



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible



PORTAFOLIO DE RESTAURACIÓN DE PÁRAMOS Y HUMEDALES DE ALTA MONTAÑA

CONVENIO MADS – IAvH No. 2012- 12-092

Producto 6. Resumen ejecutivo

MARÍA CAROLINA PINILLA HERRERA – CONSULTORA

Contrato no. 12-12-092-166

PROGRAMA DE BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN

BOGOTÁ, DICIEMBRE 2012

TABLA DE CONTENIDO

1.	Aproximación al estado actual de los páramos y humedales de alta montaña en Colombia....	4
1.1.	Cambios de cobertura vegetal 1985 – 2005	4
1.2	Estado actual de intervención en los complejos de Páramo	7
2.	Disturbios ocasionados por actividades antrópicas	10
2.1	Tipología de disturbios ocasionados por el sector productivo agropecuario	15
2.3	Tipología de disturbios ocasionados por el sector extractivo -minero	18
3.	Literatura Citada	21

1. Aproximación al estado actual de los páramos y humedales de alta montaña en Colombia

A través de la información proporcionada por la Unidad de SIG del IAvH (cambios de cobertura de ecosistemas 1985 – 2005 escala 1:500.000 y cobertura vegetal en páramos –actualización del atlas- escala 1:100.000) se realizó un análisis para describir el estado actual de intervención en los complejos de páramo debido a las dinámicas de cambio y los motores de transformación y pérdida de biodiversidad.

Es importante aclarar que en los campos de la base de datos “cambio de cobertura vegetal en ecosistemas de páramo (escala 1:500.000)” se describe a la categoría coberturas antrópicas para incluir a los pastizales para ganadería y a los cultivos permanentes y transitorios. En la base de datos de cobertura por complejo de páramo (resultante del mapa 1:100.000, Corine Land cover-2002) se definen categorías como áreas agrícolas heterogéneas, cultivos transitorios, pastos, zonas urbanizadas y zonas de actividad minera para describir las coberturas antropizadas.

1.1. Cambios de cobertura vegetal 1985 – 2005

A partir de las bases de datos 1985, 2000 y 2005 se realizó una comparación temporal de los cambios en los valores de la categoría coberturas antrópicas (ha.) por complejo de páramo (gráfica 1).

Una vez obtenidos los valores de las tasas de cambio se pudo establecer cuatro grupos de complejos de páramos de acuerdo a la dinámica de las coberturas antropizadas: tasa de cambio muy alta (valores entre 0,0008 y 0,002), alta (0,004 – 0,008), media (0,01 – 0,07) y baja (0,1 – 1). Las tablas 1, 2, 3 y 4 muestran los complejos de páramo agrupados en las mencionadas categorías; se puede observar que en el grupo 1 (complejos de páramo con tasas de cambio muy alta) predominan páramos del sector de la cordillera oriental, mientras que en el grupo 4 (complejos de páramo con tasa de cambio baja) destacan los páramos del sector de la cordillera occidental.

De acuerdo a esta agrupación el complejo de páramos con la mayor tasa de cambio de coberturas es el complejo de Tota – Bijagual – Mamapacha (tabla 1), mientras que el páramo con menor tasa de transformación de coberturas es el complejo de Sierra Nevada de Santa Marta (tabla 4). Dentro de los páramos del sector de la cordillera oriental con menores tasas de cambio de coberturas destacan los complejos de Tamá y Los Pichachos.

Gráfica 1. Cambio temporal de coberturas antrópicas 1985, 2000, 2005 para cada complejo de páramos (análisis a escala 1:500.000). Fuente: Base de datos SIG, IAvH. Elaboración: autora

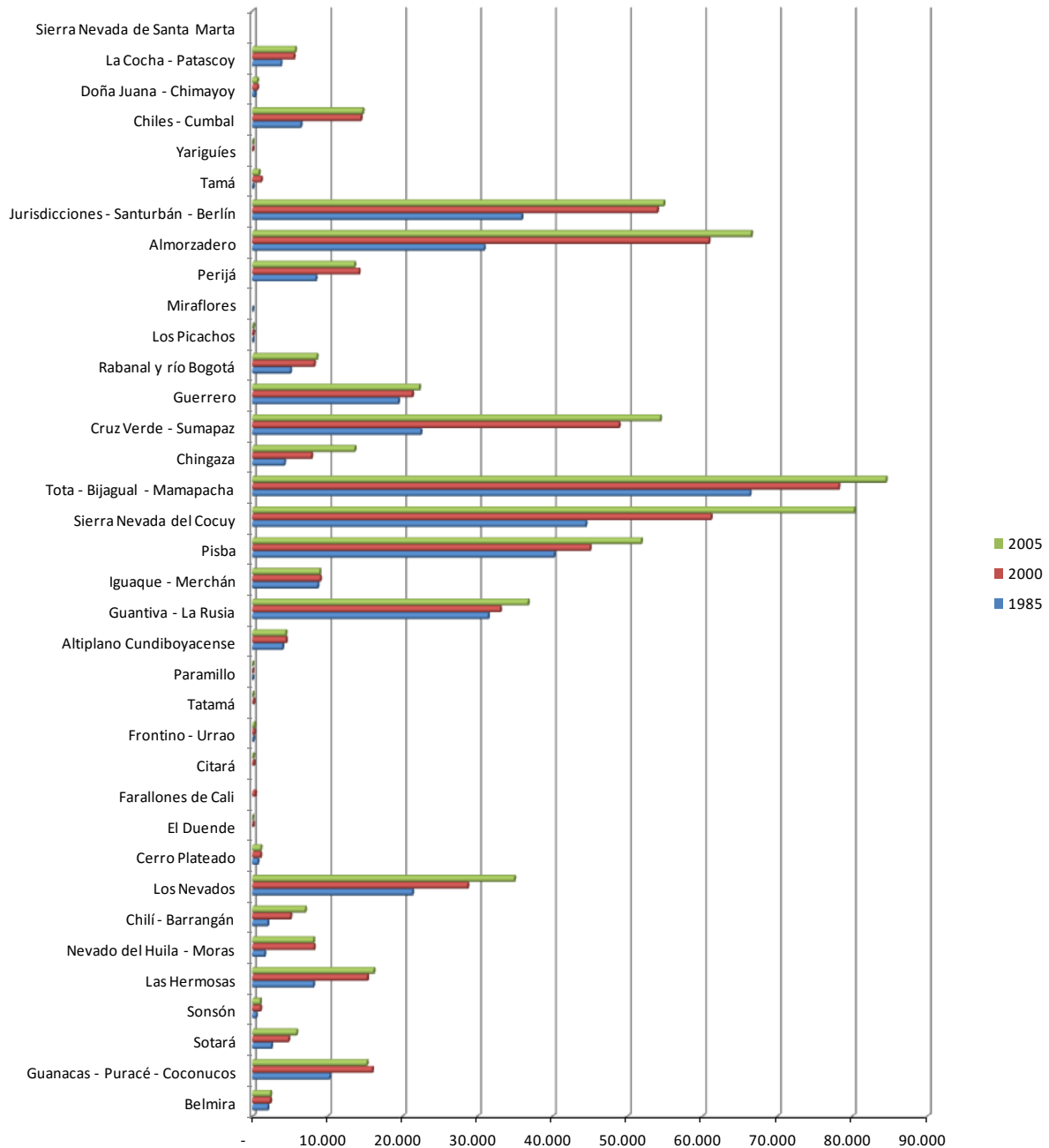


Tabla 1. Complejos de páramo con tasas de cambio de coberturas antrópicas en categoría muy alta.

Grupo 1: complejos de páramo con tasas de cambio muy alta		
Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Oriental	Páramos de Boyacá	Tota – Bijagual – Mamapacha
	Páramos de Boyacá	Cocuy
	Páramos de Boyacá	Pisba
	Páramos de los Santanderes	Jurisdicciones - Santurbán
	Páramos de Boyacá	Guantiva – La Rusia
	Páramos de los Santanderes	Almorzadero
	Páramos de Cundinamarca	Cruz Verde – Sumapaz
Cordillera Central	Páramos del viejo Caldas - Tolima	Los Nevados
Cordillera Oriental	Páramos de Cundinamarca	Guerrero

Tabla 2. Complejos de páramo con tasas de cambio de coberturas antrópicas en categoría alta.

Grupo 2: complejos de páramo con tasas de cambio alta		
Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Central	Páramos del Macizo Colombiano	Guanacas – Puracé – Coconucos
Cordillera Oriental	Páramos de Boyacá	Iguaque – Merchán
Cordillera Oriental	Páramos de Perijá	Perija
Cordillera Central	Páramos del Valle – Tolima	Las Hermosas
Nariño – Putumayo	Páramos de Nariño Putumayo	Chiles – Cumbal
Cordillera Central	Páramos de Cundinamarca	Rabanal y río Bogotá

Tabla 3. Complejos de páramo con tasas de cambio de coberturas antrópicas en categoría media.

Grupo 3: complejos de páramo con tasas de cambio media		
Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Central	Páramos de Cundinamarca	Altiplano Cundiboyacense
Cordillera Central	Páramos de Cundinamarca	Chingaza
Nariño – Putumayo	Páramos de Nariño Putumayo	La Cocha - Patascoy
Cordillera Central	Páramos del Macizo Colombiano	Sotará
Cordillera Central	Páramos de Belmira	Belmira
Cordillera Central	Páramos del viejo Caldas - Tolima	Chilí – Barragán
Cordillera Central	Páramos del Valle Tolima	Nevado del Huila - Moras
Cordillera Occidental	Páramos del Duende – Cerro Plateado	Cerro Plateado

Tabla 4. Complejos de páramo con tasas de cambio de coberturas antrópicas en categoría baja.

Grupo 4: complejos de páramo con tasas de cambio baja		
Sector	Distrito	Complejo
Nariño – Putumayo	Páramos de Nariño Putumayo	Doña Juana - Chimayoy
Cordillera occidental	Páramos de Frontino – Tatamá	Frontino – Urrao
Cordillera oriental	Páramos de los Santanderes	Tamá
Cordillera oriental	Páramos de Los Picachos	Los Picachos

Cordillera occidental	Páramos de Paramillo	Paramillo
Cordillera Occidental	Páramos del Duende – Cerro Plateado	Duende
Cordillera Occidental	Páramos del Duende – Cerro Plateado	Farallones de Cali
Cordillera occidental	Páramos de Frontino – Tatamá	Citará
Cordillera occidental	Páramos de Frontino – Tatamá	Tatamá
Cordillera oriental	Páramos de los Santanderes	Yariguíes
Sierra Nevada de Santa Marta	Páramos de Santa Marta	Santa Marta

1.2 Estado actual de intervención en los complejos de Páramo

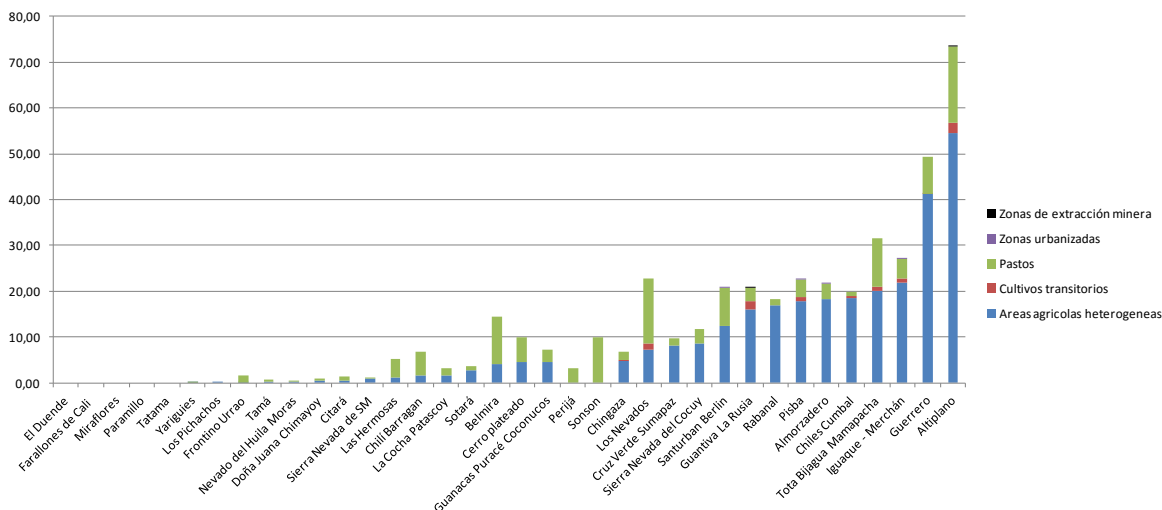
Como se mencionó al inicio del numeral 1.1, a partir de las bases de datos originadas en la actualización del Atlas de Páramos a escala 1:100.000 (SIG - IAvH, 2012) se realizó un análisis del estado actual de intervención (en porcentaje respecto al total del área de páramo) para cada complejo de páramo teniendo como base las siguientes categorías de coberturas antropizadas:

- Áreas agrícolas heterogéneas: según la leyenda de unidades de cobertura de la tierra CORINE Land cover para Colombia, incluye áreas de mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales y mosaico de cultivos y espacios naturales (SIG - IAvH, 2012).
- Cultivos transitorios: incluye áreas de otros cultivos transitorios, cereales, oleaginosas, leguminosas, hortalizas y tubérculos (SIG – IAvH, 2012).
- Pastos: incluye áreas de pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados (SIG – IAvH, 2012).
- Zonas urbanizadas: incluye áreas de tejido urbano continuo y tejido urbano discontinuo (SIG – IAvH, 2012).
- Zonas de actividad minera: incluye áreas de zonas de extracción minera y zonas de disposición de residuos (SIG – IAvH, 2012).

Es muy importante tener en cuenta y puntualizar que la mencionada escala de interpretación es muy pequeña para detectar mediante sensores remotos las actividades de explotación minera, razón por la cual el dato que se presenta a continuación y que refiere a esta actividad, no es representativo ni permite explicar la actual situación de la minería en los páramos.

La gráfica 2 presenta de manera general los porcentajes para cada una de las coberturas definidas como antropizadas. Se puede observar que las categorías de áreas agrícolas heterogéneas y pastos son las que mayor valor presentan en los complejos de páramo con dinámicas de intervención.

Gráfica 2. Estado actual de intervención en los complejos de páramo de acuerdo a las categorías de coberturas antropizadas. Fuente: base de datos SIG – lavH, 2012. Elaboración: autora



Al unificar las categorías de áreas agrícolas heterogéneas, cultivos transitorios y pastos con el fin de analizar la dinámica de intervención agropecuaria en los páramos, se pudo establecer según el porcentaje de la cobertura antropizada vs. cobertura de páramo total, cuatro grupos que refieren al estado actual de intervención por actividades agropecuarias: intervención severa (cuando el porcentaje de intervención supera el 30% del área total del páramo) , intervención alta (para valores entre el 20 y 30% respecto al área total) , intervención moderada (valores entre 10 y 20% del área total) e intervención leve (valores menores al 10% del área total).

Tabla 5. Complejos de páramo con severo estado de intervención por actividades agropecuarias.

Grupo 1. Complejos de páramo un severo estado de intervención		
Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Central	Páramos de Cundinamarca	Altiplano Cundiboyacense
Cordillera Oriental	Páramos de Cundinamarca	Guerrero
Cordillera Oriental	Páramos de Boyacá	Tota – Bijagua – Mamapacha

Tabla 6. Complejos de páramo con estado de intervención alto por actividades agropecuarias.

Grupo 2. Complejos de páramo con un alto estado de intervención		
Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Oriental	Páramos de Boyacá	Iguaque – Merchán
	Páramos de los Santanderes	Almorzadero
	Páramos de Boyacá	Pisba
	Páramos de Boyacá	Guantiva – La Rusia
	Páramos de los Santanderes	Jurisdicciones - Santurbán
Cordillera Central	Páramos del viejo Caldas - Tolima	Los Nevados

Tabla 7. Complejos de páramo con estado de intervención moderado por actividades agropecuarias.

Grupo 3. Complejos de páramo con un estado de intervención moderado		
Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Central	Páramos de Belmira	Belmira
Cordillera Central	Páramos de Cundinamarca	Rabanal y río Bogotá
Nariño – Putumayo	Páramos de Nariño Putumayo	Chiles – Cumbal
Cordillera Oriental	Páramos de Boyacá	Cocuy
Cordillera Oriental	Páramos de Cundinamarca	Cruz Verde – Sumapaz
Cordillera Occidental	Páramos del Duende – Cerro Plateado	Cerro Plateado

Tabla 8. Complejos de páramo con estado de intervención leve por actividades agropecuarias.

Grupo 4. Complejos de páramo con un estado de intervención leve		
Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Central	Páramos de Cundinamarca	Chingaza
Cordillera Oriental	Páramos de Perijá	Perija
Cordillera Central	Páramos del Macizo Colombiano	Guanacas – Puracé – Coconucos
Cordillera Central	Páramos del Macizo Colombiano	Sotará
Nariño – Putumayo	Páramos de Nariño Putumayo	La Cocha - Patascoy
Cordillera Central	Páramos del viejo Caldas - Tolima	Chilí – Barragán
Cordillera Central	Páramos del Valle - Tolima	Las Hermosas
Cordillera Central	Páramos del Valle Tolima	Nevado del Huila - Moras
Nariño – Putumayo	Páramos de Nariño Putumayo	Doña Juana - Chimayoy
Cordillera occidental	Páramos de Frontino - Tatamá	Frontino – Urrao
Cordillera oriental	Páramos de los Santanderes	Tamá
Cordillera oriental	Páramos de Los Picachos	Los Picachos
Cordillera occidental	Páramos de Paramillo	Paramillo
Cordillera Occidental	Páramos del Duende – Cerro Plateado	Duende
Cordillera Occidental	Páramos del Duende – Cerro Plateado	Farallones de Cali
Cordillera occidental	Páramos de Frontino - Tatamá	Citará
Cordillera occidental	Páramos de Frontino - Tatamá	Tatamá
Cordillera oriental	Páramos de los Santanderes	Yariguíes
Sierra Nevada de Santa Marta	Páramos de Santa Marta	Santa Marta

Con respecto a los páramos más intervenidos por zonas urbanizadas destacan el complejo de Almorzadero, Rabanal, Santurbán – Berlín e Iguaque Merchán. Para la escala de interpretación que originó la base de datos con la cual se trabajó este análisis, el complejo de páramo más intervenido por actividades mineras es el de Guantiva – La Rusia, sin embargo tal como se mencionó anteriormente este dato no es representativo ni da cuenta de la dinámica de dicha actividad en los páramos del país.

2. Disturbios ocasionados por actividades antrópicas

De acuerdo con los datos oficiales del IAvH, cerca del 13% de las áreas de páramos en el país está clasificada como zonas de intervención humana, especialmente para actividades agropecuarias y mineras (actualización del Atlas de Páramos, escala 1:100.000). Estas y otras actividades humanas actúan como motores directos de transformación y pérdida de la biodiversidad (MADS, 2011), los cuales a su vez determinan los tensionantes de cambio en los ecosistemas y la magnitud e intensidad de los disturbios o perturbaciones.

Antes de dar paso a la descripción de la tipología es necesario aclarar los conceptos y definiciones claves asociados al disturbio, tomando como base el esquema de motores de transformación-tensionantes-disturbios-alteración propuesto en el Plan Nacional de Restauración (MAVDT, 2010) y la Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (MADS, 2011).

- **Motores de la transformación y pérdida de biodiversidad:** (direct drivers) son procesos que afectan la ocurrencia espacial de la biodiversidad en un territorio específico (PNGIBSE, 2011). Estos “direct drivers” corresponden a lo que en ecología de la restauración se describe como tensión “estímulos o acciones generadores o no de disturbios para cualquier sistema biológico” (Brown y Lugo, 2004).

De acuerdo a la PNGIBSE (2011) al Plan Nacional de Restauración (2011) se identifican 5 motores de transformación y pérdida de biodiversidad en la escala nacional: i) Cambios en el uso del territorio, su ocupación y la fragmentación de sus ecosistemas; ii) Disminución, pérdida o degradación de elementos de los ecosistemas nativos y agroecosistemas; iii) Invasiones biológicas; iv) Contaminación y toxificación; v) Cambio climático.

- **Tensionantes:** factores ajenos a los ritmos fenológicos o ciclos biológicos de las poblaciones biológicas nativas, que determinan una pérdida destructiva de los elementos u organización del ecosistema (Brown y Lugo, 2004). De acuerdo con Barrera y Valdés (2007) un factor tensionante se define como los diferentes tipos de estímulos o acciones que pueden dañar o no los sistemas naturales. Los factores tensionantes pueden clasificarse como:
 - Crónicos: se presentan con una cierta periodicidad en un área y un lapso dados.
 - Leves: actúan por eliminación, modificación o adición de organismos o materiales causando disturbios que, en general, el ecosistema logra controlar, a no ser que se hagan crónicas o desencadenen procesos de alteración más vastos.

- Severos: actúan sobre las fuentes de energía del ecosistema o sobre la capacidad del mismo para captarla; las perturbaciones tienen la forma de devastaciones (extensas, muy destructivas y que afectan todos los componentes ecológicos) catastróficas (gran magnitud en poco tiempo).
- Persistentes: el tensionante actúa, desencadena una perturbación y permanece con una intensidad suficiente para alimentar la permanencia, profundización y expansión del disturbio.

De acuerdo a la ocurrencia de actividades y acciones humanas que pueden causar diversas alteraciones en los páramos, se identificaron como factores tensionantes a los diversos sectores productivos:

- i) Agropecuario: que de acuerdo al tipo de agricultura y ganadería, este sector puede ser un tensionante severo o leve. La agricultura y ganadería tradicional, de subsistencia o extensiva es un tensionante leve y crónico, mientras que la agricultura y ganadería moderna e intensiva es un tensionante severo y persistente.
- ii) Forestal: plantaciones forestales
- iii) Extractivo – minero: se considera como un tensionante de tipo severo y persistente
- iv) Infraestructura: tensionante de tipo leve o severo
- v) Comercio y turismo: tensionante de tipo leve o severo

- **Disturbio o perturbación:** evento más o menos discreto en el tiempo (es decir, que tiene un comienzo y un final) de pérdida destructiva de elementos u organización en el ecosistema, generado por uno o más tensionantes. Varios autores definen también al disturbio como “un evento discreto que causa daños en el desarrollo natural de un ecosistema, provocando la pérdida parcial o total de sus atributos” (Grime, 1979; White & Pickett, 1985; Forman & Godron, 1986; van Anden & van den Bergh, 1987).

La perturbación o disturbio, como efecto directo de un tensionante, es el primero de una serie de cambios dentro del proceso de alteración. Tales cambios, aunque desencadenados por la perturbación, pueden ser efectos de ésta o de otros procesos propios de la respuesta del ecosistema y sus componentes.

En algunos casos, la perturbación es corregida por los mecanismos de regeneración sin que se presente una cadena de alteración mayor. En otros casos, las características y efectos de la perturbación, junto a su interacción con la permanencia del tensionante, factores limitantes del ecosistema, mecanismos de regeneración y respuestas individuales de los componentes biológicos, pueden dar lugar a procesos de alteración bastante complejos y extensos, en los cuales unos cambios desencadenan otros y se generan retroalimentaciones de control (retronegativa) y de refuerzo (retropositiva) del cambio características de los procesos caóticos (Brown y Lugo, 1994).

Los atributos con que se califican a los disturbios o perturbaciones son:

- Origen: qué tensionante o combinación de tensionantes causa la perturbación.
- Naturaleza: qué aspectos de la composición, estructura y función del ecosistema se ven modificados y en qué forma.
- Probabilidad: de que se verifique una cierta perturbación dado un cierto régimen de tensionantes.
- Frecuencia: cuál es la densidad de eventos de una forma de perturbación en el tiempo y qué periodicidad presentan.
- Magnitud: cuál es la dimensión de los cambios producidos en el ecosistema, en términos de superficie, toneladas, concentraciones, individuos, profundidad en la estratificación ecológica, etc.
- Velocidad: magnitud alcanzada en un determinado tiempo para una intensidad dada del tensionante.
- Distribución: el patrón espacial de la perturbación sobre el ecosistema (agregada, regular, aleatoria, en red, etc.); si tal distribución es más densa o difusa y si su distribución está asociada a la de determinados elementos ecológicos o condiciones ambientales.
- Amplitud: una estimación bastante relativa de en qué medida el estado post-disturbio difiere o “se aleja” de las condiciones pre-disturbio. Podría decirse que combina forma y magnitud.
- Sinergia: con qué otros factores limitantes, tensionantes o de vulnerabilidad interactúa la perturbación en modo tal que se amplifican sus atributos y sus efectos.
- Dinámica: tendencia de los cambios a permanecer, acentuarse o desvanecerse y la probabilidad de que la perturbación pueda desencadenar un proceso de alteración más extenso y complejo.

Ahora bien, los disturbios o perturbaciones se clasifican en leves o severos (Barrera y Valdés, 2007). Los disturbios leves pueden definirse como aquellos cuya naturaleza, magnitud y frecuencia caen dentro del rango adaptativo de las poblaciones biológicas y la resiliencia del ecosistema, debido a lo cual, luego de un tiempo relativamente breve, las alteraciones virtualmente desaparecen y se restablecen de modo autárquico las condiciones pre-disturbio de composición, estructura y función. Los disturbios severos son aquellos en los que su magnitud y frecuencia afectan las reservas y mecanismos de regeneración del ecosistema al punto de impedir la regeneración espontánea. En la mayoría de los casos estos disturbios desarticulan los procesos ecológicos del ecosistema y vulneran su homeostasis al punto de comprometer las condiciones de productividad y habitabilidad del territorio degradado y provocar su marginamiento de los circuitos económicos locales y regionales (Brown y Lugo, 1994).

- **Alteración:** es el proceso ecológico desencadenado por una o más perturbaciones, a través del cual se modifican la estructura, composición y/o la función de un ecosistema a través del encadenamiento y retroalimentación de distintos cambios determinados por las propiedades elementales (condiciones de la perturbación o del ecosistema pre-disturbio) y las propiedades emergentes (condiciones resultantes de la alteración misma y distintivas de los estados y dinámicas alterados). Una característica importante de la mayoría de los procesos de alteración es su discontinuidad ya que:
 - No avanzan todo el tiempo en la misma dirección ni a la misma velocidad; en un momento cambian unas variables y al siguiente otras; unas veces el cambio es visible y otras apenas perceptible.
 - No presenta un patrón regular; es decir, en unos momentos puede presentar un patrón de cambios bastante constante y predecible y, característicamente, pasar a continuación a una etapa estocástica donde es muy difícil definir la naturaleza y dirección de los cambios.
 - Definitivamente jamás es lineal; es decir, no puede establecerse una relación simple entre la magnitud de la alteración y la magnitud de los tensionantes o el tiempo transcurrido desde la perturbación inicial.

De acuerdo con Brown & Lugo (1994), según sus efectos ecológicos y socioeconómicos, la alteración puede clasificarse en:

- **Alteración leve:** cuando es controlada y corregida por los procesos de regeneración espontánea del ecosistema, restableciendo una configuración afín a la pre-disturbio.
- **Deterioro:** cuando afecta las reservas y mecanismos de regeneración del ecosistema al punto de impedir la regeneración espontánea. La principal consecuencia del deterioro es que la regeneración es suspendida, ralentizada o desviada. La mayoría de los espacios agrícolas creados por los humanos caben en la categoría de deterioro; allí la sucesión se

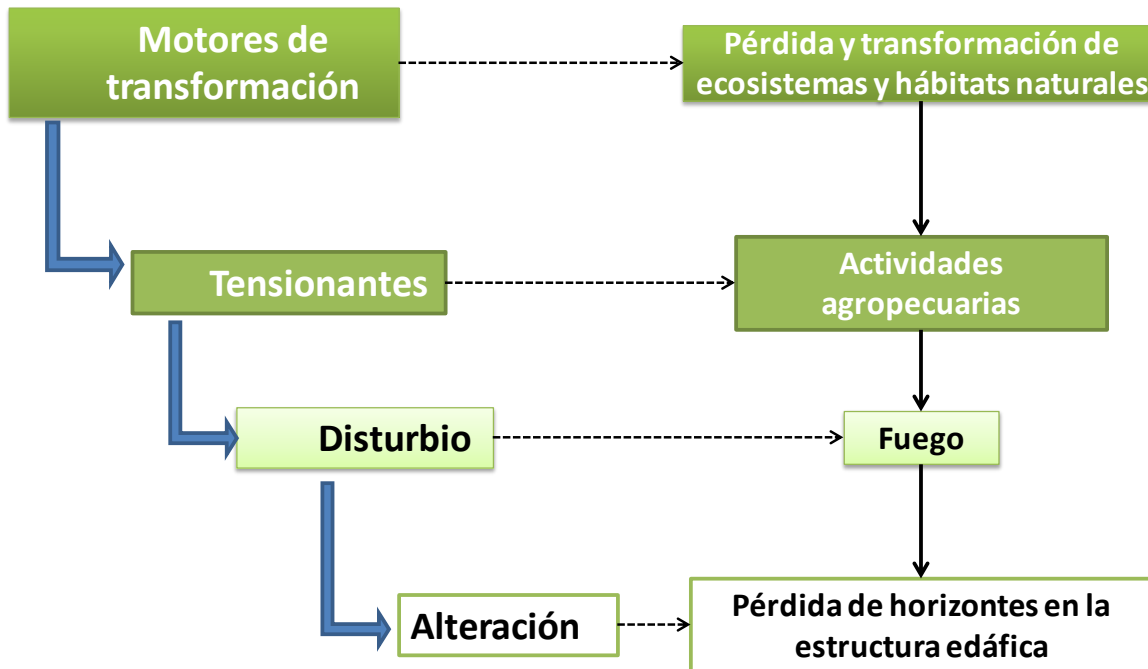
encuentra suspendida o desviada por el régimen agrícola de perturbaciones. Por convención, se asume como ecosistema deteriorado aquel que en un plazo de 50 años no logra restablecer por sí mismo una configuración afín a la pre-disturbio (Brown & Lugo, 1994).

- Degradación: cuando agota las reservas del ecosistema, desarticula sus procesos esenciales y vulnera su homeostasis al punto de comprometer las condiciones de productividad y habitabilidad del territorio degradado y provocar su marginamiento de los circuitos económicos locales y regionales. Se pueden mencionar como ejemplos de degradación: la contaminación severa de cuerpos de agua superficiales o subterráneos; la desestabilización generalizada de las laderas de una microcuenca; el agotamiento de las pasturas; el agotamiento del potencial agrícola; la contaminación o salinización severa del suelo agrícola; la desecación o colmatación de cuerpos de agua.

La degradación supone un nivel de alteración, en general, más profundo que el deterioro; sin embargo, ello depende del contexto socioeconómico que define la salida del área alterada de los márgenes culturalmente establecidos de productividad y habitabilidad.

- Conversión: cuando se transforma un ecosistema en otro, con un reemplazamiento extenso o completo de los elementos, estructuras y procesos del original, que no es causada por cambios ecológicos seculares (geológicos, climáticos, hidráulicos, etc.). Se pueden mencionar como ejemplos de conversión: la inundación permanente o periódica de un mosaico de ecosistemas por la construcción de una presa; la conversión de paisajes silvestres o rurales en urbanos; la construcción de infraestructura, edificios dotacionales o plantas industriales sobre áreas rurales o naturales.

Antes de entrar a la descripción de la tipología de disturbios y sus consecuentes alteraciones, a continuación se presenta el modelo conceptual descrito en el documento.



2.1 Tipología de disturbios ocasionados por el sector productivo agropecuario

1. **Tala selectiva de árboles y arbustos:** es un disturbio que ocurre en las fases iniciales de la agricultura y ganadería (Vargas *et.al.*, 2003; Montilla *et.al.*, 2002). A continuación se describen las alteraciones o efectos que produce este disturbio en los páramos.
 - Remoción de la capa vegetal: destrucción de hábitats para edafofauna y vertebrados.
 - Cambio en la composición de especies de fauna y flora por la aparición y/o reemplazo de especies tolerantes y competitivas: aumento o disminución de especies dominantes (Vargas, 2002)
 - Disminución del dosel de la vegetación: reemplazo de especies dominantes de comunidades estratificadas por especies que conforman un único estrato rasante (Vargas *et.al.*, 2003)
 - Mortalidad diferencial de especies y clases de edades en algunas poblaciones (Hofstede, 1995).

- Invasiones biológicas: reemplazo de la vegetación nativa por especies exóticas de pasturas (Vargas *et.al.*, 2003)
- Discontinuidad- -fraccionamiento de hábitat: Desarrollo de focos de degradación alrededor de áreas de alto uso (Hofstede, 1995).

2. Arado del suelo: disturbio que ocurre en la fase inicial de la agricultura y de acuerdo a Montilla *et.al.*, (2002) genera las siguientes alteraciones:

- Formación de surcos: disminución del aporte de materia orgánica al suelo, pérdida de fertilidad, modificación de la estructura del suelo, intensificación de la erosión, liberación de nutrientes (Sarmiento y Monasterio, 1993)
- Cambios en el microclima (Sarmiento y Monasterio, 1993)
- Pérdida de biomasa aérea: disminución de la altura total (pérdida de dosel), de la diversidad de estratos y del biovolumen de necromasa (Hofstede, 1995).
- Liberación de nitratos en aguas subterráneas por su acumulación en el subsuelo (Murcia 2005)
- Reemplazo de especies dominantes de comunidades estratificadas por especies que conforman un único estrato rasante (Sarmiento y Monasterio, 1993)
- Discontinuidad- -fraccionamiento de hábitat: Desarrollo de focos de degradación alrededor de áreas de alto uso (Hofstede, 1995).

3. Procesos de siembra y cosecha: de acuerdo con Sarmiento y Monasterio (1993) este disturbio hace parte de la segunda fase de intervención de la agricultura y genera las siguientes alteraciones sobre el páramo:

- Desequilibrio en cadenas tróficas: alteración en los mecanismos de herbivoría.
- Alteración físico-química del suelo y el agua por la aplicación de pesticidas, herbicidas y fertilizantes.
- Aumento de la mineralización del suelo
- Aumento paulatino de toxinas en el suelo y la biota

- Rápida pérdida de la fertilidad y nutrientes
4. **Abandono de suelos.** Disturbio que según Llambi y Sarmiento (1998) ocurre en la fase final de la agricultura y genera las siguientes alteraciones:
- Inestabilidad del suelo: propensión a soliflucción, subsidencia, deslizamientos y derrumbes (Hofstede et. al., 2003)
 - Dominancia de especies invasoras introducidas y pérdida del éxito de reclutamiento en especies nativas
 - Pérdida de diversidad y riqueza: aunque ocurre un aumento y estabilización en la riqueza y diversidad de especies, los parámetros están por debajo de los niveles característicos de páramos no cultivados (Jaimes y Sarmiento, 2002)
 - Acumulación de nutrientes (Mg, Ca, P, N y K)
 - Secamiento del suelo en agregados hidrofóbicos: pérdida de la función de regulación hídrica
5. **Fuego:** disturbio que según Vargas *et.al.*, (2003) ocurre durante la fase inicial de la ganadería y propicia la ocurrencia de las siguientes alteraciones:
- Remoción de la capa superficial del suelo y los consecuentes procesos de denudación, erosión laminar, eólica e hídrica y pérdida del banco de semillas (Harper, 1977).
 - Éxito de reclutamiento en algunas especies: al eliminar semillas del suelo se inhibe la germinación de las especies dominantes y se favorece la germinación -colonización – expansión de especies de especies pioneras o exóticas competitivas (Hofstede, 1995).
 - Inhibición del proceso fotosintético.
 - Aumento de la mineralización del suelo.
 - Pérdida de horizontes en la estructura edáfica.
6. **Pastoreo - pisoteo:** según Vargas *et.al.*, (2003) estos disturbios son ocasionados tanto por la agricultura (fase de abandono) y la ganadería, generando las siguientes alteraciones:
- Eliminación de plántulas y desaparición de formas de vida (Vargas, 2002)

- Disminución de biomasa aérea por la reducción de la altura total de individuos, de la diversidad de estratos y del biovolumen de necromasa (Hofstede, 1995).
- Pérdida de hábitats para microfauna (p.ej. afectación a nidos) y desequilibrio en redes tróficas (Harper, 1977).
- Alteración de los procesos de sucesión – regeneración por la pérdida de la capacidad competitiva de especies nativas (Vargas *et.al.*, 2003).
- Cambios en la microtopografía del suelo que afecta su estructura (erosión laminar) y modifica las condiciones del banco de semillas (Vargas y Rivera, 1990)
- Alteración en el flujo de nutrientes: menor contenido de MO, menos capacidad de intercambio catiónico , mayor valor de pH y pérdidas de porosidad (Vargas *et.al.*, 2003)
- Compactación de la capa superficial del suelo con la consecuente formación de costras y líneas de terraceo, la disminución de la infiltración, el aumento de la escorrentía y de procesos de erosión y la reducción en la conductividad hidráulica.
- Alteraciones en las poblaciones de edafofauna por depósitos de materia orgánica
- Aumento de la porosidad del suelo: alteración del balance hídrico
- Ramoneo - consumo de follaje:
 - ▲ Mortalidad o daño selectivo a individuos
 - ▲ Movilización de nutrientes: la acción de consumo y su retorno al suelo a través de los excrementos y la orina (Vargas, 2003).
 - ▲ Desequilibrio de redes tróficas: alteración en los mecanismos de herbivoría

2.3 Tipología de disturbios ocasionados por el sector extractivo - minero

De acuerdo con Fierro *et. al.* (2011), el tipo y la magnitud de los disturbios generados por la operación minera dependen de las características específicas del proyecto minero, de la vulnerabilidad intrínseca del ambiente receptor, del área de explotación, del tipo de mineral a explotar y la profundidad del depósito, entre otros. Por ejemplo, la minera de minerales genera en sus diferentes fases (construcción y montaje, operación y abandono y cierre) los siguientes disturbios:

- Apertura de vías
- Construcción y montaje de frentes mineros

- Extracción de minerales a cielo abierto
- Extracción de minerales a cielo abierto en aluviones
- Disposición del material extraído de la mina
- Beneficio o proceso de separación del material extraído
- Operaciones auxiliares

Las alteraciones de estos disturbios se expresan de diferentes maneras en el suelo, el subsuelo y las aguas subterráneas y superficiales. De manera general Guerrero (2009) y Fierro *et. al* (2011) describen dichas alteraciones:

- Pérdida total o parcial del horizonte orgánico del suelo por remoción de la capa vegetal
- Pérdida total del banco de semillas y de mecanismos de regeneración en las especies nativas
- Alteraciones en la regulación del ciclo de la materia
- Pérdida total de procesos como polinización y dispersión de semillas en el suelo
- Elimina edafo-fauna con afectaciones a los ciclos biogeoquímicos (micorrizas)
- Pérdida total o movilización de Nutrientes (CO, N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Al).
- Pérdida de estructura edáfica: horizontes orgánicos
- Afectación a la regulación del microclima (cambios abruptos de la temperatura, luminosidad, precipitación, vientos)
- Compactación: Pérdida de la capacidad de infiltración y retención de agua
- Pérdida de propiedades físicas: porosidad, capacidad de infiltración y nivel freático
- Modificación del relieve: aumento de escorrentía y erosión. Propensión a deslizamientos
- Secamiento de humedales y turberas
- Cambio de propiedades químicas en el suelo y aguas superficiales por:
 - Contaminación por metales pesados (Cu, Pb, Cd, Hg) y metaloides As
 - Acidificación por acumulación
 - Oxidación por sulfuros
 - Drenaje ácido (Acid Mine Drainage AMD)

- Adición de sulfatos
- Contaminación por derrames de diesel

3. Literatura Citada

Barrera, J. & C. Valdés. 2007. "Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia". *Universitas Scientiarum* 12: 11-24

Brown, S. y A. E. Lugo. 1994. "Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development". *Restoration Ecology* 2: 97-111.

Fierro, J., Lozano, D. y Mo. Ordoñez. 2011. *Informe final de consultoría para realizar la búsqueda, compilación y análisis de información disponible sobre las actividades mineras adelantadas en las zonas de páramo de Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá – Colombia, 75 p.

Forman, R. Y Godron, M. 1986. *Landscape Ecology*. New York. 619 pp.

Grime, J. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Wiley, Great Britain. 222 pp.

Guerrero, E. 2009. *Informe final consultoría "Implicaciones de la minería en Colombia, Ecuador y Perú"*. Proyecto Páramo Andino, Condesan. 74 p.

Harper, J. 1977. "Disturbances in tropical forest". *Journal of Ecology* 35: 458-560

Hofstede, R. 1995. "The Effects of Grazing and Burning on Soil and Plant Nutrient Concentrations in Colombian Paramo Grasslands". *Plant and Soil*, 111-32..

Hofstede, R., Segarra, P., Vasconez, P. 2003. *Los páramos del mundo*. Global Peatland Initiative - NC-IUCN - Ecociencia. Quito. 299 p.

Jaimes, V. y L. Sarmiento. 2002. Regeneración de la vegetación de páramo después de un disturbio agrícola en la cordillera oriental de Colombia. *Ecotropicos* 15(1):61-74

Llambi, L. y L. Sarmiento. 1998. "Biomasa microbiana y otros parámetros edáficos en una sucesión secundaria de los páramos venezolanos". *Ecotrópicos* 11(1): 1-14.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. 2012. *Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos* –PNGIBSE- Bogotá, Colombia. 134 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Plan Nacional de restauración de ecosistemas – PNRE –Bogotá, Colombia. 117 p.

Murcia C. 2005. *Impacto Medioambiental de las Actividades Agrícolas y Ganaderas*. Modulo 2. Disponible en Internet desde: <http://www.arrakis.es/coag-irm/cd.htm> (con acceso 02/12/12)

Montilla, M., Herrera R. y M. Monasterio. 2002. "Influencia de los períodos de descanso sobre la distribución vertical de raíces, micorrizas va y pelos radicales en páramos andinos venezolanos". *Ecotropicos* 15(1): 85-98.

Sarmiento, L. y M. Monasterio. "Elementos para la interpretación ecológica de un sistema agrícola campesino de los páramos venezolanos". pp. 55-77. En: Rabey, M. (ed.) 1993. *El Uso Tradicional de los Recursos Naturales en Montañas: Tradición y Transformación*. UNESCO-ORCYT, Montevideo. 256 p.

Sistemas de Información Geográfica – Instituto Alexander von Humboldt. 2012. Base de datos indicadores Páramos de Colombia.

Van Andel, J. y J. Van den Vergh.. "Disturbance of grasslands. Outline of the theme, in Disturbance in Grasslands, Causes, Effects and Processes". En: VAN ANDEL, J., BAKKER, P. and R. SNAYDON (ed). 1987. *Geobotany* 10, Junk, Dordrecht, 3-13.

Vargas, O., Premauer, J., Zalamea, M. y C. Cárdenas. 2003. "El pastoreo de ganado y su impacto en los ecosistemas naturales: el caso de los páramos andinos". *Pérez Arbelaeiza* 14: 149 – 175

VARGAS, O. 2002. "Disturbios, patrones sucesionales y grupos funcionales de especies en la interpretación de matrices de paisaje en los páramos". *Perez – Arbelaezia* 13: 73 – 89.

Vargas, O y D. Rivera. 1990."El páramo un ecosistema frágil". *Cuadernos de Agroindustria y Economía Rural* 145 – 163. Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

White P. y S. PICKETT. "Natural disturbance and path dynamics: an introduction". En: Pickett, S. and P. WHITE (eds.). 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, 3-13.