Potencial total de restauración.....	28
6.1.6. Conectividad Funcional.....	29
6.1.7. Potencial resultante restauración/conectividad y ruta de abordaje	30
6.2. Vetas	32
6.2.1. Potencial Físico	32
6.2.2. Potencial Biótico	34
6.2.3. Potencial Biofísico	36
6.2.4. Potencial Social	37
6.2.5. Potencial restauración total.....	38
6.2.6. Conectividad Funcional.....	39
6.2.7. Potencial resultante restauración/conectividad y ruta de abordaje	40
6.3. Discusión	44
7. Conclusiones	45
8. Agradecimientos	45
9. Bibliografía.....	47
10. Anexos.....	50

Índice de tablas

Tabla 1 Puntos de ubicación unidad de paisaje Toluviejo.....	14
Tabla 2 Puntos de ubicación unidad de paisaje Vetas	15
Tabla 3 Matriz general de evaluación	17
Tabla 4. Variables para la elaboración del Potencial físico.....	18
Tabla 5 Categorización de indicadores potencial físico	19
Tabla 6 Criterios y valores para variable cobertura potencial biótico	20

Tabla 7 Criterios y valores para potencial social.....	20
Tabla 8 Categorización de indicadores potencial social	21
Tabla 9 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial físico..	23
Tabla 10 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial biofísico.....	25
Tabla 11 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial social (Toluviejo).....	27
Tabla 12 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial total .	29
Tabla 13 Conectividad funcional Toluviejo.....	30
Tabla 14 Tabla resumen estrategias por ruta de abordaje Toluviejo.....	32
Tabla 15 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial físico Vetas	34
Tabla 16 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial físico Vetas	36
Tabla 17 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial social	37
Tabla 18 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial social Vetas	39
Tabla 19 Potencial de conectividad por tesela de cobertura Vetas	40
Tabla 20 Estrategias por ruta de abordaje Vetas.....	43

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica de la unidad de paisaje por evaluar Toluviejo en un contexto regional (subzona hidrográfica afluentes directos Caribe - Golfo de Morrosquillo).....	13
Figura 2 Ubicación geográfica de la unidad de paisaje por evaluar Vetas contexto subzonas hidrográficas objeto de estudio.	15
Figura 3 Ruta metodológica determinación de potencial de restauración ecosistemica propuesta	16
Figura 4 Valores cuantificables por potencial considerados	17
Figura 5 Área por variable según su potencialidad física Toluviejo	22
Figura 6 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables del potencial físico Toluviejo	23
Figura 7 Salida gráfica potencial físico Toluviejo.....	24
Figura 8 Áreas por indicador de variable potencial biótico Toluviejo.....	24
Figura 9 Salida gráfica potencial de restauración biótica Toluviejo	25
Figura 10 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables potencial físico y biótico Toluviejo.....	26
Figura 11 Salida gráfica potencial de restauración Biofísico Toluviejo	26
Figura 12 Área por variable según su potencialidad social Toluviejo.....	27
Figura 13 Salida gráfica potencial de restauración social Toluviejo	28
Figura 14 Área por potencial biofísico, social e integral.....	28
Figura 15 Salida gráfica potencial de restauración total Toluviejo.....	29
Figura 16 Salida gráfica conectividad funcional Toluviejo, 1 Baja 3. Alta.....	30
Figura 17 Área por ruta de abordaje	31

Figura 18 Salida gráfica rutas de abordaje potencial de restauración + conectividad funcional Toluvejo	31
Figura 19 Área por variable según su potencialidad física Vetas.....	33
Figura 20 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables del potencial físico Vetas	33
Figura 21 Salida gráfica potencial de restauración Físico Vetas.....	34
Figura 22 Áreas por indicador de variable potencial biótico (Vetas).....	35
Figura 23 Salida gráfica potencial de restauración biótica Vetas.....	35
Figura 24 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables potencial físico y biótico Vetas.....	36
Figura 25 Salida gráfica potencial de restauración Biofísico Vetas	37
Figura 26 Área por variable según su potencialidad social	37
Figura 27 Salida gráfica potencial de restauración social Vetas	38
Figura 28 Área por potencial biofísico, social e integral Vetas	38
Figura 29 Salida gráfica potencial de restauración total Vetas.....	39
Figura 30 Salida gráfica conectividad funcional por teselas de cobertura Vetas.....	40
Figura 31 Área por ruta de abordaje Vetas.....	41
Figura 32 Salida gráfica rutas de abordaje potencial de restauración + conectividad funcional Vetas	42

Índice de anexos

Anexo 1 Mapa de potencial físico Toluvejo.	50
Anexo 2. Mapa de potencial Biótico Toluvejo.	50
Anexo 3. Mapa de potencial Biofísico Toluvejo.....	50
Anexo 4. Mapa de potencial social Toluvejo.....	50
Anexo 5 Mapa de potencial total Toluvejo.....	50
Anexo 6 Mapa potencial/restauración ruta de abordaje Toluvejo.....	50
Anexo 7 Mapa de potencial físico Vetas.....	50
Anexo 8 Mapa potencial biótico Vetas.....	50
Anexo 9 Mapa potencial Biofísico Vetas.....	50
Anexo 10 Mapa potencial social Vetas.....	50
Anexo 11 Mapa de potencial total Vetas.....	50
Anexo 12 Mapa potencial/restauración ruta de abordaje Vetas.....	50

Siglas y abreviaturas

BsT:	Bosque seco Tropical
PB:	Potencial Bajo
PA:	Potencial Alto
PB:	Potencial bajo
UP:	Unidad de paisaje

1. Resumen

La mitad de los ecosistemas terrestres en Colombia están en riesgo de permanencia especialmente los biomas de páramo y bosque seco tropical, lo que implica iniciar procesos y acciones de restauración ecosistémicas, éstas deben priorizarse y focalizarse en las diferentes escalas de abordaje; existen zonificaciones a nivel nacional sin embargo, se requiere profundizar en herramientas para la determinación de las potencialidades y prioridades de restauración a escala local y regional.

Se propone una metodología que integra las potencialidades de restauración física, biótica y social seleccionando variables cuantificadas mediante indicadores, éstas se cruzan con el cálculo de conectividad a nivel de grafos, clasificando, priorizando y generando unas rutas de abordaje, la metodología se validó en dos unidades de paisaje de igual área para los dos biomas más degradados (páramo en Vetas, Santander y Bosque seco tropical Tolviejo, Sucre) con características biofísicas contrastadas.

Se encontró para Tolviejo 4 rutas de abordaje Alto3, Medio2, Bajo1 y Bajo3 y para el caso de Vetas Alto1, Alto2, Alto3, Alto4, Bajo1, Bajo2, Bajo3; las rutas relacionadas con indicador Alto están asociadas a coberturas naturales, Medio a coberturas de uso humano y alta conectividad, y Bajo para las asociadas a uso humano y baja conectividad, cada ruta con estrategia y prioridad diferenciada, las altas enfocadas a la conservación y las medias a la restauración activa y pasiva. Particularmente Tolviejo con un potencial biofísico mayor que Vetas pero con un área para restauración significativamente mayor producto de las dinámicas de uso y ocupación.

Se concluye que la metodología ofrece una herramienta útil en la toma de decisiones pues arrojó en ambas áreas, un proceso de análisis comprensible, unos resultados y rutas de abordaje transparente sin embargo, se requerirá enriquecer la metodología desde su uso en otras unidades de paisaje y el uso de variables a mayor nivel de detalle.

Palabras clave: Conectividad, Conservación, Multiescalar, Priorización.

Summary

Half of the terrestrial ecosystems in Colombia are at risk of permanence, especially the paramo biomes and tropical dry forest, which implies initiating ecosystem restoratio processes and actions, these must be prioritized and focused on the different boarding scales; There are zoning at the national level, however, there is a need to deepen tools to determine the restoration potentials and priorities at local and regional levels.

A methodology is proposed that integrates the potential of physical, biotic and social restoration by selecting quantified variables through indicators, these intersect with the calculation of connectivity at the “grafos” level, classifying, prioritizing and generating a few boarding routes, the methodology was validated in two Landscape units of the same area for the two most degraded biomes (Moorland in Vetas, Santander and Tropical dry forest Tolviejo, Sucre) with contrasted biophysical characteristics.

It was found for Tolviejo 4 routes, Alto3, Medio2, Bajo1 and Bajo3 and in the case of Vetas Alto1, Alto2, Alto3, Alto4, Bajo1, Bajo2, Bajo3; the routes related to the High indicator are associated to natural coverage, Medium to human use coverage and high connectivity, and Low for those associated to human use and low connectivity, each route with strategy and differentiated priority, the high ones focused on conservation and Stockings to active and passive restoration. Particularly Tolviejo with a biophysical potential greater than Vetas but with an area for restoration significantly greater product of the dynamics of use and occupation.

It is concluded that the methodology offers a useful tool in the decision-making process, as it yielded in both areas, an understandable analysis process, results and routes of transparent approach, however, it will be necessary to enrich the methodology from its use in other landscape units and the use of variables at a higher level of detail.

Keywords: Connectivity, Conservation, Multiscale, Prioritization.

2. Introducción

Los ecosistemas terrestres en Colombia representan el 81,32% del área continental y están clasificados en bosques, sabanas, xerofitía, subxerofitía, agroecosistemas, páramos, arbustales, herbazales, desiertos, afloramientos rocosos y glaciares y nivales (IDEAM, 2014), y estos a su vez se subdividen en 80 tipos, 22 de ellos equivalentes al 27%, están categorizados como en estado crítico (CR), y 14 ecosistemas (17%) en estado en peligro (EN), lo que significa que casi la mitad de los ecosistemas del país presentan condiciones que ponen en riesgo su permanencia y su provisión de servicios a la sociedad (Etter , Andrade, Saavedra , Amaya , & Arevalo, 2017)

Estos procesos de deterioro por ocupación del territorio en Colombia se deben a factores y dinámicas económicas, sociales, políticas y aún religiosas que, en muchos casos, han llevado a generar procesos productivos poco sostenibles, a la degradación, fraccionamiento y pérdida de los ecosistemas naturales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Particularmente los orobiomas¹ Andinos incluidos los páramos y los zonobiomas² de Bosque seco tropical (BsT) son los que presentan mayores niveles de transformación y mayor área categorizada como de riesgo crítico (CR) (Etter , Andrade, Saavedra , Amaya , & Arevalo, 2017) reportando una reducción superior del 90% de su valor original.

Lo anterior genera la necesidad de desarrollar acciones de conservación de estos biomas, pero particularmente como lo menciona Apfelbaum y Chapman (1997) “El desarrollo de estrategias prácticas de manejo que restablezca los procesos ecológicos para mantener la composición, estructura y función del ecosistema en diferentes unidades de paisaje y a distintas escalas, mediante el desarrollo de estrategias participativas” (Apfelbaum y Chapman 1997 PP 306) que permitan la recuperación de estos ecosistemas.

Estas estrategias y acciones de restauración deben ser priorizadas y focalizadas en sus diferentes escalas particularmente para Colombia, actualmente a una escala general se destaca el Registro Único de ecosistemas y Áreas Ambientales REAA (Sistema de Información Ambiental de Colombia, 2019) la cual identifica y prioriza ecosistemas y áreas ambientales a escala nacional (1:100.000) donde se podrían implementar diferentes instrumentos orientados a la conservación como son los Pagos por Servicios Ambientales (PSA). La generación de esta información presenta las capas geográficas del mapa nacional de áreas susceptibles a procesos de restauración (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) y el mapa actualizado de reservas forestales de la ley segunda de 1959.

Por otra parte el Plan nacional de restauración (2015) presenta las áreas susceptibles a procesos de restauración a escala nacional a partir del análisis de los cambios de cobertura presentando unos polígonos a escala 1:100000 que se consideran prioritarios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) con unos lineamientos generales de manejo.

La priorización y focalización de áreas para la restauración a una escala de paisaje de mayor detalle como 1: 25000 a 1:5000 que permitan orientar las necesidades regionales y locales debe ser considerado, se encuentran elementos puntuales de priorización dentro de los planes de ordenación del territorio POT (Planes de Ordenamiento Territorial) (Congreso de Colombia, 1997) y los POMCA (Planes de ordenamiento y manejo de cuencas) (Ministerio del medio ambiente, 2002).

¹ Ambientes montañosos pronunciados, unidades orográficas subdivisibles en franjas altitudinales por cambios en la temperatura y la precipitación.

² Unidades delimitadas por las Zonas Climáticas que determinan tipos zonales de vegetación.

La priorización de áreas potenciales de restauración a nivel local y/o regional no tienen para el país una ruta metodológica estandarizada de posible comparación entre unidades de paisaje o para la unidad de paisaje, estos esfuerzos se centran en la formulación puntual de los proyectos a partir de la evaluación de variables biogeográficas.

En este sentido, se presenta una metodología de clasificación y priorización de áreas para la toma de decisiones en el desarrollo de proyectos de restauración a escala de paisaje local y regional aplicándola en dos ecosistemas de características biofísicas diferenciadas y que corresponden a los dos biomas más degradados en Colombia (Orobiomas Andinos páramos zonobiomas de Bosque seco tropical).

La propuesta de evaluación del potencial de restauración ecosistémica a escala de paisaje recoge la metodología desarrollada por la fundación Guaya canal (Salamanca & Camargo 2000). Esta evalúa factores biofísicos, históricos y sociales; pero adicionalmente en este trabajo se incluyen variables de conectividad funcional que permiten integrar la potencialidad y la priorización de áreas de restauración en el marco del paisaje estudiado.

La generación de una metodología en este sentido puede ser una herramienta para la toma de decisiones en la selección de áreas a restaurar en un escenario donde se deben focalizar los esfuerzos de implementación en una relación costo beneficio más eficiente, en la permanente búsqueda de garantizar servicios ecosistémicos (especialmente de soporte y regulación) y conservación de la biodiversidad en un escenario de degradación como los que se presentan en los dos ecosistemas analizados en el presente estudio (Fotografía 1).

Instituciones encargadas de la conservación en Colombia como las Corporaciones Autónomas, el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, institutos estatales de investigación y organizaciones no gubernamentales podrían incluir esta metodología, para orientar los planes estratégicos y medidas de acción con objetivos de conservación a escalas regionales y locales para la integración multiescalar con la zonificación y priorización nacional.

Esta propuesta metodológica sería aplicable en la selección de áreas de intervención en los planes de compensación ambiental asociados con las obras de interés regional y nacional y en la focalización de esfuerzos y recursos para la restauración ecosistémica en áreas protegidas. Por otra parte, sería una aproximación a la necesidad de intervención humana requerida y por ende de los costos financieros por asumir según el potencial identificado en las dos áreas de estudio.

Se presenta entonces a continuación: los objetivos planteados, una breve descripción de las características y localización de la cuadrícula de 9 km² seleccionada para las dos áreas de estudio, las fuentes y metodología propuesta, así como los resultados, discusión y conclusiones obtenidas.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Proponer una metodología de priorización y determinación del potencial de restauración ecosistémica a escala de paisaje mediante su aplicación en dos áreas en los biomas de bosque seco tropical y páramo.

3.2. Objetivos específicos

- Describir una ruta metodológica que integre variables físicas, bióticas, sociales y de conectividad para aplicar en dos unidades de paisaje seleccionadas.
- Generar los mapas de teselas planteados en la metodología por potencial de restauración y conectividad funcional para los dos paisajes.
- Analizar los resultados y las rutas de abordaje por potencial resultante.
- Analizar la aplicabilidad de la metodología como herramienta de priorización y determinación de potencial de restauración de conformidad a los resultados obtenidos

4. Descripción del área de estudio

Los paisajes seleccionados corresponden a un cuadrado de 3 kilómetros de lado para el bioma de Bosque seco tropical en el predio Los Charcos Tolviejo Sucre, en la costa Caribe colombiana, y para el bioma de páramo en el municipio de Vetás-Santander, en la región andina (ver figuras 1 y 2).

4.1. Paisaje Tolviejo

De acuerdo con el Mapa de Ecosistemas de Colombia (IDEAM et al. 2007), el ecosistema del predio Los Charcos corresponde al Gran Bioma de Bosque Seco, en la costa Caribe colombiana. Éste se encuentra a lo largo de la planicie costera, desde el Sur del departamento de la Guajira hasta el departamento de Córdoba, así como en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El área corresponde a la zona de los Valles del río Sinú, alto San Jorge, Delta Urabá y Sabanas Caribe.

El bosque seco tropical (en adelante **BsT**) es considerado uno de los ecosistemas más amenazados del mundo. Sin embargo, es también uno de los menos estudiados. El BsT en

Colombia se encuentra en estado crítico de fragmentación y deterioro, donde se ha perdido más del 90% de este ecosistema; por ende, su biodiversidad corre peligro inminente de desaparecer, quedando menos del 4% de la cobertura original de BsT maduro en el país. Otro 5% corresponde a lo que se puede denominar remanentes de BsT con algún grado de intervención, lo cual quiere decir que más del 90% de los BsT del país han sido talados. Más del 60% de estas tierras deforestadas se encuentran actualmente bajo usos agrícolas o ganaderos y lo preocupante es que más del 70% de estas tierras presentan degradación y erosión, y más del 65% desertificación (Pizano & García, 2014).

Existe una necesidad de restaurar el BsT y sus servicios ecosistémicos, los bosques secos estabilizan los suelos, previenen la erosión y regulan el agua, evitando la desertificación y aseguran la productividad de los sistemas agrícolas, ganaderos y naturales asociados (Pizano & García, 2014).

4.1.1. Localización

La Hacienda Los Charcos se encuentra localizada en el centro-occidente del municipio de Tolviejo, departamento de Sucre, a 4 km por la vía de Tolviejo a Santiago de Tolú. Su posición geográfica y el cuadro de paisaje seleccionado se observa en la Figura 1 y Tabla 1. La región donde se encuentra está enmarcada por el occidente con la costa Caribe, exactamente el Golfo de Morrosquillo y por el oriente con la Serranía de San Jacinto que en este sector es más conocida como Montes de María.

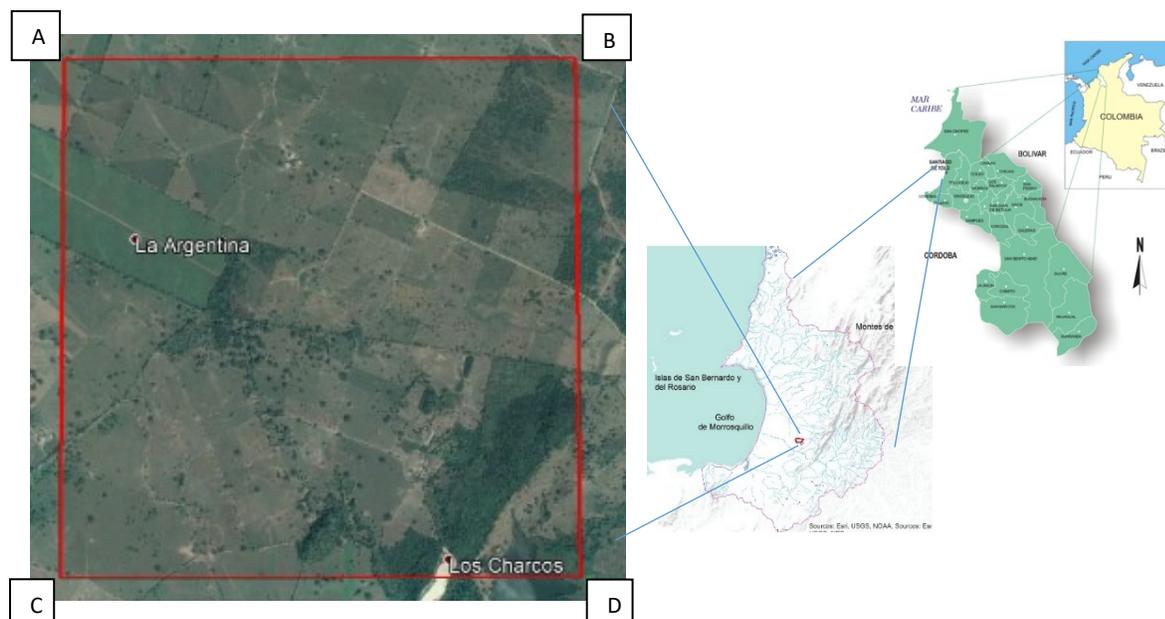


Figura 1 Ubicación geográfica de la unidad de paisaje por evaluar Tolviejo en un contexto regional (subzona hidrográfica afluentes directos Caribe - Golfo de Morrosquillo)

Fuente: John Cárdenas, Fundación Guayacanal (2019).

Tabla 1 Puntos de ubicación unidad de paisaje Toluviejo

Puntos	Nortes	Estés
A	8403208.76	1063495.97
B	8400156.80	1063519.81
C	8403184.80	1060412.44
D	8400132.94	1060436.12

Fuente: John Cárdenas, Fundación Guaya canal (2019) Sistema de referencia Magna Sirgas/zone Bogotá.

4.2. Paisaje Vetas

El área Vetas está ubicada en el bioma de páramo, que sufre actualmente una fuerte demanda productiva, extractiva y un crecimiento poblacional que han generado rápidas y significativas tasas de transformación en áreas estratégicas para la provisión de agua potable. El páramo es un ecosistema presente en regiones tropicales de alta montaña, por debajo de las nieves perpetuas y encima de los bosques, el 99 % de los páramos del mundo se encuentran en la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Colombia pasando por Ecuador, y en la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia. En estas regiones, se observa como margen superior del páramo (superpáramo) en donde la vegetación no existe, mientras en el límite inferior (subpáramo o franja altoandina) existe una zona de transición entre el bosque y la región paramuna, considerada como la zona con la mayor diversidad y los más altos niveles de endemismo vegetal (Garavito Rincón, 2015).

El área Vetas está ubicado en este bioma de páramo estratégico para la provisión de agua potable la cual presenta una demanda productiva, extractiva y rápido crecimiento poblacional.

4.2.1. Localización

El municipio de Vetas está ubicado en la cordillera oriental, en la provincia de Soto del departamento de Santander. También, forma parte del macizo de Santurbán y de la cuenca del río Lebrija, en un rango altitudinal que va desde los 2.150 hasta los 4.250 m.s.n.m, aproximadamente. Por otro lado, su cabecera municipal tiene 14,62 ha, está a los 3.350 m.s.n.m. y su ubicación geográfica es de 07°18'41" de latitud norte y 72° 52' 20" de longitud oeste (EOT, Vetas 2014; ver figura 2 y tabla 2).

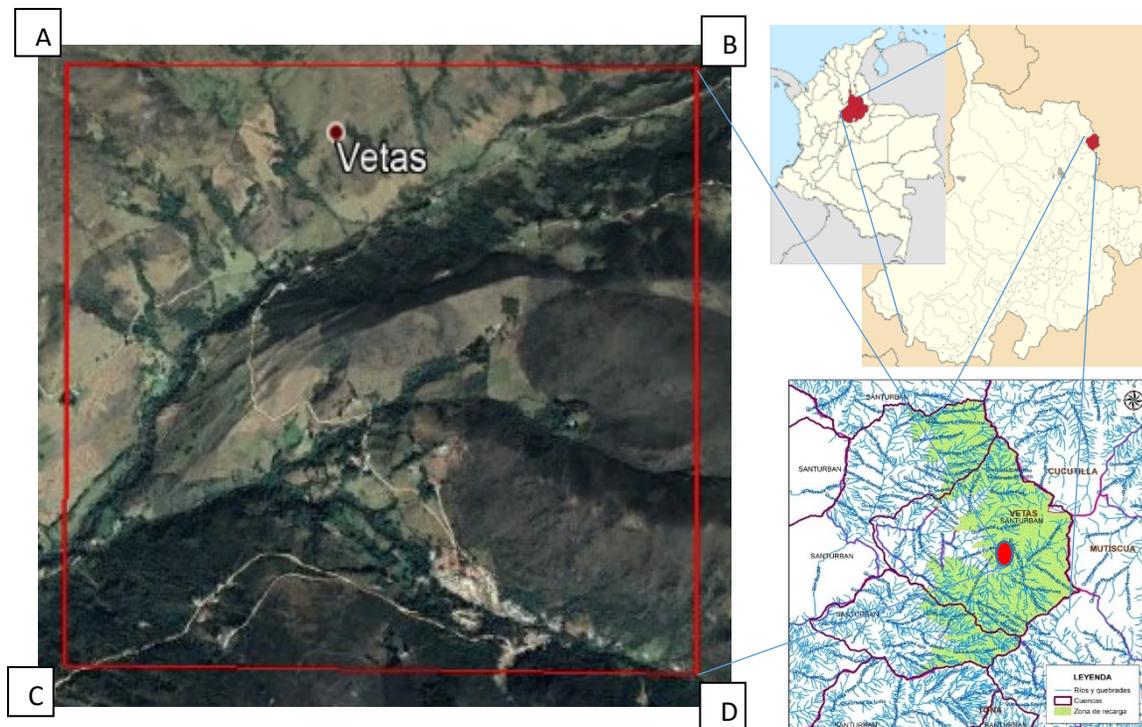


Figura 2 Ubicación geográfica de la unidad de paisaje por evaluar Vetas contexto subzonas hidrográficas objeto de estudio.

Fuente: John Cárdenas, Fundación Guayaacanal (2019).

Tabla 2 Puntos de ubicación unidad de paisaje Vetas

Puntos	Nortes	Estés
A	8113667.42	820140.90
B	8110604.64	820140.87
C	8113667.44	817140.89
D	8110604.62	817140.90

Fuente: John Cárdenas, Fundación Guayaacanal (2019) Sistema de referencia Magna Sirgas/zone Bogotá.

5. Diseño Metodológico

Como ya se ha mencionado, se seleccionaron para los dos ecosistemas (bosques seco y páramo) las áreas mediante la generación de un cuadro de paisaje para cada una de tres (3) kilómetros de lado (Figura 1, Figura 2) donde se evalúan variables físicas, bióticas y sociales y la priorización de teselas en el contexto de la potencialidad y de la conectividad funcional. Se presenta la metodología planteada (Figura 3).

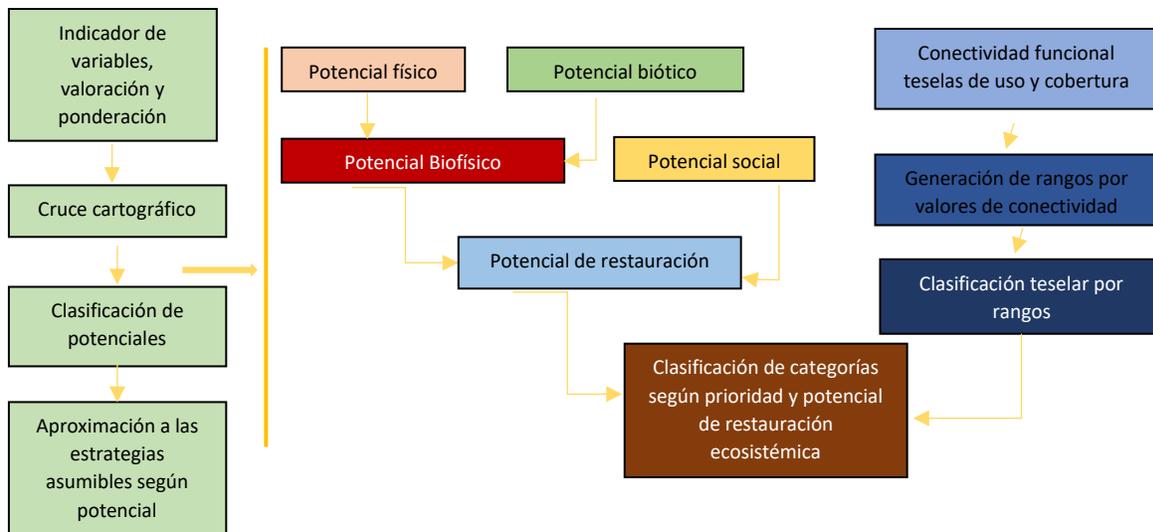


Figura 3 Ruta metodológica determinación de potencial de restauración ecosistémica propuesta
 Fuente: John Cárdenas. Modificada de Fundación Guayaacanal, 2018

Para llevar a cabo la estimación del Potencial de Restauración, se realizó un análisis multicriterio que permitió ponderar y jerarquizar variables asociadas a las potencialidades ecosistémicas y de esta manera obtener una zonificación para las unidades de paisaje.

La zonificación de zonas con alto, medio y bajo potencial de restauración está basada en lo propuesto por Salamanca & Camargo (2000), tomando las variables y características biofísicas y sociales territoriales.

El potencial de restauración se ve influenciado en gran parte por las condiciones físicas del área que se esté estudiando. Así por ejemplo, las pendientes afectan los procesos bióticos y sociales, favoreciendo o dificultando los eventos de sucesión natural y las áreas de cobertura natural; las teselas localizadas en zonas de difícil acceso, podrían tener un potencial más alto, debido a que pueden ser recuperados mediante procesos de conectividad y/o sucesión inducida (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Los indicadores de calificación de las variables por potencial se ponderaron con valores máximos para los potenciales según la Figura 4.

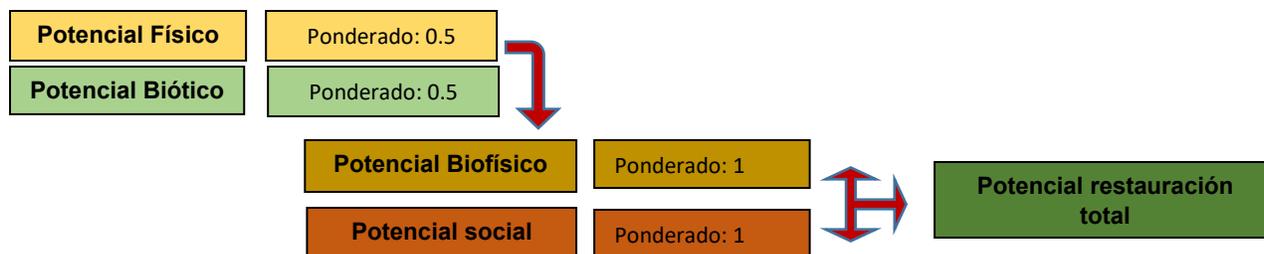


Figura 4 Valores cuantificables por potencial considerados
 Fuente: John Cárdenas. Modificada de Fundación Guaya canal, 2018

De los resultados obtenidos (alto, medio y bajo potencial de restauración) se cruzaron con los valores obtenidos para las teselas de cobertura según su conectividad funcional por rangos de alto, medio y bajo valor, con lo que se obtienen diferentes relaciones con la que se propondrán diferentes alternativas de abordaje (Tabla 3).

Tabla 3 Matriz general de evaluación

Potencial restauración total	Conectividad funcional	Potencial resultante ruta de abordaje
Alto	Alto	Alto 1
Alto	Medio	Alto 2
Alto	Bajo	Alto 3
Medio	Alto	Alto 4
Medio	Medio	Medio 1
Medio	Bajo	Bajo 1
Bajo	Alto	Medio 2
Bajo	Medio	Bajo 2
Bajo	Bajo	Bajo 3

Fuente: John Cárdenas. Modificada de Fundación Guaya canal, 2019

A continuación se describen las variables e indicadores usados para el cálculo del potencial de cada uno de los componentes y la valoración de la conectividad funcional. Para la construcción de la información cartográfica se utilizó el software libre QGIS version 3.4 y 2.4³

5.1. Potencial Físico

El potencial físico viene dado por diferentes factores: climáticos, hídricos, balance hídrico, relieve, geológicos, geomorfológicos, pendientes y suelos, entre otros (Corzo Ramírez, Jerena, & Rubio Mendoza, 2012). Su combinación configura los paisajes donde la sociedad realiza sus actividades y las comunidades vegetales se especializan de acuerdo con las características de

³ Versión 2.4 para el cálculo de conectividad

la región, siendo factores claves para el desarrollo de cualquier proceso de restauración ecológica.

Recopilada la información relevante de clima, relieve geomorfología, suelos y pendientes las cuales inciden en la oferta física de la restauración ecológica y las cuales están acordes con las variables físicas escogidas, (Corzo Ramírez, Jerena, & Rubio Mendoza, 2012). Éstas se ponderaron por variable e indicador siguiendo una tabla de valoración y fuente (ver Tabla 4):

Tabla 4. Variables para la elaboración del Potencial físico

Variable	Cartografía fuente	Características	Descripción	Oferta Física	Valor de Indicador	
Hidrografía	Hidrográfico, cursos y cuerpos de agua superficiales EOT ⁴	Con Ronda en ríos y quebradas	Se asumió Ronda como de 50 metros incrementando el área forestal en 20 mts conforme al área forestal protectora o el área máxima de ronda propuesta por el Decreto Ley 2811 de 1974, Decreto 1449 DE 1977 y la Ley 1450 de 2011 reglamentada por el Decreto 2245 de 2017	Alta	0.125	
		Sin Ronda ríos y quebradas	Esta área no se encuentra dentro de la definición de Ronda propuesta por la legislación en especial el Decreto 2245 de 2017	Baja	0.02	
		Con Ronda hídrica en lagos y lagunas	Se asumió Ronda como de 50 metros conforme al área forestal protectora o el área máxima de protección propuesta para áreas de nacimiento según el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 1450 de 2011 reglamentada por el Decreto 2245 de 2017	Alta	0.125	
		Sin Ronda hídrica en lagos y lagunas	Esta área no se encuentra dentro de la definición de Ronda propuesta por la legislación en especial el Decreto 2245 de 2017	Baja	0.125	
Forma del terreno	Modelo digital de elevación, resolución 10mts	Cóncavo	Terrenos de poca altura configuración alargada y cima redondeada	Alto	0.125	
		Convexo	Terrenos de pendientes alargados e inclinados	Bajo	0.02	
Pendiente (Grados)		0-10	Plana a inclinada	Alta	0.125	
		10-30	Inclinada a fuertemente inclinada	Media	0.08	
		>30	Fuertemente inclinada a escarpadas	baja	0.02	
		Caracterización taxonómica de suelo	Mapa Suelos IGAC ⁵	Vetas	MEAg	Con orden taxonómico Lithic Cryorthents.
MHBg	Están clasificados como: Lithic Humitropepts.				Baja	0.02
Toluviejo	MLBg			Suelos Typic Dystropepts y Andic Humitropepts;	Baja	0.02
	RWEa			Con orden taxonómico Vertic Ustropepts.	Media	0.08
	MWAF1		Asociación: Lithic Haplustolls; Typic Ustorhents	Media	0.08	
	PWBa		Asociación: Vertic Tropaquepts; Vertic Ustropepts	Baja	0.02	
SD	Suelos degradados		Baja	0.02		

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Según el valor de indicador obtenido de la variable evaluada por capa cartográfica (Tabla 4) se genera una superposición topológica aditiva⁶ (QGIS.org, 2019) obteniendo entonces un valor resultante de suma de indicadores, los cuales se dividen en categorías de bajo, medio y alto potencial físico (Tabla 5), los valores seleccionados fueron asignados teniendo en cuenta que se tomaron 4 variables de análisis y el máximo valor resultante propuesto fue de 0.5 (Figura 4) por

⁴ Esquema de ordenamiento territorial municipal

⁵ Instituto Geográfico Agustín Codazzi

⁶ Función QGIS: intersección vectorial

lo que el máximo por variable fue la cuarta parte correspondiente (0.125), para el caso del menor valor se consideró importante asignar un valor positivo superior a 0 en este caso 0.02.

Tabla 5 Categorización de indicadores potencial físico

Valores posibles de las variables Potencial físico									
Hidrográfico		Forma de terreno		Pendiente		Suelos		Resultante	
0,125	Alto	0,125	Alto	0,125	Alto	0,08	Medio	0,455	Alto
0,125	Alto	0,125	Alto	0,08	Medio	0,08	Medio	0,41	Alto
0,125	Alto	0,125	Alto	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,395	Alto
0,125	Alto	0,125	Alto	0,08	Medio	0,02	Bajo	0,35	Alto
0,02	Bajo	0,125	Alto	0,125	Alto	0,08	Medio	0,35	Alto
0,125	Alto	0,02	Bajo	0,125	Alto	0,08	Medio	0,35	Alto
0,125	Alto	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,35	Alto
0,02	Bajo	0,125	Alto	0,08	Medio	0,08	Medio	0,305	Alto
0,125	Alto	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,08	Medio	0,305	Alto
0,02	Bajo	0,125	Alto	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,29	Medio
0,125	Alto	0,02	Bajo	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,29	Medio
0,125	Alto	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,29	Medio
0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,125	Alto	0,08	Medio	0,245	Medio
0,02	Bajo	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,245	Medio
0,125	Alto	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,245	Medio
0,02	Bajo	0,125	Alto	0,08	Medio	0,02	Bajo	0,245	Medio
0,125	Alto	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,02	Bajo	0,245	Medio
0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,08	Medio	0,2	Medio
0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,185	Bajo
0,02	Bajo	0,125	Alto	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,185	Bajo
0,125	Alto	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,185	Bajo
0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,14	Bajo
0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,08	Medio	0,02	Bajo	0,14	Bajo
0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,08	Bajo

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

5.2. Potencial Biótico

Para determinar el Potencial Biótico se plantean como variables a considerar: 1) los tipos de cobertura de la tierra según su naturalidad, y 2) el tamaño de las áreas manejadas y seminaturales, por indicar la posibilidad de arribo de propágulos de especies nativas de las áreas naturales aledañas, que faciliten el proceso de restauración (Tabla 6).

De esta manera, se considera con potencial biótico alto las áreas con tipo de cobertura natural, ya que poseen mayor fuente de propágulos de especies nativas, con potencial biótico medio las áreas con tipo de cobertura de uso y ocupación humana de tamaño pequeño (áreas menores de 2 Ha), pues por su tamaño permiten que se dé la dispersión de especies nativas en su interior; y con potencial biótico bajo, las áreas con tipo de cobertura de más de 2 hectárea pues su tamaño constituye un limitante para la dispersión de especies nativas en su interior.

Tabla 6 Criterios y valores para variable cobertura potencial biótico

Variable	Criterio	Indicador	Potencial	Valor	Cartografía de entrada	Factor por potencial
Cobertura	Regeneración y/o naturales	Coberturas naturales según Corine Land Cover	Alto	0.5	Mapa de coberturas	0.5
	Con uso y ocupación actual	Áreas de 2 hectáreas o menos	Medio	0.32		
		Áreas grandes más de 2 ha y/o cascos urbanas	Bajo	0.08		

Fuente: Fundación Guaya canal 2018

5.3. Potencial Social

Se identificaron las dinámicas sociales que influirían directamente sobre el proceso de restauración comparando el Uso Potencial y el Uso Actual⁷, con lo que se determina un escenario de conflicto, adicionalmente la comparación de coberturas de años anteriores con la cobertura actual para aproximarse a las dinámicas de uso y ocupación asociadas a los sistemas de producción territorial.

En el indicador del conflicto de uso, entre el interés de uso actual y el interés de uso proyectado, se considera que las áreas con coberturas naturales y uso proyectado de protección son de potencial alto, las áreas con coberturas naturales y uso proyectado humano de potencial social medio, debido a que su potencialidad económica y aprovechamiento de recursos podría limitar la apropiación de actividades de restauración en dichas áreas.

Las áreas con coberturas de uso humano y proyectado de conservación y aquellas de uso actual natural y proyectado de urbanismo se consideraron de potencial social bajo, debido a que esto implica la transformación de la cobertura vegetal en una cobertura transformada y según el caso, una dependencia económica y de sustento actual de los actores territoriales.

Tabla 7 Criterios y valores para potencial social

Variable	Criterio	Potencial	Valor	Factor por potencial
Conflicto de uso	Uso actual natural y proyectado conservación	Alto	0.5	1
	Uso actual natural y proyectado agrícola y minero	Medio	0.25	
	Uso actual natural y proyectado urbano y uso actual agropecuario y/o minero y proyectado conservación	Bajo	0.02	
Historia de uso y ocupación humana	Cobertura inicial natural y final	Alto	0.5	
	Cobertura intervención humana inicial y natural final	Medio	0.25	
	Cobertura uso humano inicial y final cobertura natural inicial y de uso humano final	Bajo	0.02	

Fuente: Fundación Guaya canal 2018

⁷ Superposición, función QGIS: intersección vectorial

De la superposición de las capas para las variables se generaron rangos por el valor de la sumatoria de indicadores para clasificar el potencial social en tres categorías (Tabla 8), los valores seleccionados fueron asignados teniendo en cuenta que se tomaron 2 variables de análisis y el máximo valor resultante propuesto fue de 1 (Figura 4) por lo que el máximo por variable correspondiente a la mitad (0.5), para el caso del menor valor se consideró importante asignar un valor positivo superior a 0 en este caso 0.02.

Tabla 8 Categorización de indicadores potencial social

Valores de las variables potencial social					
Conflicto de uso (A)	Valor (A)	Historia de uso y ocupación (B)	Valor (B)	Potencial social (A+B)	Valor (A+B)
Alto	0,5	Alto	0,5	Alto	1
Medio	0,25	Alto	0,5	Alto	0,75
Alto	0,5	Medio	0,25	Alto	0,75
Bajo	0,02	Alto	0,5	Medio	0,52
Alto	0,5	Bajo	0,02	Medio	0,52
Medio	0,25	Medio	0,25	Medio	0,5
Medio	0,25	Bajo	0,02	Bajo	0,27
Bajo	0,02	Medio	0,25	Bajo	0,27
Bajo	0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,04

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guayacanal, 2019

5.4. Conectividad Funcional

Para evaluar la contribución de las teselas a la conectividad desde el análisis de grafos donde se desarrollaría el índice no paramétrico **dPC**, entendido como la probabilidad de que dos puntos aleatorios puedan conectarse (Saura y Torné, 2009), estimando un rango de distancia media de dispersión de 300 mts (al asociarse a grupos funcionales más puntuales de conformidad a las particularidades del territorio o estudios más detallados, dicha distancia podría variar entre los 50 y los 1000 mts) (De la Cruz & Maestre, 2013).

Para los valores de dPC se calcula: **dPC intra**, que corresponde al índice de área disponible por tesela, **dPC flux** corresponde al flujo de dispersión ponderado en el área a través de las conexiones de la tesela hacia o desde todas las otras teselas en el paisaje y en su posición dentro de la red de paisaje y **dPC connector** es la contribución de la tesela a la conectividad entre otras teselas de hábitat como elemento de conexión o escalón entre ellas (una determinada tesela hará contribuir solo cuando es parte de la mejor probabilidad de conexión para la dispersión entre otras teselas) (Conefor, 2019).

DPC entonces es la sumatoria de: **dPC intra + dPC flux + dPC connector**

Con los valores obtenidos por tesela se asignarán valores por rangos de baja, media y alta prioridad de la tesela en relación a su potencial de conectividad en el paisaje.

Para la generación de los valores dPC por tesela de cobertura y uso se utilizó el software Conefor 2.6 (Conefor, 2019) atributos que se cargan a la capa mediante el complemento Conefor input disponible en el software QGIS 2.4 (QGIS.org, 2019).

6. Resultados y análisis

6.1. Toluviéjo

6.1.1. Potencial Físico

La variable de potencial hídrico está en relación directa a la cantidad de cuerpos de agua superficial existentes. Para este paisaje, el área de ronda hídrica potencial es de 162.65 hectáreas correspondiente al 15.4%. Para el caso de tipos de suelos según clasificación IGAC (IGAC, 1998) el 44% y 46% es de mediano potencial y bajo potencial respectivamente. Respecto a las pendientes, el 98% del área tiene pendientes inferiores al 30%; y respecto a la forma, el 55% es cóncavo lo que está clasificado como de alta potencialidad según la Tabla 4 (Figura 5).

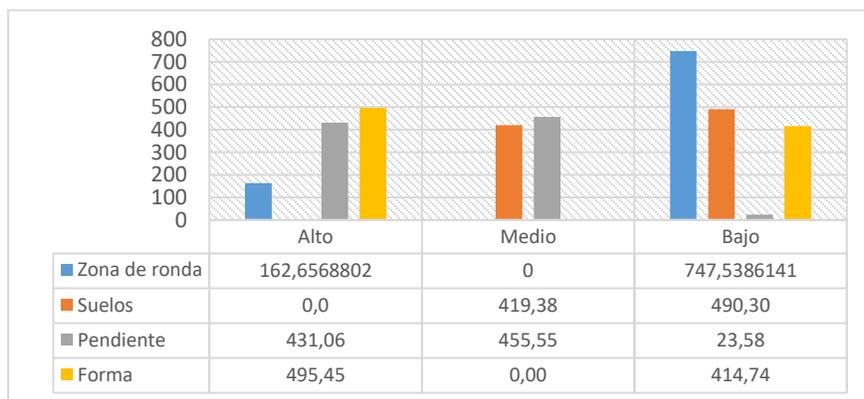


Figura 5 Área por variable según su potencialidad física Toluviéjo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

La suma de los indicadores generan diferentes valores numéricos resultantes, los cuales fueron categorizados en rangos de valoración (Tabla 9) por ejemplo, en un mismo rango de alto potencial físico el área nombrada como “0.455alto” presenta las mejores características para las cuatro variables (13% del área) y otra área (0.305Alto) presenta las mejores características sólo para las características de tipo de suelo y forma de terreno con el 15 % del área (Figura 6).

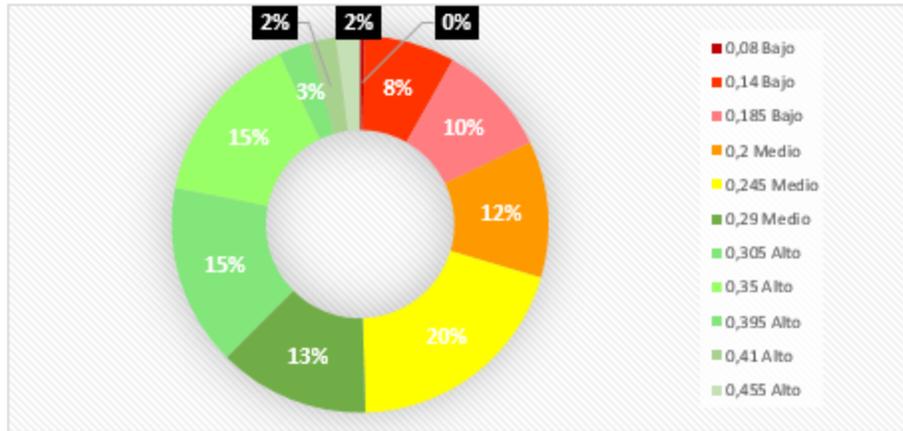


Figura 6 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables del potencial físico Toluvejo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Desde las variables físicas analizadas, el 38% del área es de alto potencial y el 18% de bajo potencial, principalmente debido a la forma y la pendiente de terreno. El tipo de suelo, particularmente para esta unidad de paisaje, representó las diferencias en los valores obtenidos para los rangos de medio y alto potencial (Tabla 9). En la Figura 7 se observa la distribución espacial de los potenciales obtenidos (Anexo 1 Mapa de potencial físico, Toluvejo).

Tabla 9 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial físico

Indicador tipo de suelo (A)	Indicador pendiente de terreno (B)	Indicador forma de terreno (C)	Indicador ronda de ríos (D)	A+B+C+D	Valor cualitativo	Área en hectáreas	%
0,02	0,02	0,02	0,02	0,08	Bajo	3,64	18%
0,08	0,02	0,02	0,02	0,14	Bajo	70,81	
0,02	0,125	0,02	0,02	0,185	Bajo	88,10	
0,08	0,08	0,02	0,02	0,2	Medio	106,46	44%
0,08	0,125	0,02	0,02	0,245	Medio	181,65	
0,02	0,125	0,125	0,02	0,29	Medio	117,99	
0,08	0,08	0,125	0,02	0,305	Alto	141,63	38%
0,08	0,125	0,125	0,02	0,35	Alto	135,50	
0,02	0,125	0,125	0,125	0,395	Alto	23,77	
0,08	0,08	0,125	0,125	0,41	Alto	21,24	
0,08	0,125	0,125	0,125	0,455	Alto	18,76	

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

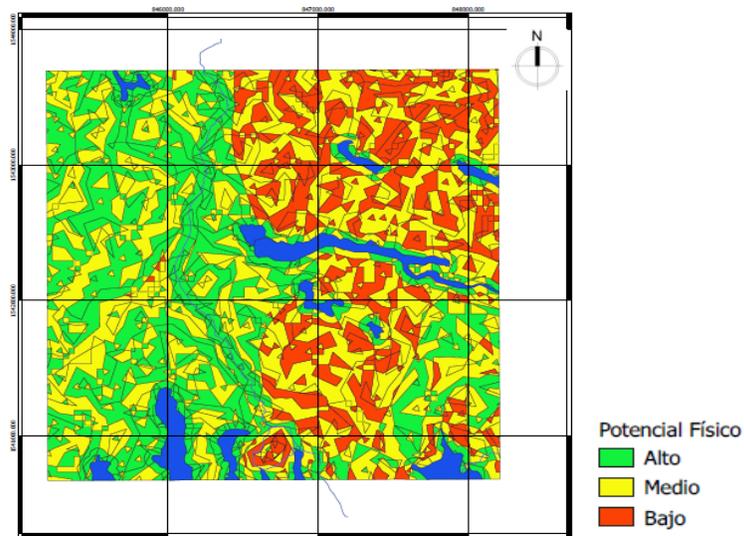


Figura 7 Salida gráfica potencial físico Toluvejo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.1.2. Potencial Biótico

La caracterización de téslas por cobertura y uso se puede hacer a diferentes niveles de detalle. Para este estudio la determinación del potencial biótico se centró en variables de uso del suelo y tamaño de tesela (Tabla 6). En Toluvejo, el principal uso de la unidad de paisaje es de manejo de ganadería extensiva y de producción agroindustrial supone un 78% del área y es valorada como de Potencial Bajo (en adelante **PB**). Existen también unas coberturas naturales relictuales de **BsT** (Pizano & García, 2014) que representan el 21% de la unidad (Figura 8).

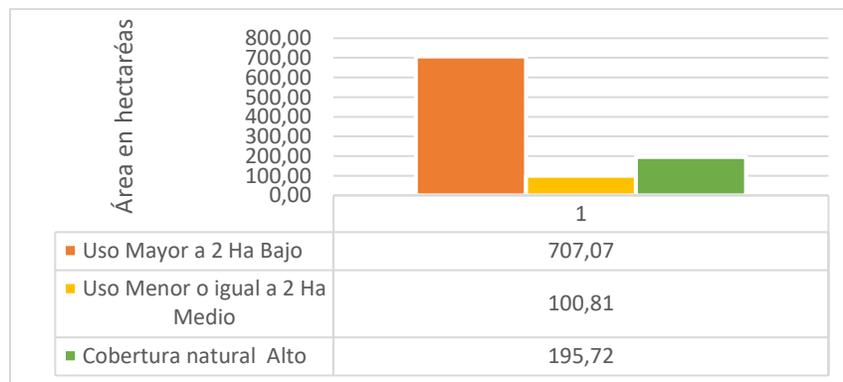


Figura 8 Áreas por indicador de variable potencial biótico Toluvejo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

En la Figura 9 se puede observar la unidad de paisaje (en adelante **UP**) con la cobertura y uso de teselas y la ubicación espacial del potencial biótico donde se puede evidenciar un predominio de **PB**, en rojo (Anexo 2. Mapa de potencial biótico, Toluvejo).

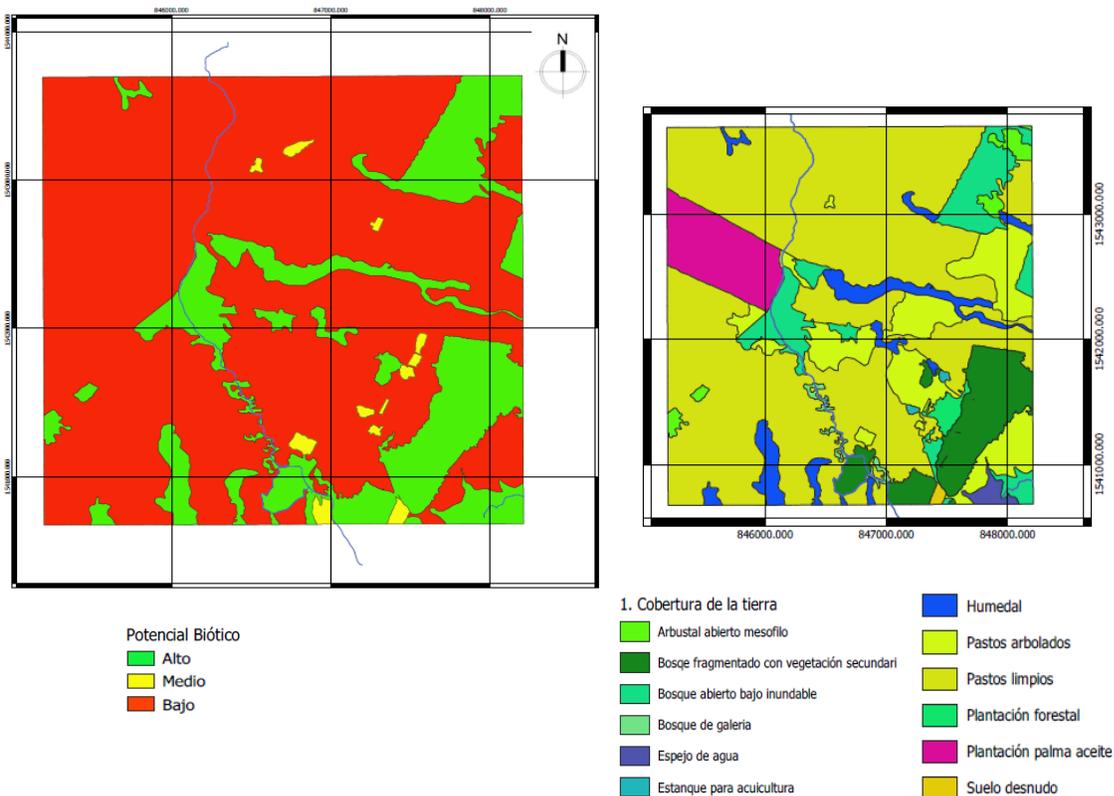


Figura 9 Salida gráfica potencial de restauración biótica Tolu Viejo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya Canal, 2019

6.1.3. Potencial Biofísico

En el desarrollo metodológico se integró el potencial físico con el potencial biótico. El valor máximo del indicador para cada uno de los potenciales fue de 0.5 (Figura 4). Se obtuvieron entonces unos valores agrupados por rangos de potencial (Tabla 10); el 18 % está en el rango de alto potencial con 166,15 hectáreas, distribuidas a su vez en tres subniveles.

Tabla 10 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial biofísico

Ponderación Indicador Biótico (B)	Valor cualitativo Biótico	Ponderación indicador Físico (A)	Valor cualitativo Físico	Indicador biofísico A+B	Valor cualitativo Biofísica	Área	%	
0,08	Bajo	0,08	Bajo	0,16	Bajo	130,03	458,55	50%
0,08	Bajo	0,32	Medio	0,4	Bajo A	325,41		
0,32	Medio	0,08	Bajo	0,4	Bajo B	3,11		
0,5	Alto	0,08	Bajo	0,58	Medio	30,57	287,33	32%
0,08	Bajo	0,5	Alto	0,58	Medio	251,09		
0,32	Medio	0,32	Medio	0,64	Medio	5,67		
0,5	Alto	0,32	Medio	0,82	Alto A	76,35	166,15	18%
0,32	Medio	0,5	Alto	0,82	Alto B	1,29		
0,5	Alto	0,5	Alto	1	Alto	88,51		

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya Canal, 2019

Se encontró un predominio del 50% en **PB** y un 18% de potencial Alto (en adelante **PA**) el cual incluye tres combinaciones entre los indicadores (“1 Alto, 0.82Alto B. 0.82Alto A), se puede observar que para el indicador “0.82 Alto A” el potencial biótico es **PA** y el potencial Físico es potencial Medio (en adelante **PM**) (Tabla 10, Figura 10).

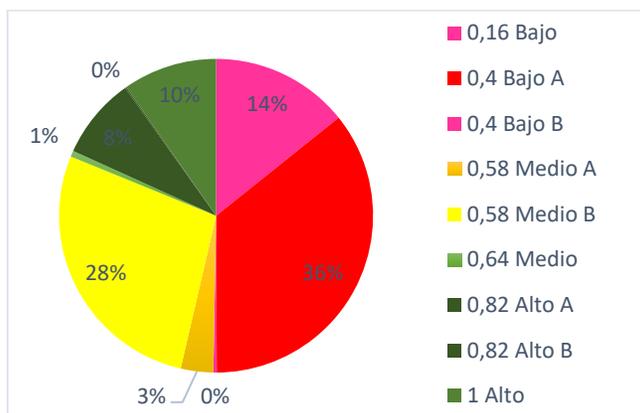


Figura 10 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables potencial físico y biótico Toluvejo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

En la Figura 11 se puede observar la distribución espacial del potencial biofísico para la **UP** Toluvejo (Anexo 3 Mapa de potencial Biofísico, Toluvejo).

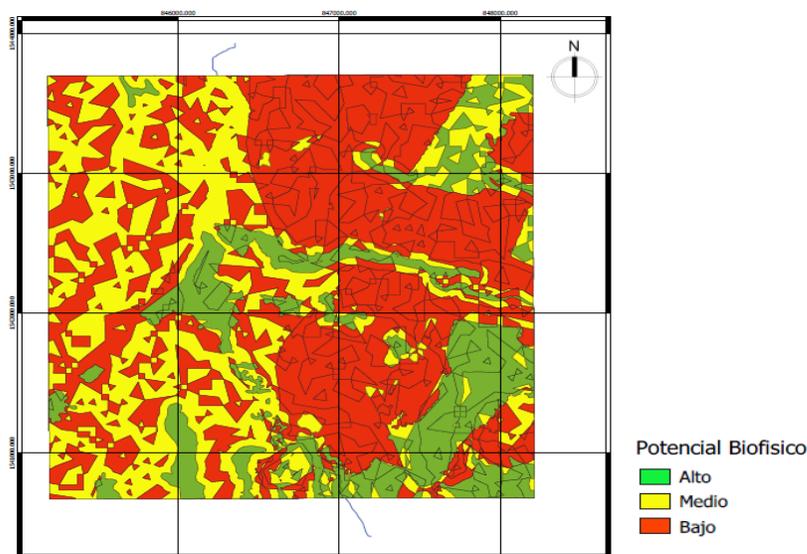


Figura 11 Salida gráfica potencial de restauración Biofísico Toluvejo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.1.4. Potencial Social

En la selección de variables se desarrolló el componente de historia de uso y ocupación comparando el mapa de coberturas del año 2007 (IDEAM 2007) con el actual. Además, se

determinó el conflicto de uso, superponiendo el mapa de uso y ocupación actual con el proyectado para el municipio (Alcaldía Municipal de Toluviéjo, 2014).

El uso y ocupación actual de producción de ganadería extensiva y producción agroindustrial modifican los indicadores y representan un 92 % **PB** para la variable de historia de uso y ocupación y un 79% para conflicto de uso (Figura 12).

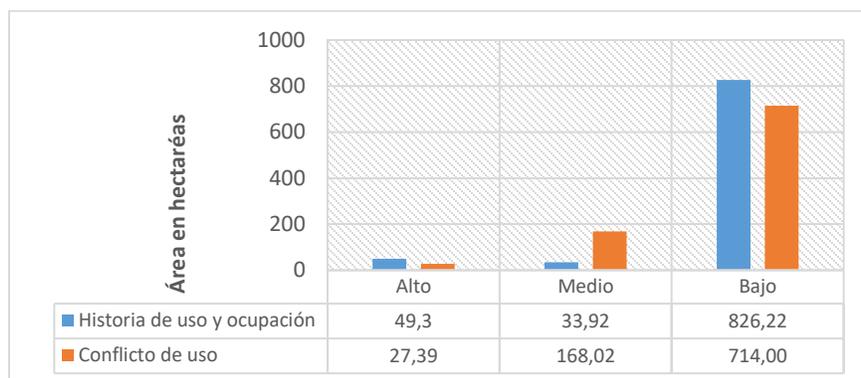


Figura 12 Área por variable según su potencialidad social Toluviéjo

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Para el caso del **PA** correspondiente al 5% del cual 32,6 hectáreas tenían y tienen un uso natural y proyectan un uso agropecuario y 16,6 hectáreas tenía, tiene y proyectan uso natural (Tabla 11).

Tabla 11 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial social (Toluviéjo)

Ponderación indicador historia de uso y ocupación (A)	Valoración cualitativa (A)	Ponderación indicador conflicto de usos (B)	Valoración cualitativa (B)	Indicador social (A+B)	Valoración cualitativa (A+B)	Área Ha	%	
0,02	Bajo	0,02	Bajo	0,04	Bajo	692.826	849,54	93%
0,02	Bajo	0,25	Medio	0,27	Bajo	156.713		
0,02	Bajo	0,5	Alto	0,52	Medio	10.775	10,78	2%
0,5	Alto	0,25	Medio	0,75	Alto	32.659	49,43	
0,5	Alto	0,5	Alto	1	Alto	16.775		

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

En la Figura 13 Salida gráfica potencial de restauración social Toluviéjo se puede observar la distribución espacial del potencial social para la **UP** Toluviéjo (Anexo 4 Mapa de potencial social, Toluviéjo).

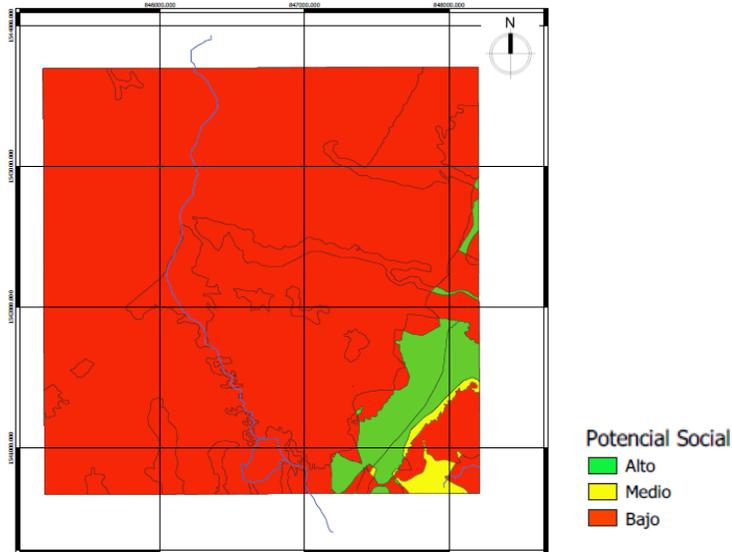


Figura 13 Salida gráfica potencial de restauración social Toluvejo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.1.5. Potencial total de restauración

El rasgo más destacado es el bajo potencial de restauración, condicionado fuertemente desde el componente social (dado el uso ganadero y agroindustrial dominante propio de la **UP** que relegó los bosques relictuales a los cerros de origen calcáreo de suelos de baja fertilidad y a los bosques riparios). Se observó que el indicador de baja pendiente está asociado con las teselas de uso agropecuario.

Se encontraron diferencias en cuanto a las áreas resultantes en la categoría “potencial total de restauración” bajo (Figura 14). Como apuntábamos, la diferencia de **PB** entre las variables bióticas y la resultante debe ser analizada por el peso relativo de las variables sociales.

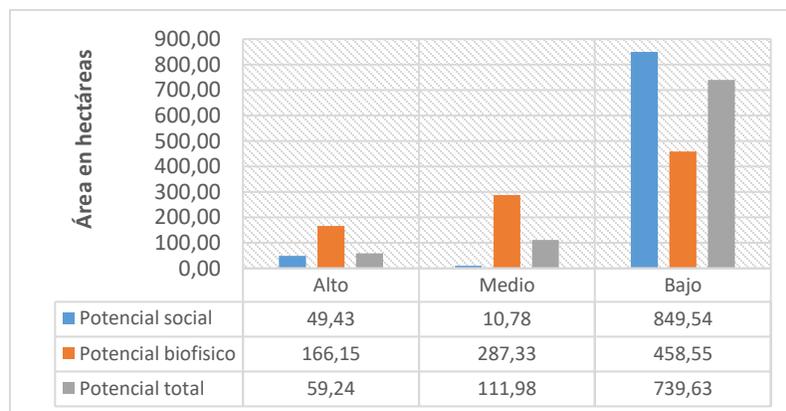


Figura 14 Área por potencial biofísico, social e integral
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Las áreas de **PM** y **PA** representan un 12% y 7% respectivamente de la **UP** (Tabla 12) valores que en su ubicación espacial toman algunas áreas de cobertura natural; sin embargo algunas áreas de **PB** están sobre coberturas riparias y algunos relictos boscosos por lo que se considera necesario analizar la pertinencia de las variables dentro del componente social para incluir herramientas de diagnóstico social directas.

Tabla 12 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial total

Indicador potencial Biofísico (A)	Valor cualitativo Biofísico(A)	Indicador Potencial social (A)	Valor cualitativa Social (A)	Indicador potencial total (A+B)	Indicador potencial total (A+B)	Área Hectáreas	%	
0,1	Bajo	0,1	Bajo	0,2	Bajo	457,37	739,63	81%
0,6	Medio	0,1	Bajo	0,7	Bajo	282,26		
1	Alto	0,1	Bajo	1,1	Medio	111,09	111,98	12%
0,6	Medio	0,6	Medio	1,2	Medio	0,89		
1	Alto	0,6	Medio	1,6	Alto	14	59,24	7%
1	Alto	1	Alto	2	Alto	45,24		

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

En la Figura 13 Salida gráfica potencial de restauración social Toluvié se puede observar la distribución espacial del potencial restauración total para la **UP** Toluvié (Anexo 5 Mapa de potencial total Toluvié).

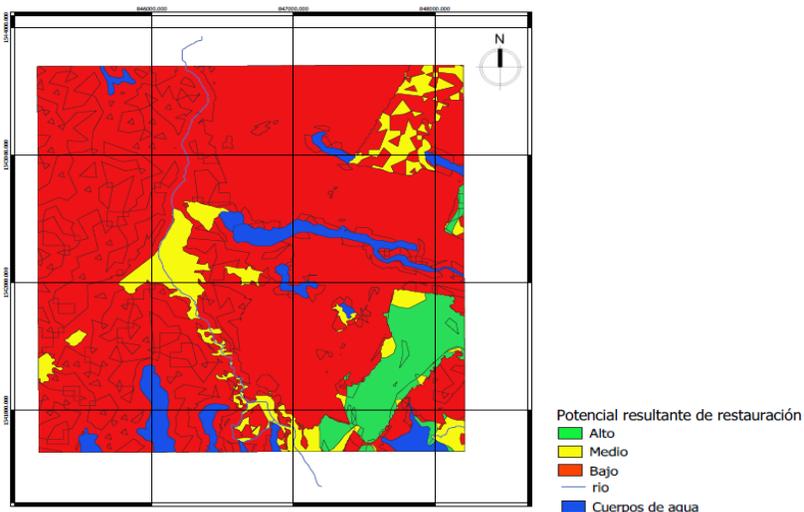


Figura 15 Salida gráfica potencial de restauración total Toluvié

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.1.6. Conectividad Funcional

Se identificaron dos teselas como de alto valor de conectividad principalmente por el DPC flux y DPC connector (Tabla 13), teselas relevantes por ser las más conectadas entre las demás teselas y además por servir de escalón entre otras teselas aisladas.

Tabla 13 Conectividad funcional Toluvejo

Potencial de conectividad	Área	Media dpc ⁸ intra (A)	Media dpc flux (B)	Media DPC Connector (C)	DPC (A+B+C)	No de teselas
Baja	430,61	0,2338	2,6094	1,5385	4,3816	63
Alta	481,8	3,5031884	20,63458475	13,82048198	37,958	2

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

La ubicación espacial de las teselas de **PA** de conectividad coincide con las áreas de producción agropecuaria y representan 481.8, hectáreas y 51% del área, mientras que las demás teselas fueron consideradas de **PB** para un total de 63 teselas (Figura 16).

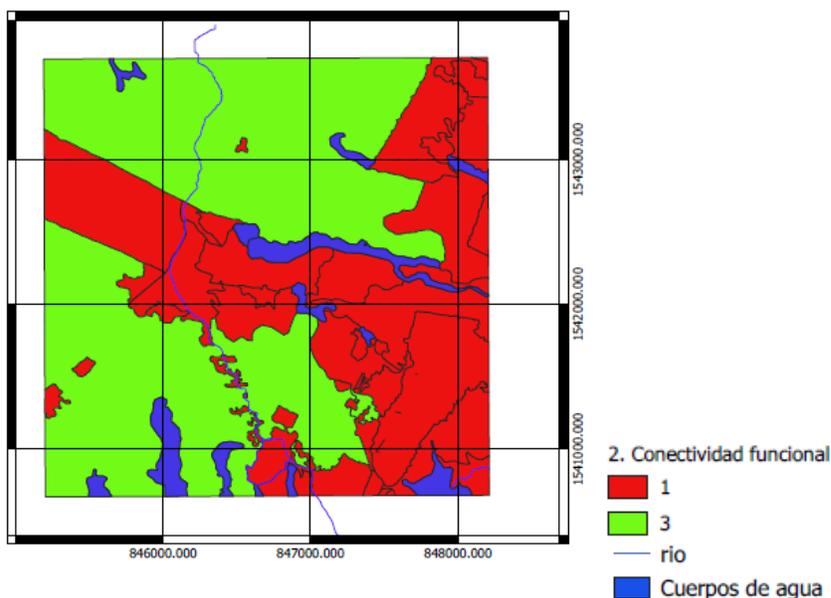


Figura 16 Salida gráfica conectividad funcional Toluvejo, 1 Baja 3. Alta

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.1.7. Potencial resultante restauración/conectividad y ruta de abordaje

Los rangos de alto, medio y bajo en la ruta de abordaje se clasifica de conformidad a los cruces obtenidos, por ejemplo la ruta “**Bajo1**” presenta **PM** de restauración y **PB** de conectividad con 112,12 hectáreas (Tabla 14, Figura 17), mientras que para “**Bajo3**” es **PB** de restauración y conectividad.

Lo anterior ejemplifica la necesidad que se propongan estrategias diferenciadas según los resultantes obtenidos para la **UP**, para el caso de **Bajo3** estas coinciden con áreas de producción agropecuaria y por ende las estrategias a proponer estarían enfocadas hacia la producción con estrategias de sostenibilidad ecosistémica para el manejo de los agrosistemas; para el caso

⁸ Valores no paramétricos por atributo DPC

Bajo1 estas áreas representan coberturas naturales afectadas principalmente por las variables sociales evaluadas.

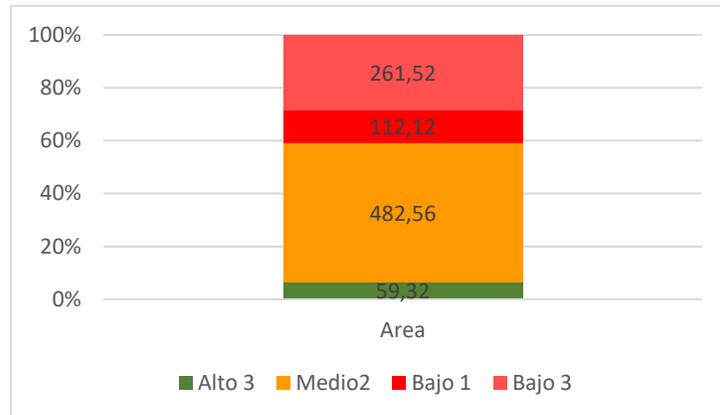


Figura 17 Área por ruta de abordaje
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

La ruta **Media2** requiere estrategias activas de restauración y corresponde a áreas de **PB** de restauración asociadas al uso agropecuario, pero representan un **PA** de conectividad por su ubicación en la **UP**, el desarrollo de estrategias de restauración en estas áreas de **Media2** permitiría conectar áreas clasificadas como **Alta3** (Figura 18, Anexo 6 Mapa potencial/restauración ruta de abordaje Toluviéjo) que corresponden a áreas de bosques relictuales de **BsT**

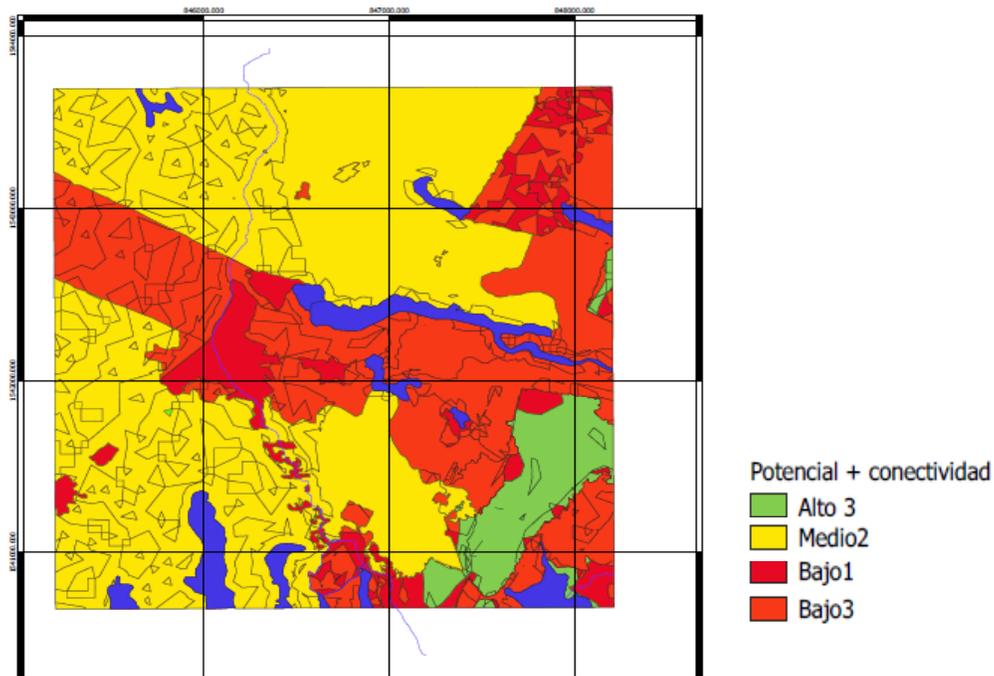


Figura 18 Salida gráfica rutas de abordaje potencial de restauración + conectividad funcional Toluviéjo
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Para el caso de Toluvejo se proponen cuatro rutas de abordaje con estrategias a considerar:

- **Alto 3:** Áreas naturales de baja conectividad teselar; por tal razón la estrategia de manejo propuesta estaría enfocada a la conservación, investigación, y tendrían utilidad como posible fuente semillera con fines de revegetación en zonas de restauración activa, la conectividad de estas depende la restauración activa desarrollada en **Medio 2**.
- **Medio 2:** Áreas de uso agropecuario con presiones de uso y ocupación humana y alto valor de conectividad teselar, en este sentido el manejo propuesto estaría enfocada en estrategias de restauración que permitan la conectividad. Estas estrategias deben direccionarse de conformidad a los acuerdos a escala de predio y con los diferentes actores intervinientes y la normatividad institucional aplicable para cada caso.
- **Bajo 1:** Corresponde a áreas naturales de baja conectividad teselar pero con presiones de uso y ocupación humana. En este sentido, la estrategia de manejo propuesta estaría enfocada hacia la conservación o producción sostenible de conformidad a los acuerdos a escala de detalle con los diferentes actores intervinientes y la normatividad institucional aplicable para cada caso.
- **Bajo 3:** Corresponde a áreas de uso agropecuario con presiones de uso y ocupación humana y bajo valor de conectividad teselar, el manejo propuesto podría estar enfocada en estrategias de restauración de agrosistemas que aporten a la conectividad. Sin embargo, son menos prioritarias que **Medio 2** pues sus efectos sobre la conectividad es menor.

Tabla 14 Tabla resumen estrategias por ruta de abordaje Toluvejo

Potencial restauración total	Conectividad funcional	Ruta de abordaje	Estrategias consideradas
Alto	Bajo	Alto 3	Áreas de conservación, fuentes semilleras ex situ
Bajo	Alto	Medio 2	Restauración activa, que incluye la evaluación de las variables biofísicas y sociales para la ingeniería de detalle.
Medio	Bajo	Bajo 1	Restauración pasiva o uso humano evaluaciones a escala de detalle.
Bajo	Bajo	Bajo 3	Áreas de producción, manejo del agrosistema

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guayacanal, 2019

6.2. Vetas

6.2.1. Potencial Físico

Por la ubicación espacial de la **UP**, el 81% del área es fuertemente inclinada o escarpada, lo que condiciona un **PB** de suelos en la totalidad del área. Adicionalmente, al ser un bioma de páramo,

se caracteriza por tener muchas fuentes de agua superficial y por ende el área de ronda o **PA** es representativo con 231 hectáreas (Figura 19).

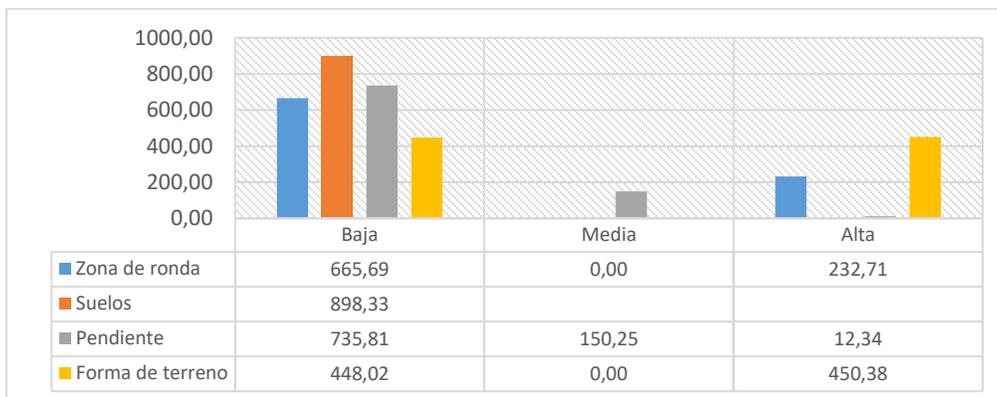


Figura 19 Área por variable según su potencialidad física Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Para el mismo rango de **PB** físico, el área nombrada como “0.140Bajo” presenta una pendiente superior al 30% mientras que para 01.85 Bajo está entre el 10 y el 30%, (Figura 20,Tabla 15), criterios que tendrían relevancia, por ejemplo, si estas áreas en la ruta de abordaje incluyeran estrategias de restauración activa a partir de revegetación pues el manejo por condiciones de pendiente sería diferenciado.

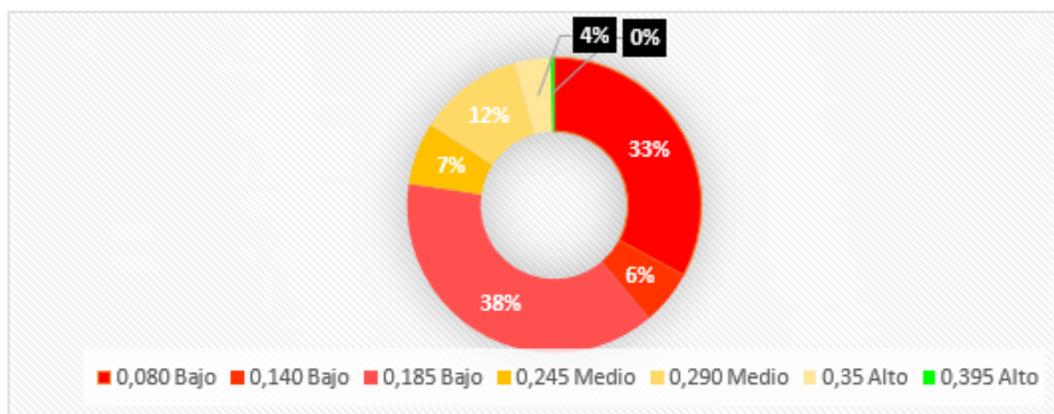


Figura 20 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables del potencial físico Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

El 77% del área es de **PB** y el 4% de **PA**, tomando especial relevancia la pendiente de terreno y el tipo de suelo (Tabla 15). En la Figura 21 se observa la distribución espacial de los potenciales obtenidos. (Anexo 7 Mapa de potencial físico Vetas).

Tabla 15 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial físico Vetas

Indicador tipo de suelo (A)	Indicador pendiente de terreno (B)	Indicador ronda de ríos (C)	Indicador forma de terreno (D)	A+B+C+D	Valor cualitativo	Área en hectáreas	%
0,02	0,02	0,02	0,02	0,080	Bajo	295,55	694,42
0,02	0,08	0,02	0,02	0,140	Bajo	53,36	
0,02	0,125	0,02	0,02	0,185	Bajo	345,51	
0,02	0,08	0,125	0,02	0,245	Medio	61,20	164,34
0,02	0,125	0,125	0,02	0,290	Medio	103,14	
0,02	0,08	0,125	0,125	0,35	Alto	35,63	39,26
0,02	0,125	0,125	0,125	0,395	Alto	3,63	

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

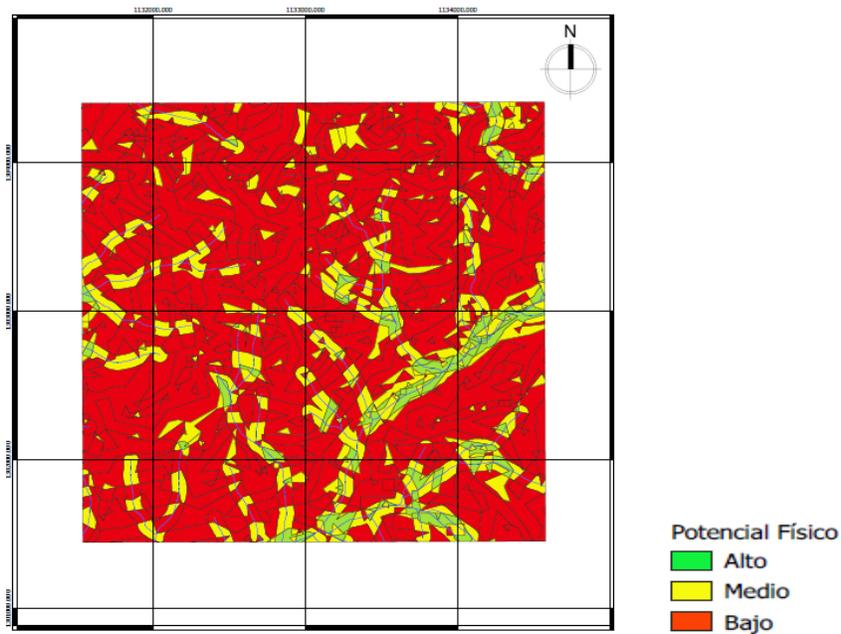


Figura 21 Salida gráfica potencial de restauración Físico Vetas

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.2.2. Potencial Biótico

Para el caso de la **UP** Vetas la principal cobertura es natural, con 813.1 hectáreas, valorada como de **PA**. La principal actividad productiva en el municipio es la producción minera de socavón y cultivos de subsistencia (EOT, Vetas 2012). Estos cultivos de subsistencia están representados por las áreas de **PB** y **PM**, con 47.97 hectáreas y 36.96 hectáreas respectivamente (Figura 22).

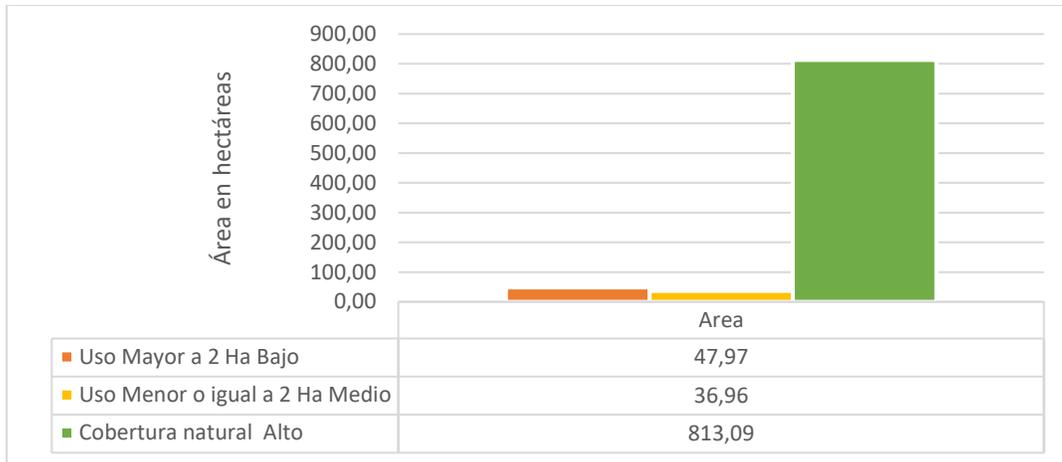


Figura 22 Áreas por indicador de variable potencial biótico Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

En la Figura 23 se puede observar la **UP** con la cobertura y uso de teselas y la ubicación espacial del potencial biótico. Se puede evidenciar un predominio de **PA** en color verde (Anexo 8 Mapa potencial biótico Vetas).

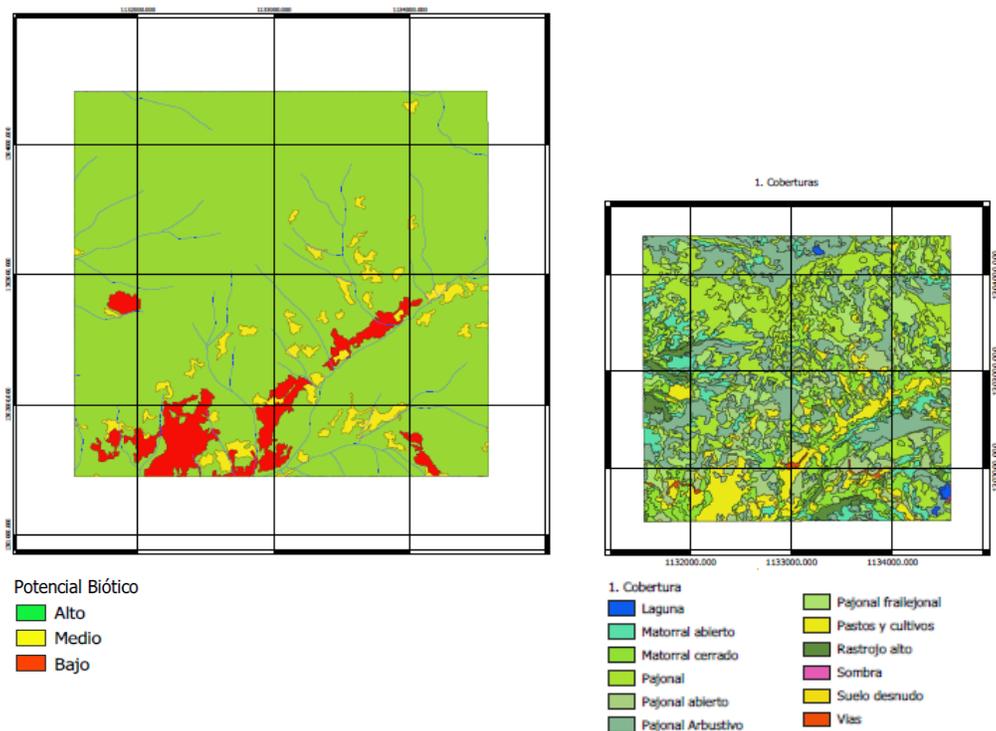


Figura 23 Salida gráfica potencial de restauración biótica Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.2.3. Potencial Biofísico

El 72 % del área está en el rango de **PM** con 679.66 hectáreas (Figura 24, Figura 25), distribuidos en tres valores de indicadores, el indicador **058Medio** de mayor área con 636.01 hectáreas y el 71% del área total corresponde a una relación de **PB** físico y **PA** biótico. Lo anterior en concordancia a la cobertura y características edáficas y topográficas propias de esta zona.

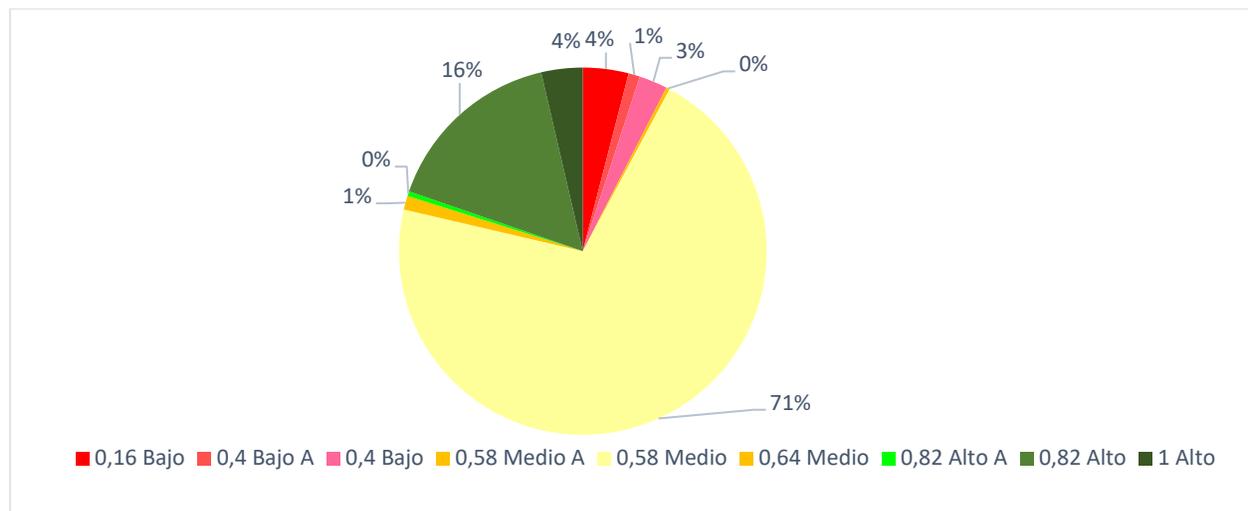


Figura 24 Relación de áreas por indicadores para la sumatoria de variables potencial físico y biótico Vetas

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Las áreas de coberturas naturales y mejores valores de indicador físico (1Alto) ocupan el 4% del área total y el 8% corresponden a áreas de uso humano en condiciones físicas de **PB** (Tabla 16).

Tabla 16 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial físico Vetas

Ponderación indicador Físico (A)	Valor cualitativo Físico	Ponderación Indicador Biótico (B)	Valor cualitativo Biótico	Indicador biofísico A+B	Valor cualitativo Biofísico	Área	%
0,08	Bajo	0,08	Bajo	0,16	Bajo	36,08	67,49
0,32	Medio	0,08	Bajo	0,4	Bajo A	9,08	
0,08	Bajo	0,32	Medio	0,4	Bajo	22,33	
0,5	Alto	0,08	Bajo	0,58	Medio A	2,81	649,66
0,08	Bajo	0,5	Alto	0,58	Medio	636,01	
0,32	Medio	0,32	Medio	0,64	Medio	10,85	
0,5	Alto	0,32	Medio	0,82	Alto A	3,79	180,87
0,32	Medio	0,5	Alto	0,82	Alto	144,41	
0,5	Alto	0,5	Alto	1	Alto	32,67	

Fuente: John cardenas, Guaya canal 2019

En la Figura 25 se puede observar la distribución espacial del potencial biofísico para la **UP** Vetas (Anexo 9 Potencial Biofísico Vetas).

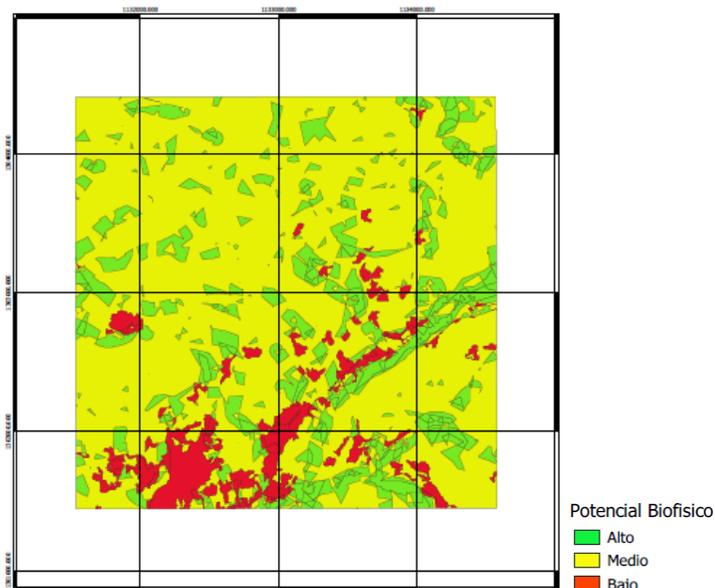


Figura 25 Salida gráfica potencial de restauración Biofísico Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.2.4. Potencial Social

El uso y ocupación anterior, actual y proyectado con predominio de áreas naturales y cultivos de subsistencia modifican los indicadores y representan un 91% **PA** (Figura 26 y Tabla 17).



Figura 26 Área por variable según su potencialidad social
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Tabla 17 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial social

Ponderación indicador conflicto de usos (A)	Valoración cualitativa (A)	Ponderación indicador historia de uso y ocupación (B)	Valoración cualitativa (B)	Indicador social (A+B)	Valoración cualitativa (A+B)	Área Ha	%
0.02	Bajo	0.02	Bajo	0,04	Bajo	84,96	9%
0.5	Alto	0.25	Medio	0,75	Alto	166.69	19%
0.5	Alto	0.5	Alto	1	Alto	646.75	9%

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

En la Figura 27 se puede observar la distribución espacial del potencial social para la **UP** Vetas en verde predominando el **PA** (Anexo 10 Mapa potencial social Vetas)

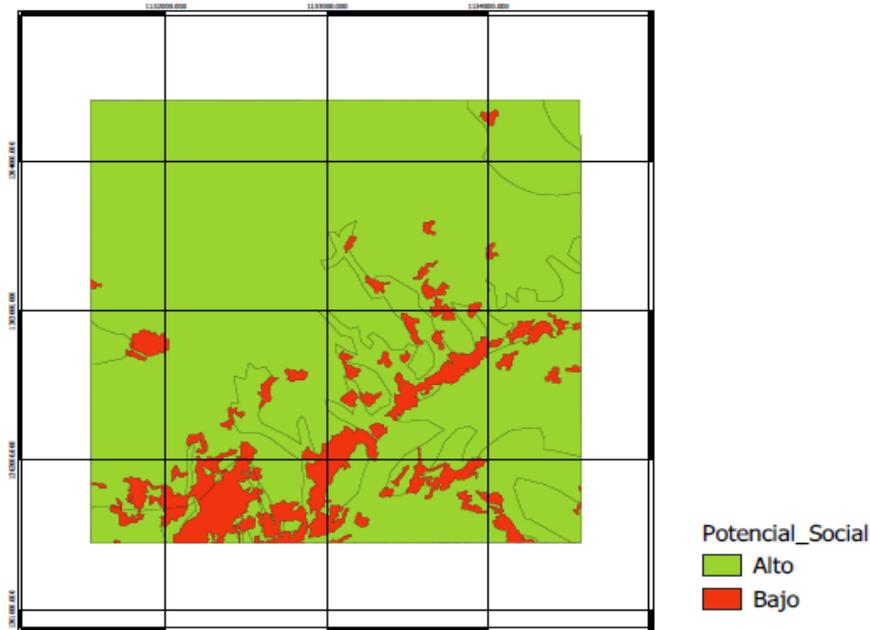


Figura 27 Salida gráfica potencial de restauración social Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.2.5. Potencial restauración total

El **PA** del componente social está dado por la ocupación regional en la actividad minera de socavón y cultivo de subsistencia centrandose la actividad productiva en áreas puntuales dentro de la **UP**, lo que se refleja en valores altos del potencial total, a pesar de que el potencial biofísico se distribuya principalmente en el **PM** (Figura 28).

Por lo anterior y como en el caso de **UP** Toluviejo, la diferencia de **PA** entre las variables bióticas y la resultante debe ser analizada por el peso relativo de las variables sociales.

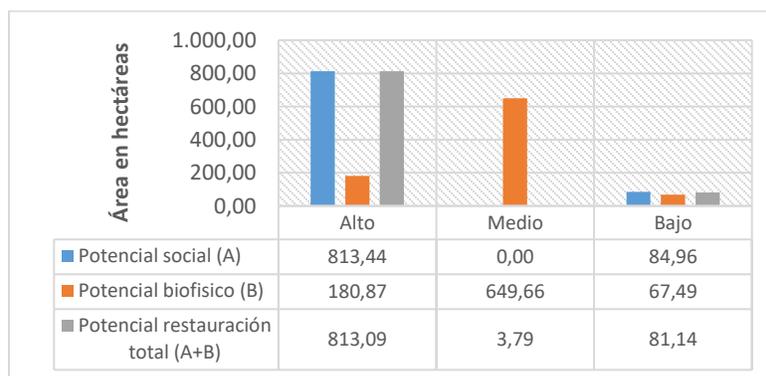


Figura 28 Área por potencial biofísico, social e integral Vetas

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Las áreas de **PM** y **PB** representan un 0.4% y 9% de la **UP** (Tabla 18). Para el **PA** 636.01 hectáreas tienen un valor medio de potencial biofísico relacionado principalmente a los factores físicos evaluados y **PA** biótico por la presencia de cobertura natural.

Tabla 18 Relación de indicadores obtenidos y valoración cualitativa resultante potencial social Vetas

Indicador Potencial social (A)	Valor cualitativa Social (A)	Indicador potencial Biofísico (B)	Valor cualitativo Biofísico(B)	Indicador potencial total (A+B)	Indicador potencial total (A+B)	Área		%
1	Alto	1	Alto	2	Alto	177,08	813,09	91%
1	Alto	0,6	Medio	1,6	Alto	636,01		
0,1	Bajo	1	Alto	1,1	Medio	3,79	3,79	0.4%
0,1	Bajo	0,6	Medio	0,7	Bajo	13,65	81,14	9%
0,1	Bajo	0,1	Bajo	0,2	Bajo	67,49		

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

En la Figura 29 se puede observar la distribución espacial de potencial restauración total para la **UP** Vetas (Anexo 11 Mapa de potencial total Vetas).

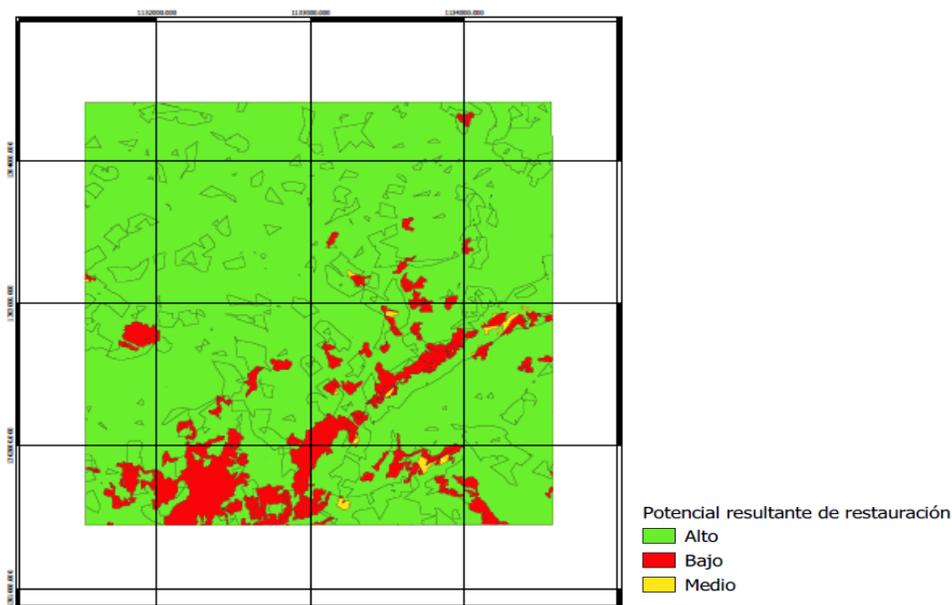


Figura 29 Salida gráfica potencial de restauración total Vetas

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.2.6. Conectividad Funcional

Se identificaron dos teselas como de alto valor de conectividad y tres teselas como de conectividad media con valores importantes principalmente para DPC flux y DPC connector (Tabla 19), teselas relevantes por ser las más conectadas entre las demás teselas y además por servir de escalón entre otras teselas aisladas.

Tabla 19 Potencial de conectividad por tesela de cobertura Vetas

Potencial de conectividad	Área	Media Dpc intra (A)	Media Dpc flux (B)	Media DPC Conector (C)	DPC (A+B+C)	No de teselas
Baja	762,54	0,00056903	0,276692548	0,138915351	0,41617693	611
Media	55,22	0,043264633	4,011575667	2,049053333	6,10389363	3
Alta	80,64	0,20673315	8,562126	4,4877975	13,2566567	2

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

La ubicación espacial de las teselas de **PA** y **PM** de conectividad coincide con las áreas naturales, mientras que las demás teselas fueron consideradas de **PB** para un total de 611 teselas (Figura 30); comparada con la **UP** Toluviéjo es mucho mayor. Por lo que Vetas corresponde a un ecosistema de transición de páramo con unidades de coberturas mucho más heterogéneas al mismo nivel de detalle.

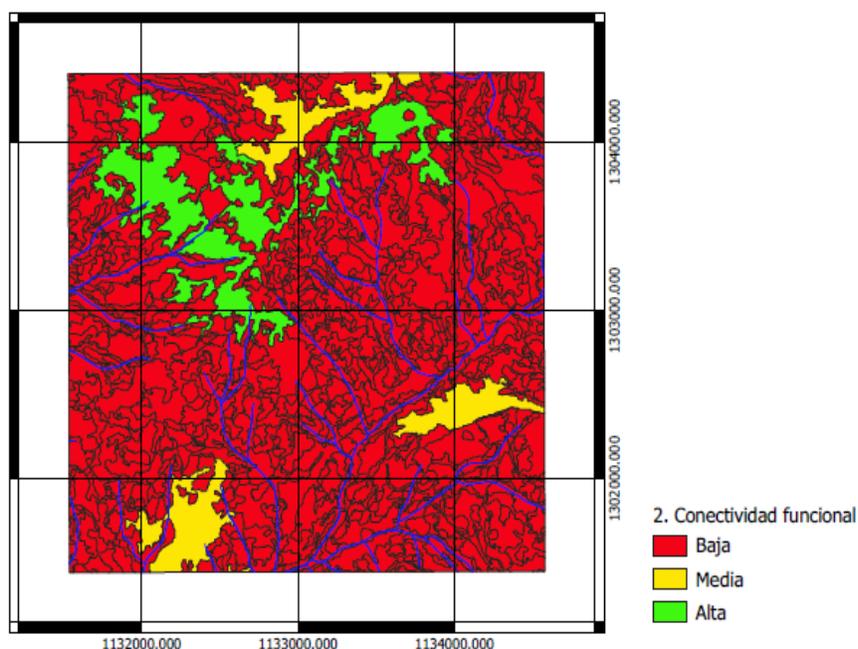


Figura 30 Salida gráfica conectividad funcional por teselas de cobertura Vetas

Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

6.2.7. Potencial resultante restauración/conectividad y ruta de abordaje

Los rangos de alto, medio y bajo en la ruta de abordaje se clasifican de conformidad a los cruces obtenidos, por ejemplo la ruta "**Alto3**" presenta **PA** de restauración y **PB** de conectividad con 698.1 hectáreas (Tabla 20, Figura 31), mientras que para "**Bajo3**" es **PB** de restauración y conectividad.

Lo anterior ejemplifica la necesidad que se propongan estrategias diferenciadas según los resultantes obtenidos para la **UP**, Por ejemplo para el caso de **Bajo2** estas áreas representan un

PM de conectividad pero coinciden con áreas de producción agropecuaria y por ende las estrategias a proponer estarían enfocadas bien hacia la producción con estrategias de sostenibilidad ecosistémica para el manejo de los agrosistemas, o bien de reubicación de las áreas de producción, en este caso de Vetas con especial cuidado y participación local pues estas áreas son de producción de subsistencia de agricultores campesinos. Para el caso **Bajo1** estas áreas representan coberturas naturales de baja conectividad.

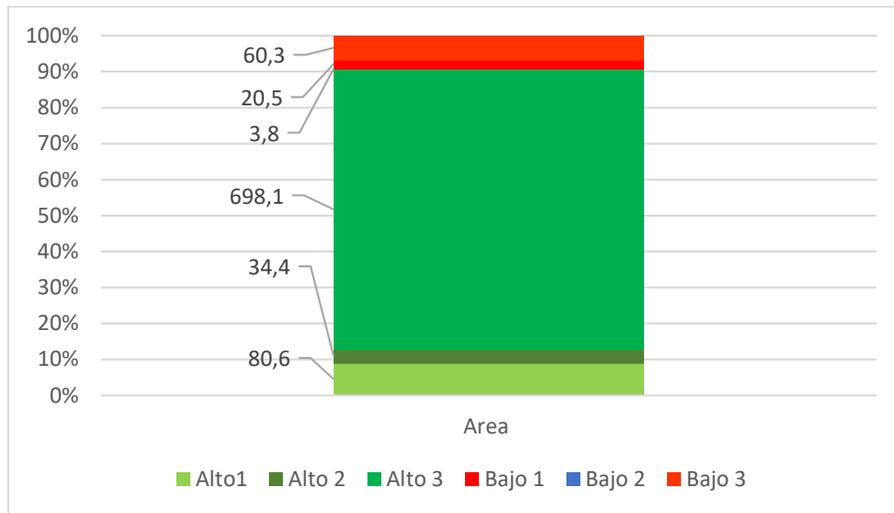


Figura 31 Área por ruta de abordaje Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guayacanal, 2019

Para esta **UP** las áreas para estrategias activas de restauración podrían representar el 7% de la cobertura total distribuida entre las rutas **Bajo2** y **Bajo3** (Figura 32, Anexo 12 Mapa potencial/restauración ruta de abordaje Vetas). Estrategias de restauración más puntuales enfocadas por ejemplo al incremento de la diversidad florística implicaría estudios de detalle y podrían estar enfocados en **alta1** por su **PA** de conectividad.

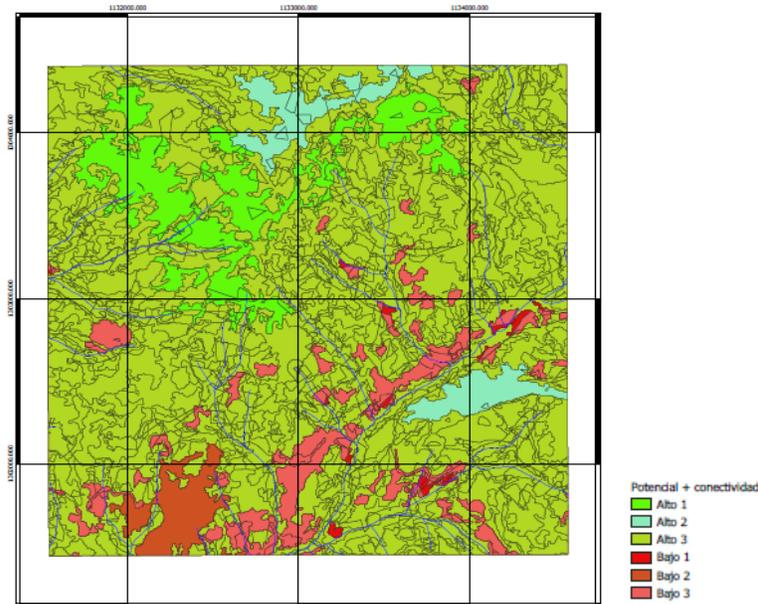


Figura 32 Salida gráfica rutas de abordaje potencial de restauración + conectividad funcional Vetas
Fuente: John Cárdenas. Fundación Guaya canal, 2019

Para el caso de Vetas se proponen seis rutas de abordaje, con unas estrategias generales a considerar:

- **Alto 1:** Áreas naturales con alta conectividad teselar, la estrategia de manejo correspondería a la conservación investigación y monitoreo, podría según estudios de detalle ser evaluado como ecosistema de referencia y fuente semillera para estrategias de restauración activa como la revegetación en otras áreas.
- **Alta 2:** Áreas naturales con alta conectividad teselar, la estrategia de manejo correspondería a la conservación investigación y monitoreo, podría según estudios de detalle ser evaluado como ecosistema de referencia y fuente semillera para estrategias de restauración activa como la revegetación en otras áreas, menos prioritaria que Alto1.
- **Alto 3:** Áreas naturales de baja conectividad teselar; en este sentido la estrategia de manejo propuesta estaría enfocada a la conservación, investigación, y tendrían utilidad como posibles fuente semillera con fines de revegetación en zonas de restauración activa en otras áreas. Las alternativas de mejora desde la conectividad depende de las acciones tomadas de alto 4.
- **Alto 4:** Estas áreas tendrían dos alternativas:
 - 1) Si corresponden a áreas naturales con proyección de manejo de uso humano (Potencial social numeral 6.2.4), requeriría un enfoque de concertación con los actores del territorio para garantizar su permanencia por tener un **PA** de conectividad.

2) Si corresponde a áreas de uso humano menor a dos hectáreas sería un área destinada a la restauración, esta sería activa si en estudios de detalle se considera que existen factores tensionantes que la justifican.

- **Bajo 1:** Áreas naturales de baja conectividad teselar pero con presiones de uso y ocupación humana, en este sentido la estrategia de manejo propuesta estaría enfocada hacia la conservación o producción sostenible de conformidad a los acuerdos a escala de detalle con los diferentes actores intervinientes y la normatividad institucional aplicable para cada caso.
- **Bajo 2:** Áreas de uso agropecuario con presiones de uso y ocupación humana y valor medio de conectividad teselar; en este sentido el manejo propuesto estaría enfocado en estrategias de restauración que permitan la conectividad. Estas estrategias deben direccionarse de conformidad a los acuerdos a escala de predio y con los diferentes actores intervinientes y la normatividad institucional aplicable para cada caso.
- **Bajo 3:** Áreas de uso agropecuario con presiones de uso y ocupación humana y bajo valor de conectividad teselar, en este sentido el manejo propuesto podría estar enfocado en estrategias de restauración de agrosistemas que aporten también a la conectividad. Sin embargo, son menos prioritarias que Bajo2.

Tabla 20 Estrategias por ruta de abordaje Vetas

Potencial restauración total	Conectividad funcional	Ruta de abordaje	Estrategias consideradas
Alto	Alto	Alto 1	Áreas de Conservación e investigación, ecosistemas de referencia, fuentes semilleras ex situ
Alto	Medio	Alto 2	Áreas de Conservación e investigación, ecosistemas de referencia, fuentes semilleras ex situ
Alto	Bajo	Alto 3	Áreas de conservación fuentes semilleras ex situ
Medio	Alto	Alto 4	Restauración activa, que incluye la evaluación de las variables biofísicas y sociales para la ingeniería de detalle.
Medio	Bajo	Bajo 1	Restauración pasiva o uso humano evaluaciones a escala de detalle.
Bajo	Medio	Bajo 2	Restauración activa, evaluaciones a escala de detalle.
Bajo	Bajo	Bajo 3	Áreas de producción, manejo a nivel de detalle

7. Discusión

Para el abordaje de la discusión se valora la aplicación de la metodología teniendo en cuenta los resultados obtenidos para los estudios de caso.

Los valores numéricos de partida usados como indicadores para los componentes y variables son estimaciones de rangos de valor, estos pueden ser ajustados y mejorados a partir de la aplicación reiterativa de la metodología y la integración de indicadores usados en estudios de caso para Colombia por ejemplo los desarrollados para el Páramo Rabanal, Santurbán y Guerrero (Cabrera y Ramírez 2014) o para el bioma de bosque seco tropical en el departamento del Huila (Díaz Triana, Torres Rodríguez, Muñoz, & Avella, 2019).

La metodología no desarrolla información de detalle como las variaciones de cobertura en cuanto a estructura y composición de las teselas naturales, esta funciona a nivel de planeación general de las estrategias para una unidad de paisaje seleccionada; el desarrollo de la estrategia según el objetivo trazado requerirá estudios más puntuales, sin embargo, esto plantea la necesidad del abordaje multiescalar de la restauración que integre los diferentes niveles (Brudvig, 2011) .

La variable de conectividad funcional está expresada a nivel de grafo (Saura, S & De la Fuente, B. 2017 y De la Cruz & Maestre, 2013) y para la **UP** seleccionada, se podría ajustar de dos formas según los objetivos:

1. Para los casos donde se evalúe una conectividad regional (escala más amplia) entre dos unidades de paisaje puntual (por ejemplo en el caso de la conectividad entre dos áreas de conservación como dos parques naturales nacionales), se debería calcular la conectividad teselar para una **UP** más amplia y el resto de procesos sobre la unidad de paisaje considerada en el estudio para priorización.
2. La **UP** se calcula en una escala más local como en este estudio, entonces el cálculo de conectividad teselar se calcularía sobre la misma área considerada para los potenciales.

Para la variable social de conflicto de uso se tomó la información generada por instituciones municipales en este caso en particular del esquema de ordenamiento territorial municipal (Congreso de Colombia, 1997) formulado por las alcaldías municipales, en este sentido podría incluirse herramientas y metodologías de diagnóstico participativo con los actores locales para identificar las tendencias de uso desde las dinámicas territoriales.

La metodología permite orientar la toma de decisiones para un área determinada a escala de paisaje local y regional y adicionalmente, los pasos intermedios propuestos en el proceso

generan insumos útiles en la gestión territorial (por ejemplo el potencial físico serviría como apoyo en la clasificación de estrategias detalladas de restauración).

La aplicación de los estudios de caso permiten concluir que esta metodología sí podría funcionar como una herramienta para estandarizar los procesos de zonificación local y regional desde el enfoque de la conservación y la restauración ecosistémica, permitiendo focalizar y priorizar esfuerzos y recursos, valorando el componente social en estos procesos de evaluación.

Se encontró desde la comparación de las unidades de paisaje una mayor necesidad de restauración para la Unidad de paisaje Toluviejo situación que es consistente con los factores de degradación asociados con la ganadería extensiva y tala de bosques.

8. Conclusiones

Esta metodología ensayada apoyada en Sistemas de Información Geográfica, requeriría estudios de detalle posteriores para la implementación de las estrategias de restauración, sin embargo parece ofrecer una herramienta replicable y útil en la toma de decisiones. Probada en dos áreas de características claramente contrastadas, esta ha arrojado en ambas áreas, un proceso de análisis comprensible y unos resultados y rutas de abordaje transparentes.

En ambos casos, los **PA** dieron como resultante unas estrategias de abordaje centradas en la conservación de estas áreas naturales mientras que **PM** y **PB** estrategias relacionadas con la restauración activa o pasiva incluyendo aquellas relacionadas con el manejo de agrosistemas priorizando aquellas áreas de mayor valor de conectividad, resultados que son indicadores de la funcionalidad de la metodología incluso en ecosistemas con valores de variables contrastados para las dos **UP**.

Es oportuno destacar que el potencial de conectividad prioriza y focaliza la estrategias de restauración activa y pasiva para la **UP**; como es esperable, la decisión de qué áreas se restauran depende del potencial de conectividad mientras que, el cómo se restauran, depende del potencial de restauración. La posibilidad de recombinar los mapas intermedios otorgándoles otros pesos, nos ofrecen también una interesante oportunidad de discusión y debate sobre los resultados y las alternativas que conciten mayor consenso entre los distintos agentes implicados.

9. Agradecimientos

A la Fundación estación biológica Guaya canal, por permitirme el uso de la información y el desarrollo de la metodología pero espacialmente por ser un puente al conocimiento con un propósito de servicio, al Máster en Restauración de Ecosistemas y sus universidades adscritas,

a mis directoras María Jesús Salado por su apoyo y la trasmisión del conocimiento especialmente sobre los sistemas de información geográfica, a María José Calderón por su apoyo en este y en las demás experiencias profesionales enriquecedoras todas, a las dos por su paciencia y a mi familia que es la fe y el mazo dando.

10. Bibliografía.

- Alcaldía Municipal de Toluviéjo. 2014. *Componente Rural - EOT*. Toluviéjo: Alcaldía municipal.
- Alcaldía Municipal de Vetás. 2012. *Componente Rural - EOT*. Vetás: Alcaldía municipal
- Apfelbaum, Steven I. and Kim Alan Chapman. 1997. *Ecological Restoration: A Practical Approach. Ecosystem Management Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources*. Yale University. Pp: 301-322.
- Brudvig, L. (2011). THE RESTORATION OF BIODIVERSITY: WHERE HAS RESEARCH BEEN AND WHERE DOES IT NEED TO GO. *American Journal of Botany*, 549-558.
- Cabrera, M. y W. Ramirez (Eds). 2014. *Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. Colombia. 296 pp.
- Conefor. 2019. Obtenido de Conefor.org: <http://www.conefor.org>
- Congreso de Colombia.1997. *Ley Desarrollo territorial 388*. Bogotá DC.
- Corzo Ramírez, L., Jerena, E., & Rubio Mendoza, R. 2012. La potencialidad del territorio en la restauración ecológica. El uso de herramientas SIG para establecer prioridades de restauración ecológica. *Gestión y Ambiente*, 39-50.
- Corzo, L., Jerena, E., & Rubio, R. 2012. La Potencialidad Del Territorio En La Restauración Ecológica EL Uso De Herramientas Sig Para Establecer Prioridades De Restauración Ecológica. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 39-50. Recuperado el 15 de 04 de 2018, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36279/42810>
- De la Cruz, M., & Maestre, F. 2013. *Avances en el Análisis Espacial de Datos Ecológicos: Aspectos Metodológicos y Aplicados*. Mostoles: ECESPA-Asociación Española de Ecología Terrestre.
- Díaz Triana, J. E., Torres Rodríguez, S., Muñoz, L., & Avella, A. (2019). Monitoreo de la restauración ecológica en un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia): programa y resultados preliminares. *Caldasia*, 60-77.
- Esri. 2018. Mapas Bases. *ArcMap*.

- Etter , A., Andrade, A., Saavedra , K., Amaya , P., & Arevalo, P. 2017. *Estado de los Ecosistemas Colombianos: una aplicación de la metodología de la Lista Roja de Ecosistemas* . Bogota DC: Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional Colombia.
- Garavito Rincón, L. N. 2015. Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo. *NGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla*, 128.
- Google. 2017. *Google Earth Pro*. Recuperado el 05 de 07 de 2018, de <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, SINCHI e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), , Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR) e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi (SINCHI) & Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann (IIAP). Bogotá, D. C., 276 pp.
- IDEAM. 2014. *Tomo II: Deforestación y afectación de los ecosistemas por ocupación del territorio* y. Bogota DC: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –.
- IGAC (a). (s.f.). *Datos abiertos cartografía y geografía*. Recuperado el 01 de 07 de 2018, de Cartografía base escal 1:25.000: <http://geoportal.igac.gov.co/es/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>
- IGAC (b). (s.f.). *Datos abiertos Agrología*. 2018, de Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Sucre: <http://geoportal.igac.gov.co/es/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- IGAC (b). (s.f.). *Datos abiertos Agrología* (2018), de Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Sucre: <http://geoportal.igac.gov.co/es/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- IGAC. 1998. *Estudio general de suelos y zonificación de tierras: departamento de Sucre*. Bogotá: IGAC.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. *Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Bogota D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio del medio ambiente. 2002. *DECRETO 1729*. Bogota DC: Presidencia de la República de Colombia,.

Pizano, C., & García, H. 2014. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

QG/S.org. 2019. Obtenido de <https://www.qgis.org/es/site/>

Cabrera Marian y Ramírez Wilson. 2014. *Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación / Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.*

Salamanca, B., & Camargo, G. (2000). *Protocolo Distrital de restauración ecológica: guía para la restauración de los ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá*. Bogotá: DAMA, FEBB. 288 p.

Saura, S. Samp; J. Torné. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling* samp; Software 24: 135-139.

Saura, S & De la Fuente, B. 2017. Connectivity as the amount of reachable habitat: conservation priorities and the roles of habitat patches in landscape networks. In: Gergel, SE, Turner, MG (Eds), *Learning Landscape Ecology: a practical guide to concepts and techniques*, 2nd edition, pp. 229-254. Springer-Verlag. ISBN 978-1-4939-6372-0. DOI 10.1007/978-1-4939-6374-4.

Sistema de Información Ambiental de Colombia. 2019. *SIAC*. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/reaa>

11. Anexos

Anexo 1 Mapa de potencial físico Toluviejo.

<https://drive.google.com/file/d/1PI5xGaEMB2nKUUpGDgRnk33Q-stknZKxl/view?usp=sharing>

Anexo 2. Mapa de potencial Biótico Toluviejo.

<https://drive.google.com/file/d/1uFJARzM83Kx5kfneWNhtrbpFf1JjR-iv/view?usp=sharing>

Anexo 3. Mapa de potencial Biofísico Toluviejo

<https://drive.google.com/file/d/1vyHG8J4IV9fYHLaSWNQQVMowwWHG4myP/view?usp=sharing>

Anexo 4. Mapa de potencial social Toluviejo

https://drive.google.com/file/d/1VpHdjZ2Yl_-2lwk_wZ6hCumjHj2XTcbZ/view?usp=sharing

Anexo 5 Mapa de potencial total Toluviejo

<https://drive.google.com/file/d/1IzBh6yHzWsBmHuHV17xFqc-USS8Q4TJ6/view?usp=sharing>

Anexo 6 Mapa potencial/restauración ruta de abordaje Toluviejo

<https://drive.google.com/file/d/1VJD-ghGBoJ89xfZ0-ch7RaGdivjQ8woH/view?usp=sharing>

Anexo 7 Mapa de potencial físico Vetas

<https://drive.google.com/file/d/1xtFk0HCy7UVg8fWbW6ouDWktSxHmzY8E/view?usp=sharing>

Anexo 8 Mapa potencial biótico Vetas

<https://drive.google.com/file/d/1pOBZZ53vmk-loO1NhVYkDY5hd865QYNE/view?usp=sharing>

Anexo 9 Mapa potencial Biofísico Vetas

<https://drive.google.com/file/d/1WS2uMGtjCnOseCSAW5PX6J24j-Alj7s3/view?usp=sharing>

Anexo 10 Mapa potencial social Vetas

<https://drive.google.com/file/d/1ASTkG6biZeaJzfcPrXOcPcSa9DXifuEa/view?usp=sharing>

Anexo 11 Mapa de potencial total Vetas

<https://drive.google.com/file/d/1v4Sil2XHwP2WUcdcMtSIU0crf8BREOkA/view?usp=sharing>

Anexo 12 Mapa potencial/restauración ruta de abordaje Vetas

<https://drive.google.com/file/d/1e6q6d6z20y6VTf8xqVoQKsZpdbDn161X/view?usp=sharing>